



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas
y Recursos Naturales**

**“DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN COSTERA PARA
PLAYA BRUJA, UBICADA EN LA COMUNIDAD LIBERTADOR
BOLÍVAR-PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO OCEÁNICO AMBIENTAL

Presentado por:

SARA ALEJANDRA CANSING ANDRADE

GRACE MARÍA MENA NARANJO

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos enormemente a todas las profesoras y profesores que nos han acompañado durante el desarrollo de nuestra carrera profesional y un especial agradecimiento al MSc. Eduardo Cervantes, por ser nuestro tutor en este proyecto de titulación.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Grace Mena Naranjo* y *Sara Cansing Andrade* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

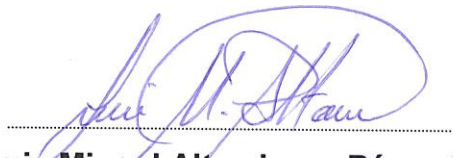
Grace Mena

Grace María Mena Naranjo

Sara Cansing Andrade

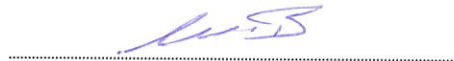
Sara Alejandra Cansing Andrade

EVALUADORES



Luis Miguel Altamirano Pérez, MSc.

PROFESOR DE LA MATERIA INTEGRADORA



Edgar Eduardo Cervantes Bernabé, MSc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Actualmente, el muro de protección que protege el acantilado de Playa Bruja ha perdido funcionalidad, poniendo en riesgo la estabilidad del tramo de carretera que se encuentra sobre el acantilado de Playa Bruja. El presente proyecto tiene como objetivo el diseño de una estructura de protección costera para Playa Bruja ubicada en Libertador Bolívar, Provincia de Santa Elena. Este trabajo comienza una descripción del medio físico, seguido del análisis de las variables involucradas en los procesos costeros como: Olas, mareas, circulación, perfiles de playa, entre otros; el siguiente paso fue determinar las posibles soluciones al problema; luego se determinó en conjunto con la comunidad que la mejor opción es el sistema de rompeolas costa afuera el cual tendrá la función disipar la energía del oleaje y proveer una playa estable para uso recreativo. La obra consiste en un grupo de 5 rompeolas desvinculados de la costa, de 120 metros cada uno y separados entre sí 80 metros, protegiendo un frente costero de unos 920 metros. Se concluyó el proyecto con la metodología de construcción y análisis de costos referenciales.

Palabras Clave: muro de protección, estabilidad, acantilado, rompeolas costa afuera.

ABSTRACT

At the present time, the existing rubble-mound structure that protects the cliff located on Playa Bruja has lost functionality, putting at risk the stability of the road section located over the cliff. This project aims to design a coastal protection structure for Playa Bruja located in Libertador Bolívar, Province of Santa Elena.

This work begins with a description of the physical environment of the area of interest, followed by the analysis of the variables involved in coastal processes such as: waves, tides, circulation, beach profiles, among others; the next step was to determine the possible solutions to the problem; then, together with the community, it was determined that the best solution to the problem is a detached breakwater system, which will have the function of dissipate the incoming wave energy and providing a stable beach for recreational use. The design consists of a group of 5 breakwaters disconnected from the coast, 120 meters each and with 80 meters gap, protecting a coastal front of 920 meters. The project was concluded with the construction methodology and breve analysis of referential costs

Keywords: *rubble-mound structure, stability, cliff, detached breakwater.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO 1	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Protección costera.....	1
1.1.1 Principales propósitos de las obras de defensa costera.....	1
1.2 Alternativas de protección costera.....	4
1.3 Tipos de estructuras de protección costeras.....	5
1.4 Rompeolas.....	7
1.4.1 Sistema de rompeolas.....	7
1.4.2 Rompeolas desvinculados de la costa.....	7
1.4.3 Rompeolas de enrocamiento.....	9
1.5 Usos de las estructuras costeras en el Ecuador.....	9
1.5.1 Encausamiento de flujo de agua en camaroneras mediante el uso de espigones.....	10
1.5.2 Puertos Pesqueros Artesanales.....	11
1.5.3 Desarrollo portuario.....	13
1.5.4 Desarrollo Turístico	14
1.5.5 Protección y Recuperación de Playa.....	17
CAPÍTULO 2	21

2.	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO.....	21
2.1	Características generales del área.....	21
2.2	Climatología y Meteorología.....	22
2.3	Precipitación	24
2.4	Temperatura	25
2.5	Vientos.....	27
CAPÍTULO 3		28
3.	OCEANOGRAFÍA Y PROCESOS COSTEROS.....	28
3.1	Circulación off shore.....	28
3.1.1	Área de estudio.....	28
3.1.2	Metodología.....	29
3.1.3	Conclusiones.....	41
3.2	Mareas.....	43
3.2.1	Conclusiones.....	46
3.3	Oleaje.....	47
3.3.1	Introducción.....	47
3.3.2	Oleaje en la costa ecuatoriana.....	47
3.3.3	Oleaje en el área de estudio.....	48
3.3.4	Olas visuales.....	49
3.3.5	Probabilidad de retorno de altura de ola.....	53
3.4	Perfil del Playa.....	67
3.4.1	Resultados de perfil de playa en sicigia (16/junio/2018).....	69
3.4.2	Resultados de perfil de playa en cuadratura (7/julio/2018)	71
CAPÍTULO 4		74
4.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CONCEPTUALES DEL PROYECTO.....	74
4.1	Propuestas de Alternativas del Proyecto.....	74
4.1.1	Alternativa 1: Reconstrucción del Muro de Contención Actual.....	74
4.1.2	Alternativa 2: Rompeolas costa afuera.....	75
4.1.3	Alternativa 3: Mantener la situación actual en Libertador Bolívar.....	77

4.2	Socialización.....	77
4.3	Factores o Criterios de Decisión que Afectan la Selección de la Alternativa Óptima.....	79
4.4	Metodología de Selección de la Alternativa Óptima.....	81
CAPÍTULO 5.....		85
5.	OLA DE DISEÑO.....	85
5.1	Criterios de Altura de ola según USACE.....	85
5.2	Métodos probabilísticos para la elección de la Ola de diseño.....	87
5.3	Ola de diseño en proyectos en la costa ecuatoriana.....	87
5.4	Elección de la ola de diseño.....	90
5.5	Altura de Ola Rompiente (Hb)	90
5.6	Profundidad de rompiente (db)	91
CAPÍTULO 6.....		92
6.	DISEÑO FUNCIONAL.....	92
6.1	Introducción.....	92
6.2	Formación de saliente.....	92
6.3	Formación de tómbolo.....	93
6.4	Parámetros y consideraciones para el diseño funcional.....	94
6.4.1	Estructura única vs sistema múltiple segmentado.....	95
6.4.2	Distancia entre las estructuras.....	95
6.4.3	Orientación de la estructura.....	96
6.4.4	Ubicación respecto a la zona de rompiente.....	97
6.4.5	Rebase y Permeabilida.....	97
6.5	Técnicas para el diseño de un rompeolas costa afuera.....	97
6.5.1	Inman and Frautschy (1966)	99
6.5.2	NIR (1982)	99
6.5.3	Gourlay (1981)	100
6.5.4	Shore Protection Manual (1984)	101
6.5.5	Dally y Pope (1986).....	101
6.5.6	Ahrens y Cox (1990)	102

6.5.7 Seiji, Uda, Tanaka (1987)	103
6.5.8 Noble (1978).....	103
6.6 Dimensionamiento de las estructuras.....	104
CAPÍTULO 7	107
7. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	107
7.1 Peso de la roca.....	108
7.1.1 Pendiente de la estructura	109
7.1.2 Densidad de la roca w_r	111
7.1.3 Coeficiente de estabilidad KD.....	112
7.1.4 Cálculo del peso de la roca.....	113
7.2 Elevación y ancho de cresta.....	115
7.2.1 Elevación de la cresta.....	115
7.2.2 10.2.2 Ancho de la cresta.....	116
7.3 Espesor de la coraza, capa intermedia y número de unidades.....	117
7.3.1 Cálculo de los espesores de capa.....	117
7.4 Vista transversal y longitudinal de las estructuras.....	117
7.5 Vista en planta de las estructuras.....	122
 CAPÍTULO 8	 123
8. METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN	123
Fase 0. Canteras.....	124
Fase 1. Adecuación de vías de acceso, centro de acopio 1 y transporte del material.....	124
Fase 2. Construcción de espigón y centro de acopio 2.....	125
Fase 3. Transporte de material al centro de acopio 2.....	125
Fase 4. Construcción de rompeolas 1.....	125
Fase 4.1 Señalización.....	125
Fase 4.2. Colocación de geotextil.....	126
Fase 4.3. Colocación del replantillo y núcleo.....	126
Fase 4.4. Colocación de capa intermedia.....	126
Fase 4.5. Colocación de coraza.....	126
Fase 4.6. Señalización.....	126

Fase 5 - Fase 8.....	126
Fase 9. Retiro de espigón.....	126
Fase 10. Reutilización de material para la reconstrucción del muro de contención existente.....	127
Fase 11. Monitoreo y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).....	127
CAPÍTULO 9.....	128
9. COSTOS REFERENCIALES DEL PROYECTO.....	128
9.1 Maquinaria y Medios de Transporte.....	128
9.2 Estudios previos.....	129
9.3 Construcción del espigón temporal.....	129
9.4 Construcción del sistema de rompeolas costa afuera.....	130
9.5 Retiro de espigón y reconstrucción de muro de contención actual.....	133
CAPÍTULO 10.....	134
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	134
10.1 Conclusiones.....	134
10.2 Recomendaciones.....	135
BIBLIOGRAFÍA.....	136
ANEXOS.....	142
ANEXO A.....	143
ANEXO B.....	149
ANEXO C.....	153
ANEXO D.....	154
ANEXO E.....	158
ANEXO F.....	165

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
USACE	United States Corps of Engineers
SPM	Shore Protection Manual
CEM	Coastal Engineering Manual
HT	High Tide
MHWS	Mean High Water Spring o nivel medio de pleamar en sicigia
MHW	Mean High Water o nivel medio de pleamares
MHWN	Mean High Water Neaps o nivel medio de pleamares de cuadratura
MTL	Mean Tide Level o nivel medio de marea
MLWN	Mean Lowest Water Neaps o promedio de bajamares de cuadratura
MLW	Mean Lowest o promedio de bajamares
MLWS	Mean Lowest Water Spring o promedio de bajamares de sicigia
LW	Lowest Water o Nivel mínimo de agua
STW	Still Water Level

SIMBOLOGÍA

m	metro
s	segundo
H _s	altura significativa
T _s	periodo significativo
k _r	coeficiente de refracción
k _s	coeficiente de asomeramiento
H _o	altura de ola en aguas profundas
H	altura de ola en aguas someras
P	probabilidad
1-P	probabilidad de excedencia
L _s	longitud de la estructura
L _g	distancia entre las estructuras
X	distancia entre la línea de costa y la estructura
I _s	índice de respuesta de playa
w _r	densidad de la roca
W	peso de la roca
S _r	gravedad específica de la roca en relación la densidad del agua, ($S_r = w_r/w_w$)
K _d	coeficiente de estabilidad
Θ	ángulo de la pendiente de la estructura con respecto a la horizontal
B	ancho de cresta
n	número de rocas
k _Δ	coeficiente de capa
r	espesor promedio de capa

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Alternativas para la mitigación de daños.....	4
Figura 1.2 Formación de salientes y tómbolos.....	8
Figura 1.3 Rompeolas de enrocamiento	9
Figura 1.4 Espigones en la parroquia de Chanduy, provincia de Santa Elena.....	10
Figura 1.5 a) Ubicación del espigón en la parroquia de Manglaralto, provincia de Santa Elena; b) Espigón de Manglaralto.....	11
Figura 1.6 Puerto pesquero artesanal de Anconcito, provincia de Sana Elena.....	11
Figura 1.7 Puerto pesquero artesanal de Jaramijó, provincia de Santa Elena.....	12
Figura 1.8 Puerto pesquero artesanal de San Mateo, provincia de Santa Elena.....	12
Figura 1.9 Puerto de Manta, provincia de Manabí.....	13
Figura 1.10 Puerto de Esmeraldas, provincia de Esmeraldas.....	14
Figura 1.11 Yacht Club-Salinas, provincia de Santa Elena.....	15
Figura 1.12 Puerto Lucia Yacht Club, provincia de Santa Elena.....	15
Figura 1.13 Royal Decameron, provincia de Santa Elena.....	16
Figura 1.14 Marclub- Punta Blanca, provincia de Santa Elena.....	16
Figura 1.15 Club Casa Blanca, provincia de Esmeraldas.....	17
Figura 1.16 San Vicente, provincia de Manabí.....	18
Figura 1.17 Bajo Alto, provincia del Oro.....	19
Figura 1.18 La Libertad, provincia de Santa Elena.....	19
Figura 1.19 Rompeolas en Jambelí, provincia del Oro.....	20
Figura 2.1 Ubicación de Libertador Bolívar.....	21
Figura 2.2 Red de estaciones meteorológicas, administradas por el INAMHI.	23
Figura 2.3 Red de estaciones meteorológicas, administradas por el INOCAR.....	23
Figura 2.4 Precipitaciones acumuladas, La Libertad - INOCAR.	24
Figura 2.5 Precipitaciones en La Libertad.	25
Figura 2.6 Anomalía de temperatura promedio, Salinas-Guayas.	26
Figura 2.7 Anomalía de temperatura promedio, Salinas-Guayas.	26
Figura 2.8 Velocidad y Dirección del Viento en la Costa Este del Pacífico (Knots) ...	27

Figura 3.1 Ubicación del área de estudio.....	29
Figura 3.2 Método lagrangiano.....	30
Figura 3.3 Primera siembra de veletas – 16/06/2018.....	31
Figura 3.4 Segunda siembra de veletas – 16/06/2018.....	32
Figura 3.5 Tercera siembra de veletas – 16/06/2018.....	32
Figura 3.6 Cuarta siembra de veletas – 16/06/2018.....	33
Figura 3.7 Primera siembra de veletas – 07/07/2018.....	35
Figura 3.8 Segunda siembra de veletas – 07/07/2018.....	35
Figura 3.9 Tercera siembra de veletas – 07/07/2018.....	36
Figura 3.10 Cuarta siembra de veletas – 07/07/2018.....	36
Figura 3.11 Primera siembra de veletas – 21/07/2018.....	38
Figura 3.12 Segunda siembra de veletas – 21/07/2018.....	39
Figura 3.13 Tercera siembra de veletas – 21/07/2018.....	39
Figura 3.14 Primera siembra de veletas – 14/08/2018.....	41
Figura 3.15 Marea Monteverde 2018.....	45
Figura 3.16 Generación de Zonas de Fetch en el Océano.....	48
Figura 3.17 Ubicación de las estaciones en Playa Bruja.....	50
Figura 3.18 Histograma de Frecuencia de Altura Significativa para el Área de Estudio.....	51
Figura 3.19 Hindcast de buoyweather.com.....	54
Figura 3.20 Histograma de Frecuencia de Hs del swell.....	55
Figura 3.21 Histograma de Frecuencia de la dirección de aproximación del swell....	56
Figura 3.22 Histograma de Frecuencia de T del swell	57
Figura 3.23 Refracción correspondiente a un ángulo de aproximación de 220° y un periodo de T=14 s.	58
Figura 3.24 Refracción correspondiente a un ángulo de aproximación de 220° y un periodo de T=16s.	59
Figura 3.25 Refracción correspondiente a un ángulo de aproximación de 300° y un periodo de T=14 s.	60
Figura 3.26 Refracción correspondiente a un ángulo de aproximación de 300° y un periodo de T=16 s.	61
Figura 3.27 Método de extrapolación según Drapper.....	65

Figura 3.28 Método de extrapolación según Weibull.....	65
Figura 3.29 Método de extrapolación según Log.Log.....	66
Figura 3.30 Diagrama método Emery.....	67
Figura 3.31 Ubicación de los perfiles A, B y C.....	68
Figura 3.32 Perfil de playa “Perfil A” – Sicigia (16/junio/2018)	70
Figura 3.33 Perfil de playa “Perfil B” – Sicigia (16/junio/2018)	70
Figura 3.34 Perfil de playa “Perfil C” – Sicigia (16/junio/2018)	71
Figura 3.35 Perfil de playa “Perfil A” – Cuadratura (/julio/2018)	72
Figura 3.36 Perfil de playa “Perfil B” – Cuadratura (/julio/2018)	72
Figura 3.37 Perfil de playa “Perfil A” – Cuadratura (/julio/2018)	73
Figura 4.2 Alternativa 2.....	77
Figura 4.3 Taller de socialización con la comuna Libertador Bolívar.....	79
Figura 5.1 Relación altura de rompiente vs altura de ola en aguas profundas.....	91
Figura 5.2 α y β vs H/gT^2	92
Figura 6.1 Sistemas de rompeolas segmentados.....	96
Figura 6.2 Parámetros utilizados en relaciones empíricas para el diseño de un sistema de rompeolas costa afuera.....	99
Figura 7.1 Vista transversal de un enrocado convencional.....	108
Figura 7.2 Alcance de la ola respecto a diferentes tipos de pendiente.	110
Figura 7.3 Lados y pendientes de la estructura.	111
Figura 7.4 Esquema general del proyecto.....	116
Figura 8.1 Centro de Acopio 1.....	124
Figura 8.2 Vista de planta del proyecto.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipos de estructuras, su objetivo y función principal.	6
Tabla 3.1 Fechas e intervalos de tiempo para toma de datos – veleteo.....	29
Tabla 3.2 Tabla de marea 16/06/2018.....	31
Tabla 3.3 Velocidades promedio de veletas superficiales y subsuperficiales - 16/06/2018.....	33
Tabla 3.4 Velocidades máximas y mínimas de veletas superficiales y subsuperficiales - 16/06/2018.....	33
Tabla 3.5. Tabla de marea 07/07/2018.....	34
Tabla 3.6 Velocidades promedio de veletas superficiales y subsuperficiales - 07/07/2018.....	37
Tabla 3.7 Velocidades máximas y mínimas de veletas superficiales y subsuperficiales - 07/07/2018.....	37
Tabla 3.8 Tabla de marea 21/07/2018.....	37
Tabla 3.9 Velocidades promedio de veletas superficiales y subsuperficiales - 21/07/2018.....	40
Tabla 3.10 Velocidades máximas y mínimas de veletas superficiales y subsuperficiales - 21/07/2018.....	40
Tabla 3.11 Tabla de marea 14/08/2018.....	40
Tabla 3.12 Velocidades máximas y mínimas de veletas superficiales y subsuperficiales - 21/07/2018.....	41
Tabla 3.13 Resumen de las velocidades de las veletas superficiales y subsuperficiales de todas las mediciones.....	42
Tabla 3.14 Niveles de Referencia.....	44
Tabla 3.15 Cálculo de niveles de referencia en la estación Monteverde.....	44
Tabla 3.16 Cálculo de rangos de marea en la estación Monteverde.....	45
Tabla 3.17 Altura promedio de ola rompiente por estación en Libertador Bolívar.....	52
Tabla 3.18 Altura máxima de ola rompiente por estación en Libertador Bolívar.....	52
Tabla 3.19 Periodo promedio de ola rompiente por estación en Libertador Bolívar...	53

Tabla 3.20 Alineación de la línea de playa en Libertador Bolívar.....	53
Tabla 3.21 Coeficientes de refracción K_r definidos para los periodos $T = 14, 16$, y para los ángulos de 220 Y 300	62
Tabla 3.22 Coeficientes de asomeramiento K_s definidos para los periodos $T = 14, 16$ s.....	63
Tabla 3.23 Tipos de pendientes.....	69
Tabla 3.24 Tipos de pendientes.....	69
Tabla 3.25 Resultados de pendientes en los perfiles A, B y C Cuadratura (7/julio/2018).....	71
Table 4.1 Descripción de las alternativas en función de cada factor de decisión.....	80
Table 4.2 CIF por cada factor de decisión.....	82
Table 4.3 CEA para cada alternativa considerando el factor de protección costera..	82
Table 4.4 CEA para cada alternativa considerando el factor de costos de construcción (menor costo de construcción).	82
Table 4.5 CEA para cada alternativa considerando el factor de beneficio económico.....	83
Table 4.6 Valores de CEA Y CIF por alternativa y por factor de decisión.....	83
Table 4.7 Matriz de decisión resultante del análisis de compensaciones.....	83
Table 5.1 Criterios de Altura de ola USACE 1986.....	86
Table 5.2 Alturas de ola para el presente proyecto.	86
Table 5.3 Resultados de alturas de olas extremas según los métodos probabilísticos de Drapper, Weibull y Log-log correspondientes a los periodos de retorno de 1, 10, 25, 50 y 100 años para el presente proyecto.....	87
Table 5.4 Ola de diseño para estructuras costeras en Ecuador.....	89
Table 6.1 Parámetros oceanográficos, estructurales y geomorfológicos que influyen en el diseño funcional de un sistema de rompeolas.....	94
Table 6.2 Relaciones Empíricas.....	105
Table 7.1 Tabla de resultados de laboratorios de los sitios de interés evaluados...112	112
Table 7.2 Valores sugeridos de para el determinar el peso de la unidad de la armadura.....	113
Table 7.3 Resumen de los pesos de las rocas.....	115

Table 9.1 Costos referenciales maquinaria.....	129
Table 9.2 Costos referenciales Estudios Previos.....	129
Table 9.3 Costos referenciales Rompeolas 1.....	130
Table 9.4 Costos referenciales Rompeolas 2.....	131
Table 9.5 Costos referenciales Rompeolas 3.....	131
Table 9.6 Costos referenciales Rompeolas 4.....	132
Table 9.7 Costos referenciales Rompeolas 5.....	132
Table 9.8 Costo total del proyecto.....	133

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Vista transversal y longitudinal de escollera 1.....	117
PLANO 2	Vista transversal y longitudinal de escollera 2.....	118
PLANO 3	Vista transversal y longitudinal de escollera 3.....	119
PLANO 4	Vista transversal y longitudinal de escollera 4.....	120
PLANO 5	Vista transversal y longitudinal de escollera 5.....	121
PLANO 6	Vista en planta de las estructuras.....	122

INTRODUCCIÓN

La comuna Libertador Bolívar perteneciente a la parroquia Manglaralto, se encuentra asentada en el kilómetro 50 de la Ruta del Spondylus al noreste de la provincia de Santa Elena, cuenta con una población de 2871 personas, de las cuales aproximadamente el 43% se ubica entre las edades de 19 a 50 años. (INEC, 2016). Actualmente, las principales actividades económicas de la comuna se encuentran enfocadas en la satisfacción de las necesidades del sector turístico, por lo que hoy en día se puede encontrar una gran cantidad de restaurantes y locales de venta de artesanías a lo largo de su frente costero, en el cual, se ubica la denominada “Playa Bruja”. Esta playa se localiza en la parte sur de la comuna Libertador Bolívar y frente a ella existe un acantilado que sirve de soporte a un tramo de la carretera que forma parte de la Ruta del Spondylus.

De acuerdo con la información recolectada en el taller de socialización realizado para el presente proyecto, una de las principales observaciones de la comunidad fue que en el pasado se veían “pequeñas cuevas” o surcos al pie del acantilado de Playa Bruja, lo que se interpreta como el socavamiento del acantilado debido a la alta energía del oleaje en la zona. Para la protección de este, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas construyó un muro de contención del tipo enrocado a lo largo de los 1.8 km de playa.

Actualmente, el enrocado ha perdido funcionalidad, lo que pondría en riesgo la estabilidad del acantilado y por ende el tramo de carretera de la Ruta del Spondylus, la cual, es la única vía de comunicación con las comunidades ubicadas al norte y al sur del cantón; además al verse comprometido el funcionamiento de este tramo de la carretera, el valor turístico de la comunidad se reduciría, y en consecuencia su capacidad de generar ingresos también se afectaría.

Ante la problemática manifestada por parte de la comuna y en vista que la Escuela Superior Politécnica del Litoral cuenta con los recursos necesarios para brindar un apoyo técnico, se resolvió acoger el problema y apoyarlo, para esto se ha iniciado con un estudio básico de ingeniería con el objetivo de identificar posibles soluciones a este problema. La comuna por su parte ha expresado sus necesidades, así como sus restricciones, las mismas que se han tomado en cuenta para el desarrollo de las soluciones de protección propuestas.

El presente proyecto se ha dividido en 10 capítulos, tal como se muestra a continuación:

Capítulo 1: Introducción y Marco Teórico

Capítulo 2: Medio Físico

Capítulo 3: Procesos Costeros

Capítulo 4: Análisis de Alternativas

Capítulo 5: Ola de Diseño

Capítulo 6: Diseño Funcional

Capítulo 7: Diseño Estructural

Capítulo 8: Metodología Constructiva

Capítulo 9: Costos Referenciales

Capítulo 10: Conclusiones y Recomendaciones

Objetivo General

Diseñar una estructura de protección para el acantilado de Playa Bruja para preservar la estabilidad del tramo de carretera de la Ruta del Spondylus y brinde un potencial beneficio económico a la comunidad.

Objetivos Específicos

1. Analizar la información obtenida durante las mediciones de campo e información de secundaria para determinar los factores que influyen en el diseño.
2. Integrar a la comunidad en el proceso de toma de decisiones para escoger la mejor alternativa de solución al problema y que además ellos se sientan beneficiados.
3. Diseñar la alternativa de protección costera seleccionada en base a criterios recomendados en guías de diseño costero y tomando en cuenta las necesidades y restricciones manifestadas por la comunidad, para de esta manera obtener una solución integral al problema

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Protección costera

Las obras de protección costera nacen de la necesidad del ser humano de proteger estructuras cercanas a la costa o proteger la costa misma. De manera general, la infraestructura de protección costera comprende el conjunto de estructuras y sistemas construidos por el ser humano para la defensa o estabilización costera. (Afonso de Almedia & Silva Casarin, 2004).

De acuerdo con el Coastal Engineering Manual (CEM) (USACE, 2003), las obras de defensa y estabilización costera son usadas principalmente para conservar o reconstruir los sistemas naturales como acantilados, dunas, humedales, y playas, o para proteger la infraestructura construida por el ser humano. Además; se establecen tres de sus principales propósitos, que son: a) Reducir los daños ocasionados por tormentas; b) Mitigar la erosión costera y c) Restaurar los ecosistemas. A continuación, se adentrará en cada uno de estos.

1.1.1 Principales propósitos de las obras de defensa costera

a) Reducción del daño por tormenta

Las tormentas costeras generalmente causan daño mediante dos mecanismos: por inundaciones costeras y por acción del oleaje (USACE, 2003). Las inundaciones provocadas por las elevaciones del nivel del mar permiten que las olas puedan ingresar tierra adentro y de esta manera provocar daños en la infraestructura y sistemas naturales.

El fenómeno de “El Niño” conocido por provocar elevaciones en el nivel de mar y oleajes de tormenta, así como intensas lluvias

y desbordamiento de ríos, causó en el año 1983, en el Ecuador y en el norte del Perú, la muerte de aproximadamente 600 habitantes y pérdidas materiales estimadas en al menos 650 millones de dólares, lo cual conllevó varios años para arreglar los daños sufridos en la infraestructura de ambos países (Rossel, Cadier, & Gomez, 1996).

Por otro lado, el aumento del nivel del mar podría aumentar la severidad de las inundaciones, especialmente en áreas donde los huracanes, ciclones tropicales y tifones son frecuentes, como en las islas en el Mar Caribe, en el sureste de Estados Unidos, en el Pacífico tropical y en el subcontinente indio. La incidencia de las inundaciones y el número de personas afectadas en las zonas costeras va a depender de varias causas relacionadas especialmente a cambios en: los niveles de inundación, la exposición humana a las inundaciones y el estándar de infraestructura para el manejo de inundaciones (Nicholls, 2004).

Además de los daños que el aumento del nivel del mar pueda ocasionar en las infraestructuras, se pueden generar ciertos impactos ecológicos como (1) aumentar la erosión costera; (2) exacerbar las inundaciones costeras; (3) inundar los humedales costeros y otras tierras bajas; (4) aumentar la salinidad de estuarios y acuíferos; (5) alterar los rangos de mareas en ríos y bahías; (6) cambiar las ubicaciones donde los ríos depositan sedimento y (7) ahogar los arrecifes de coral. (Nicholls, 2004)

a) Mitigación de Erosión Costera:

La mitigación de la erosión se traduce en la reducción del daño de tormenta causado por las inundaciones y por la fuerza del oleaje (USACE, 2002). Para reducir este daño causado por los efectos erosivos, se plantean distintas obras de protección costera, con el fin de crear una zona de amortiguación de sedimentos más amplia entre la tierra y el mar.

Las playas de arena son sistemas sedimentarios muy dinámicos que experimentan ciclos de acreción y sedimentación en intervalos de tiempo y grados de intensidad muy

variables, ligados en gran medida a la disponibilidad de sedimentos (Silva, Moreno, & Mendoza, 2017). La dinámica de la arena en la playa depende en gran parte del ángulo y energía del oleaje, así como también de la disponibilidad del material del cual está formada la playa. La combinación de estas variables puede resultar en procesos erosivos o sedimentarios en los distintos segmentos de playa, los cuales pueden transformar el perfil costero y en casos más extremos deteriorar permanente la línea de costa, permitiendo de este modo, que la energía del oleaje afecte directamente las estructuras edificadas en la zona litoral sean con fines turísticos o de vivienda. (USACE, 2003).

Decir que se puede tener un control completo de las inundaciones y de la erosión costera es un mito que da una falsa sensación de seguridad. El ser humano no puede controlar la naturaleza, siempre va a existir la posibilidad de una tormenta más poderosa que va a sobrepasar el nivel de la protección costera provista dentro de las restricciones de diseño; es por esto que el CEM explica que la mitigación representa los beneficios de la reducción de daños por tormentas, de los niveles potenciales de inundación y de erosión.

b) Restauración de Ecosistemas

Un nuevo campo de preocupación es la restauración de recursos medioambientales como los humedales, estuarios, arrecifes, áreas de anidación entre otros. La recuperación de estos ecosistemas ayudaría a la protección natural contra inundaciones y erosiones costeras; así como también, a la provisión de alimentos, servicios recreacionales, culturales, entre otros, lo que resulta en la mejora de la calidad de vida del ser humano (USACE, 2003).

1.2 Alternativas de protección costera

De manera general, el Costal Engineering Manual (CEM) (USACE, 2003) clasifica las alternativas para mitigar el daño costero en cinco tipos de respuesta de adaptación: (1) acomodación; (2) protección; (3) relleno de playas; (4) retiro y (5) no hacer nada; las cuales han sido ilustradas en la siguiente figura. **(ver figura 1.1).**

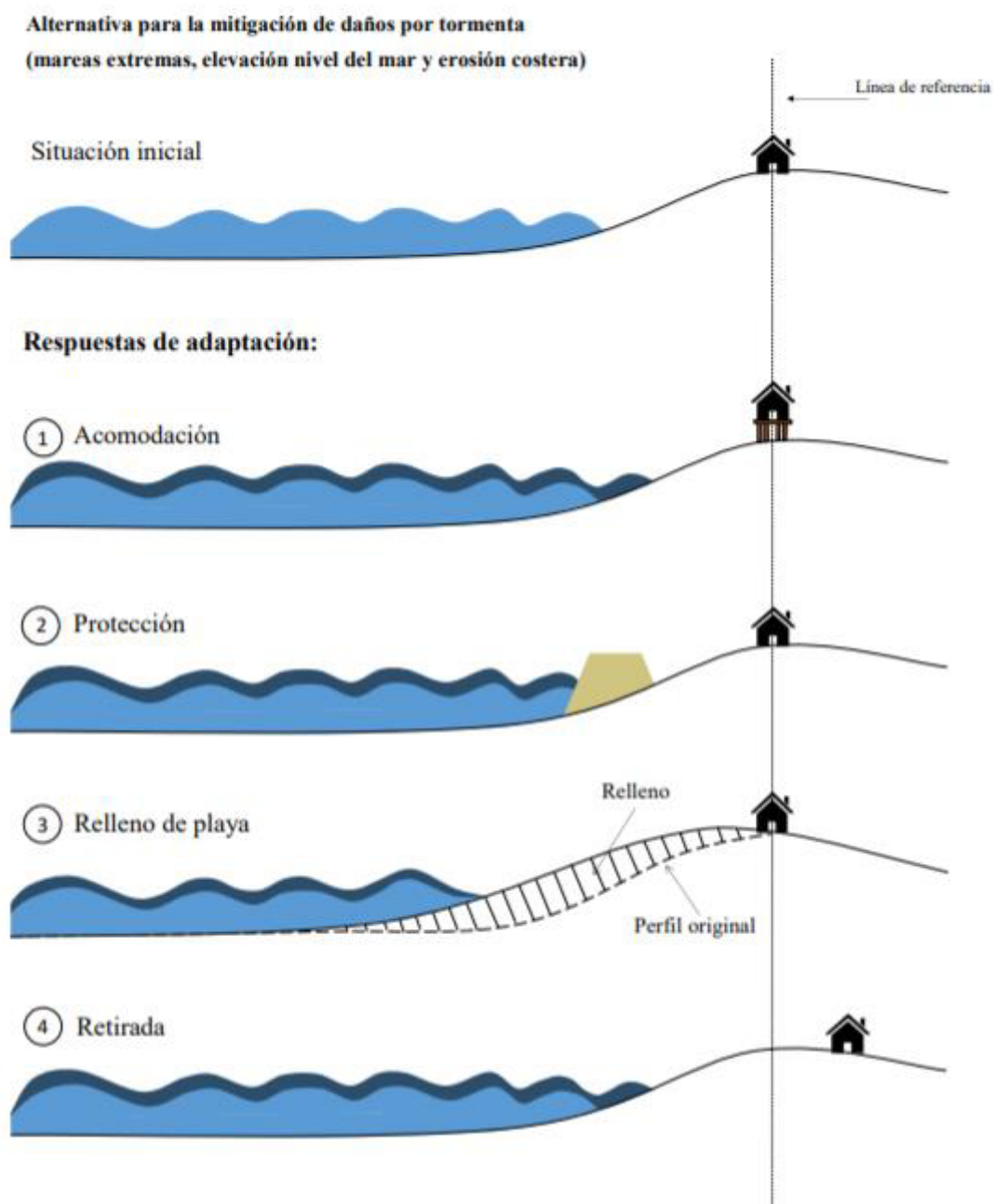


Figura 1.1 Alternativas para la mitigación de daños

Fuente: CEM,2003

Acomodación: realizar cambios en la infraestructura costera con el fin de ajustarse o adaptarse al ambiente o situación inicial; **(2) Protección:** la protección de la costa a través de estructuras y sistemas construidos por el ser humano; **(3) Relleno de playa:** realizar un relleno constante de arena en la playa para compensar la erosión producida en el sitio; **(4) Retiro:** reubicar la infraestructura costera en una zona segura y **(5) No hacer nada.**

Sin embargo, para diseño costero, el CEM realiza una clasificación mucho más detallada sobre las alternativas para la mitigación de daños costeros, la cual se divide en lo siguiente: **(1) Estructuras de acorazamiento** como los muros verticales “seawalls” o “seawalls”, diques y recubrimientos; **(2) Estructuras de estabilización costera** como los rompeolas y espigones; **(3) Restauración de playa** como el relleno de playa; **(4) Adaptación y retirada;** **(5) combinación de alternativas** y **(6) abstención**, es decir no realizar ningún proyecto y dejar que la naturaleza siga su curso natural. Las tres primeras opciones tienen el objetivo de cambiar el sistema físico natural, mientras que adaptación y retirada pretenden cambiar el sistema humano (USACE,2003).

1.3 Tipos de estructuras de protección costeras

Como se describió anteriormente, las estructuras costeras son utilizadas principalmente con el objetivo de prevenir los daños causados por la erosión costera y las inundaciones; sin embargo, también existen otros propósitos para su uso, como la protección de las instalaciones portuarias, la estabilización de los canales de navegación y la protección tanto de las entradas como las salidas de agua. En la siguiente tabla se presentan diferentes tipos de estructuras y sistemas, describiendo los objetivos y funciones de cada una de ellas (**ver tabla 1.1**).

Tabla 1.1 Tipos de estructuras, su objetivo y función principal.

N°	Tipo de estructura	Objetivo	Función principal
1	Dique marino	Prevenir o aliviar inundaciones de zonas costeras bajas	Separación entre la línea de costa y una zona baja en tierra mediante una estructura impermeable
2	Muro vertical (seawall)	Proteger tierra y estructuras de inundaciones y rebase	Refuerzo de una parte del perfil de playa
3	Revestimiento	Proteger la línea de costa contra la erosión	Refuerzo de una parte del perfil de playa
4	Malecón o mamparo de retención (Bulkhead)	Retener el suelo y prevenir deslizamientos	Refuerzo del banco de tierra costero
5	Espigones	Prevenir la erosión de la playa	Reducción del transporte longitudinal del sedimento
6	Rompeolas costa afuera	Prevenir la erosión de la playa	Reducción de las alturas de olas en la sección que protege la estructura y reducción del transporte litoral de sedimentos
7	Rompeolas de arrecife	Prevenir la erosión de la playa	Reducción de la altura de olas en la costa
8	Dique sumergido	Prevenir la erosión de la playa	Retardar el movimiento offshore del sedimento
9	Dren de playa	Prevenir la erosión de la playa	Acumulación de material en la porción drenada de playa
10	Relleno artificial de playa y construcción de duna	Prevenir la erosión y proteger contra inundaciones	Erosión del relleno artificial y duna en lugar del material naturalmente depositado
11	Rompeolas conectados a la costa	Proporcionar abrigo a zonas portuarias y entradas de aguas contra olas y corrientes	Disipación de la energía del oleaje y/o reflexión de la energía del oleaje hacia el mar
12	Rompeolas flotante	Proporcionar abrigo a cuencas portuarias y zonas de amarre contra olas de corto periodo	Reducción de las alturas de olas mediante reflexión y atenuación.
13	Par de espigones (jetty)	Estabilizar canales de navegación en las desembocaduras de ríos y entradas de marea	Confinar corrientes y flujos de mareas, proteger contra aguas de tormenta y contracorrientes

Fuente: Coastal Engineering Manual (USACE, 2002)

1.4 Rompeolas

Los rompeolas son comúnmente utilizados alrededor del mundo como una medida de protección costera, son diseñados con el objetivo de mitigar los procesos erosivos, proteger las instalaciones de un puerto y proteger hábitats que están siendo amenazados por las fuerzas destructivas del mar (USACE, 2003).

Si lo que se busca con la construcción de un rompeolas es proteger una línea de costa relativamente corta, la construcción de un solo rompeolas sería la solución más adecuada; sin embargo, si la línea de costa a proteger es extensa la mejor solución sería la construcción de un sistema de rompeolas segmentado.

1.4.1 Sistema de rompeolas

Un sistema de rompeolas consta de múltiples estructuras separadas a lo largo de la línea de costa y ubicadas paralelas a la costa en aguas poco profundas, de modo que cada estructura refleje y disipe parte de la energía de las olas entrantes, lo que reduce la altura de las olas en el lado protegido por la estructura y mitiga los procesos de erosión costera en la zona. (USACE, 2002).

Los segmentos del sistema de rompeolas generalmente se construyen con una altura de cresta que permita un rebase significativo durante las tormentas, sin alterar la estabilidad de la estructura. Las estructuras de cresta baja son menos visibles y distribuyen de una manera más uniforme el material litoral a lo largo de la costa. Los rompeolas de cresta sumergida se usan en casos en los que no se desea estropear la vista paisajística, pero representan un serio peligro para los barcos y nadadores si no son correctamente señalizados (USACE, 2003).

1.4.2 Rompeolas desvinculados de la costa

Los rompeolas costa afuera generalmente están ubicados paralelos a la orilla, usualmente a profundidades entre 1.5 y 8 metros (Shore Protection Manual, 1984).

Estas estructuras poseen la característica de que al no estar conectadas a la costa permiten que parte del transporte longitudinal de sedimentos continúe hacia las playas adyacentes, reduciendo de este modo el riesgo de erosión.

Los rompeolas costa afuera buscan reducir la energía del oleaje incidente, lo que provoca que se reduzca el arrastre y transporte de sedimentos por ola en la zona, por lo tanto, la arena transportada desde regiones cercanas por la corriente o por la circulación predominante tenderá a depositarse en el sotavento de la estructura, es decir, tenderá a acumularse en la parte de la costa protegida por la estructura causando la formación de salientes desde la costa. Sin embargo, si la longitud de la estructura con respecto a la costa es lo suficientemente grande estas salientes podrían conectarse con la estructura, formando tómbolos (**ver figura 1.2**), lo que generaría un mayor riesgo de erosión en la parte de la costa cercana al último rompeolas de la serie, por lo que podría ser necesario introducir una sección de transición en donde los rompeolas se hacen gradualmente más pequeños y se colocan más cerca a la costa. (USACE, 2002)

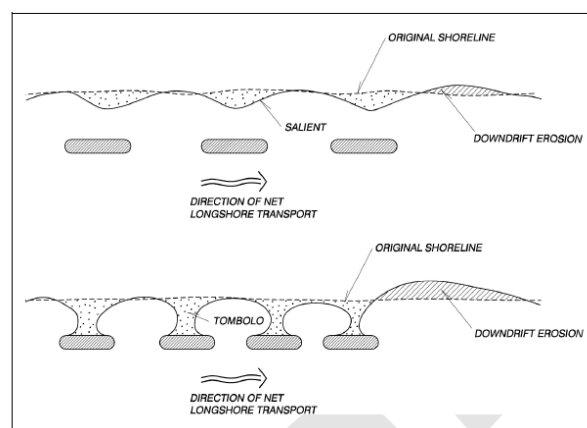


Figura 1.2 Formación de salientes y tómbolos

Fuente: CEM,2003

El tipo de rompeolas costa afuera más usado es el de enrocamiento; sin embargo, en algunas partes del mundo los rompeolas han sido construidos con madera, estructuras de concreto y hasta barcos hundidos.

1.4.3 Rompeolas de enrocamiento

El rompeolas tipo enrocado o montículo de piedras, es una estructura homogénea formada de rocas suficientemente grandes como para resistir los desplazamientos y empuje de la fuerza de las olas. Es una estructura muy permeable por lo que puede causar demasiada penetración no solo de las olas sino de los sedimentos que se encuentran en el área. Está conformado generalmente de un núcleo, compuesto de material fino, el mismo que es recubierto por una capa filtro o capa intermedia que sirve para prevenir la filtración del material fino del núcleo, y finalmente es recubierto por una tercera capa denominada coraza o capa de armadura (**ver Figura 1.3**), este tipo de estructuras se conocen también como estructuras multicapas (USACE,2002).

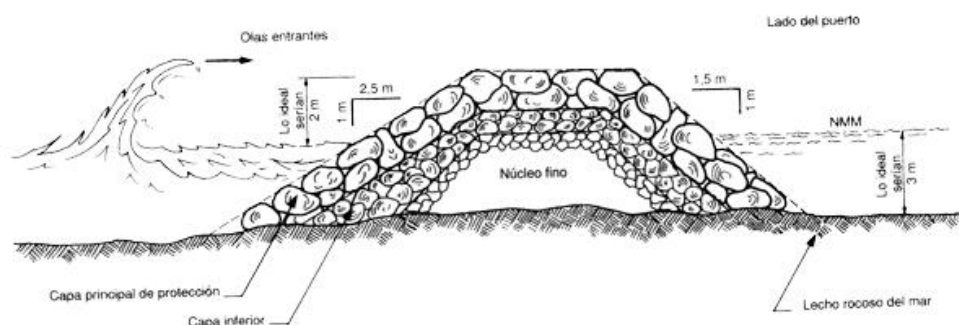


Figura 1.3 Rompeolas de enrocamiento

Fuente: CEM,2003

1.5 Usos de las estructuras costeras en el Ecuador

A lo largo del litoral ecuatoriano se pueden encontrar varias obras o estructuras costeras, las cuales han sido construidas para cumplir diferentes propósitos, como: la creación de zonas de abrigo para instalaciones portuarias, pesqueras y recreacionales, la protección contra el oleaje e inundaciones, el encausamiento del flujo de agua o para la recuperación de playa, entre otros. Entre las principales estructuras tenemos: muros de protección, espigones, rompeolas y escolleras, las mismas que han sido construidas en su mayoría con rocas de canteras, debido a la disponibilidad de material y al relativo bajo costo de estas.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de usos de estructuras de protección costera a lo largo del litoral ecuatoriano:

1.5.1 Encausamiento de flujo de agua en camaroneras mediante el uso de espigones

Esta configuración de estructuras toma usualmente el nombre de “*jetties*”, es común su implementación en las instalaciones camaroneras debido a la necesidad de abastecimiento de agua para las piscinas, así mismo pueden servir para la descarga de aguas de desecho.

A lo largo del borde costero de la parroquia de Chanduy, y en Manglaralto se pueden observar este tipo de estructuras. Utilizando las herramientas de Google Earth se pudo determinar que aproximadamente estas estructuras tienen una longitud entre 60 y 80 metros para Chanduy y 200 metros para Manglaralto.



Figura 1.4 Espigones en la parroquia de Chanduy, provincia de Santa Elena

Fuente: Google Earth, 2018



a

b

Figura 1.5 a) Ubicación del espigón en la parroquia de Manglaralto, provincia de Santa Elena; b) Espigón de Manglaralto

Fuente: Google Earth, 2018

1.5.2 Puertos Pesqueros Artesanales

Los puertos pesqueros artesanales son construcciones que cumplen las funciones de crear una zona de abrigo, brindar servicio de acoderamiento para embarcaciones artesanales y nodrizas, así como también facilitar el abastecimiento de combustibles, hielo y demás insumos necesarios para realizar su actividad. Podemos encontrar este tipo de construcciones en Anconcito, Jaramijó y San Mateo, provincia Santa Elena.

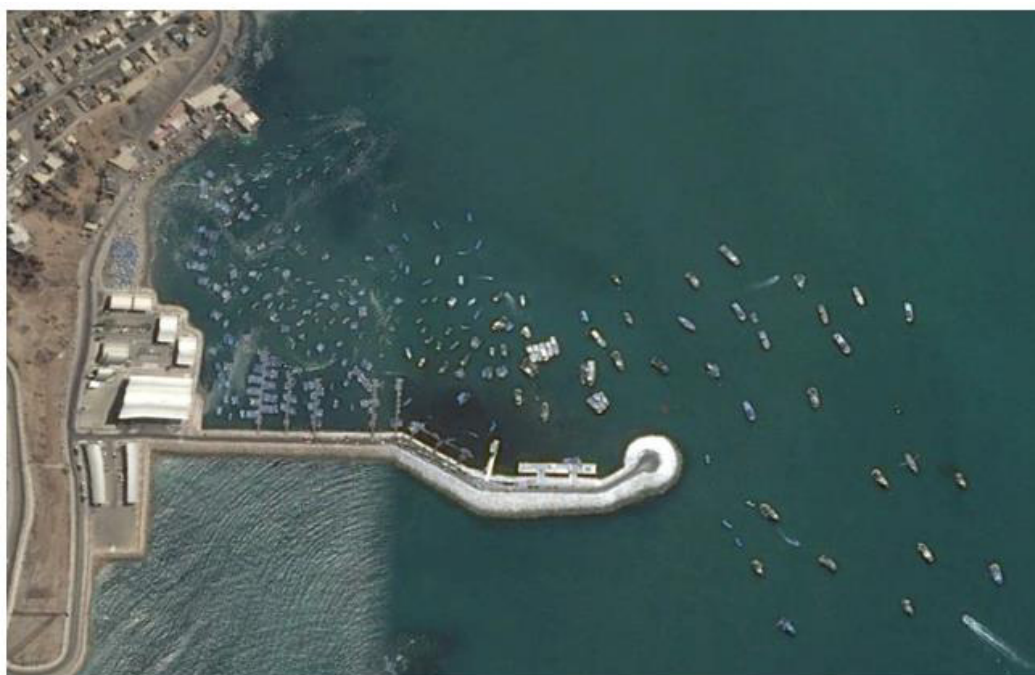


Figura 1.6 Puerto pesquero artesanal de Anconcito, provincia de Sana Elena

Fuente: Google Earth, 2018



Figura 1.7 Puerto pesquero artesanal de Jaramijó, provincia de Santa Elena

Fuente: Google Earth, 2018



Figura 1.8 Puerto pesquero artesanal de San Mateo, provincia de Santa Elena

Fuente: Google Earth, 2018

1.5.3 Desarrollo portuario

1.5.3.1 Puerto de Manta

De acuerdo con la información obtenida del portal de la Autoridad Portuaria de Manta, sus instalaciones cuentan con dos muelles de espigón que suman 800 metros lineales, con un ancho de plataforma de 45 metros cada uno y una profundidad de hasta 12 metros; capaces de recibir simultáneamente 4 embarcaciones, que podrían ser: buques portacontenedores, graneleros, carreros, pesqueros y cruceros.

1.5.3.2 Puerto de Esmeraldas

De acuerdo con la información obtenida del portal de la Autoridad Portuaria de Esmeraldas, este puerto cuenta con 3 muelles, uno de los cuales posee una profundidad de 11,5 metros; el área donde se encuentran los muelles está protegido mediante rompeolas, formando una dársena de 42 hectáreas.

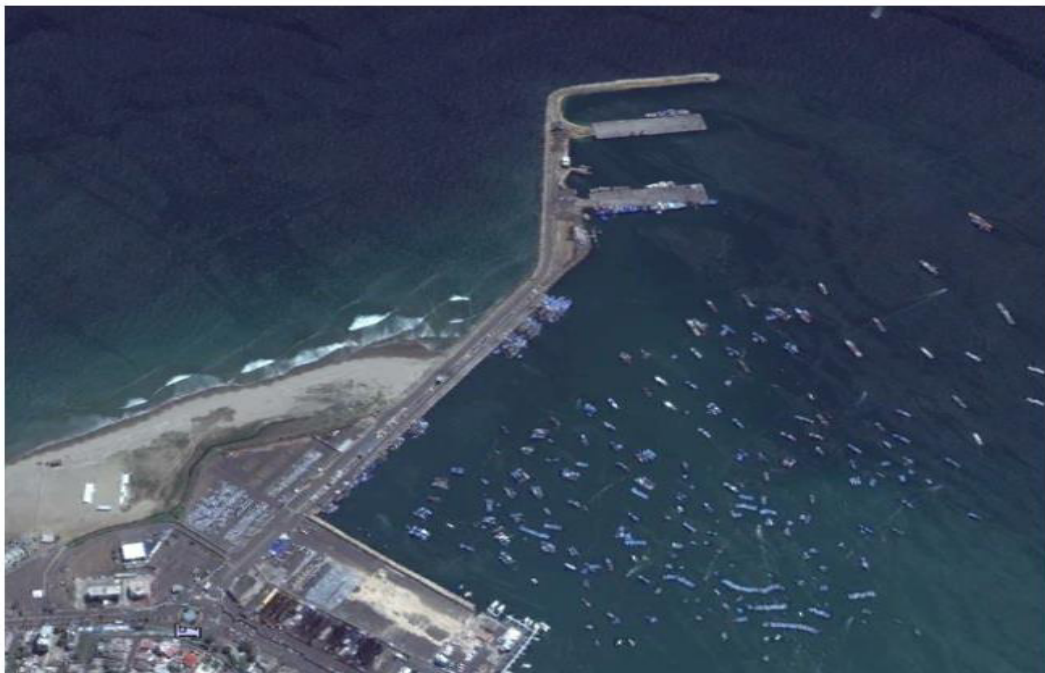


Figura 1.9 Puerto de Manta, provincia de Manabí

Fuente: Google Earth, 2018



Figura 1.10 Puerto de Esmeraldas, provincia de Esmeraldas

Fuente: Google Earth, 2018

1.5.4 Desarrollo Turístico

En Ecuador existen estructuras de protección costera con el fin de brindar una zona de abrigo a áreas turísticas y además de proporcionar espacio de acoderamiento para embarcaciones recreacionales. Podemos encontrar estas estructuras en el Yacht Club de Salinas, Puerto Lucia Yacht Club, Royal Decameron-Puna Centinela, Marclub de Punta Blanca y el Club Casa Blanca en Esmeraldas.



Figura 1.11 Yacht Club-Salinas, provincia de Santa Elena

Fuente: Google Earth, 2018



Figura 1.12 Puerto Lucia Yacht Club, provincia de Santa Elena

Fuente: Google Earth, 2018

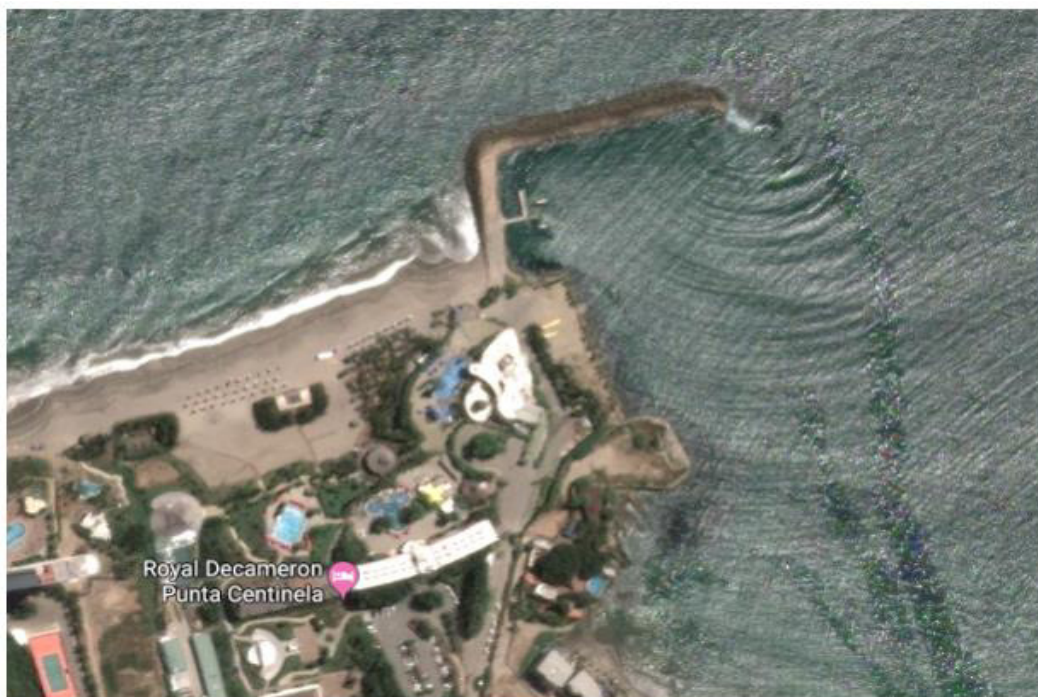


Figura 1.13 Royal Decameron, provincia de Santa Elena

Fuente: Google Earth, 2018

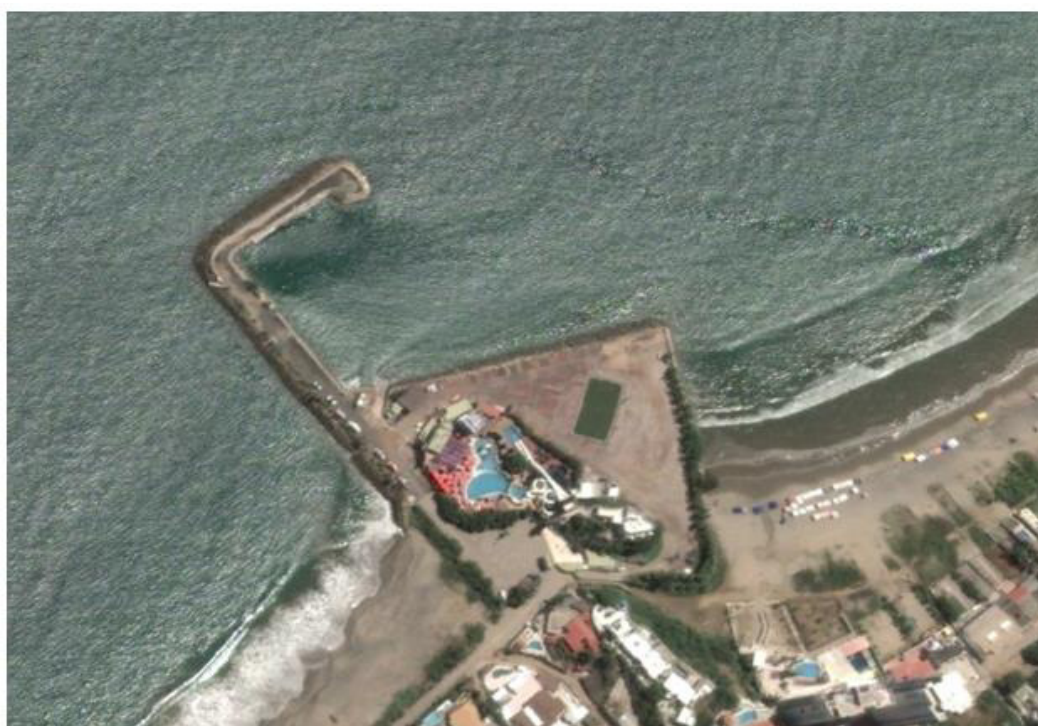


Figura 1.14 Marclub- Punta Blanca, provincia de Santa Elena

Fuente: Google Earth, 2018



Figura 1.15 Club Casa Blanca, provincia de Esmeraldas

Fuente: Google Earth, 2018

1.5.5 Protección y Recuperación de Playa

Los espigones y rompeolas son estructuras comunes para cumplir el objetivo de recuperación de playa. Los espigones perpendiculares a la playa actúan como barrera para el transporte litoral de sedimentos. Los rompeolas costa afuera tienen la función de reducir la energía del oleaje, lo que tendrá como consecuencia la mitigación de procesos erosivos; además, pueden ser diseñados para que se produzca acreción de playa. En el Ecuador podemos encontrar este tipo de estructuras en San Vicente, provincia de Manabí; Bajo Alto, provincia de El Oro; La Libertad, provincia de Santa Elena y Jambelí, provincia de El Oro.

Utilizando las herramientas de Google Earth se pudo determinar un aproximado de las longitudes de las estructuras. Los espigones de San Vicente tienen una longitud de 60-80 metros, los rompeolas de Bajo Alto tienen una longitud aproximada de 115 metros, y los espigones aproximadamente 180 metros; los rompeolas de La Libertad tienen una longitud aproximada de 80-100 metros; los rompeolas de Jambelí tienen longitudes de 90-100 metros y los espigones de aproximadamente 125 metros.

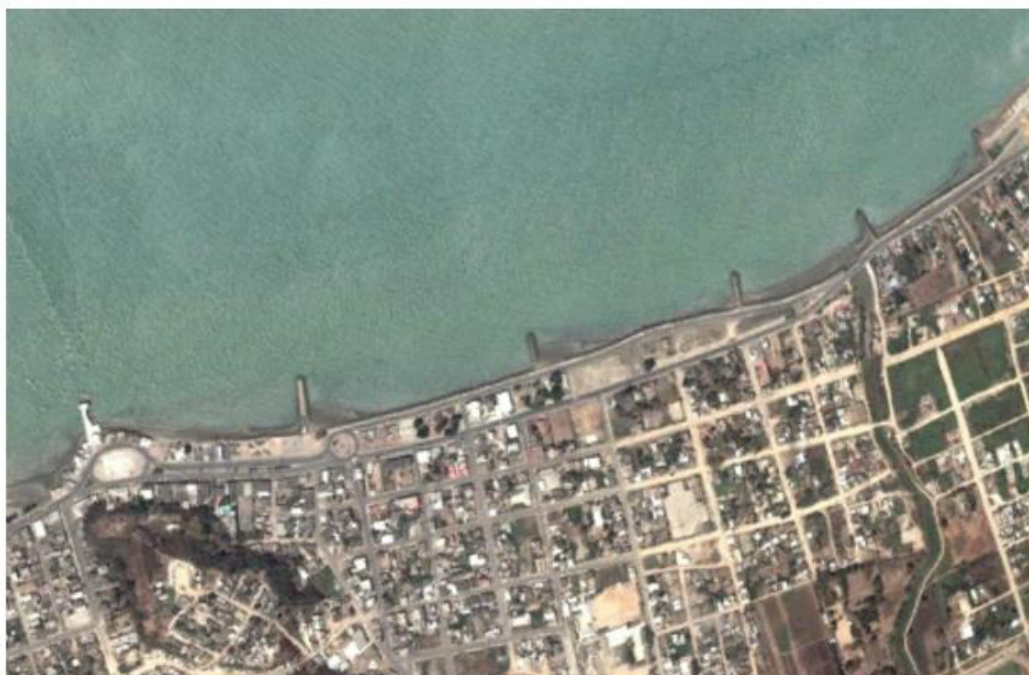


Figura 1.16 San Vicente, provincia de Manabí

Fuente: Google Earth, 2018



Figura 1.17 Bajo Alto, provincia del Oro

Fuente: Google Earth, 2018

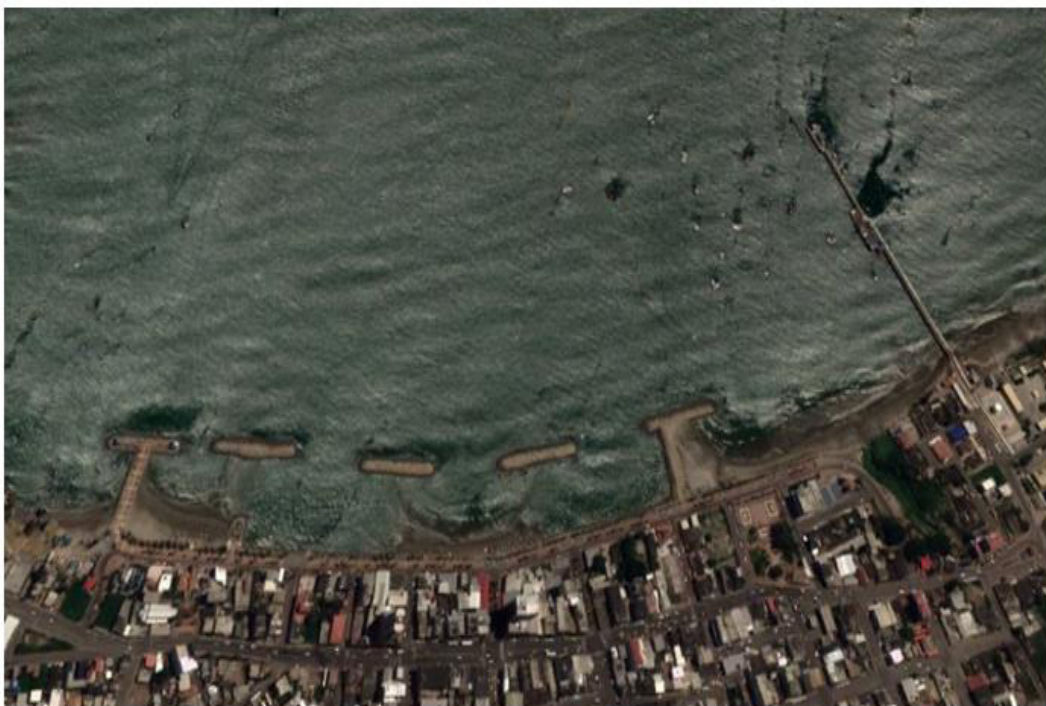


Figura 1.18 La Libertad, provincia de Santa Elena

Fuente: Google Earth, 2018



Figura 1.19 Rompeolas en Jambelí, provincia del Oro

Fuente: Google Earth, 2018

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

2.1 Características generales del área

La comuna Libertador Bolívar también conocida como la comuna “Atravezado” debido al el río que atraviesa el pueblo, está ubicada en la parroquia Manglaralto del cantón Santa Elena, provincia Santa Elena en el Km 50 vía Ruta E15 o Ruta Spondylus (misma que se extiende desde Ballenita en la Provincia de Santa Elena hasta La Rinconada en el límite con la Provincia de Manabí). Fue denominada como comuna el 20 de octubre de 1940 y tiene una extensión de 1.476 hectáreas. Limita al norte con la comuna San Antonio, al sur con la comuna Valdivia, al este con la comuna Sitio Nuevo y al oeste con el Océano Pacífico. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Manglaralto, 2019)

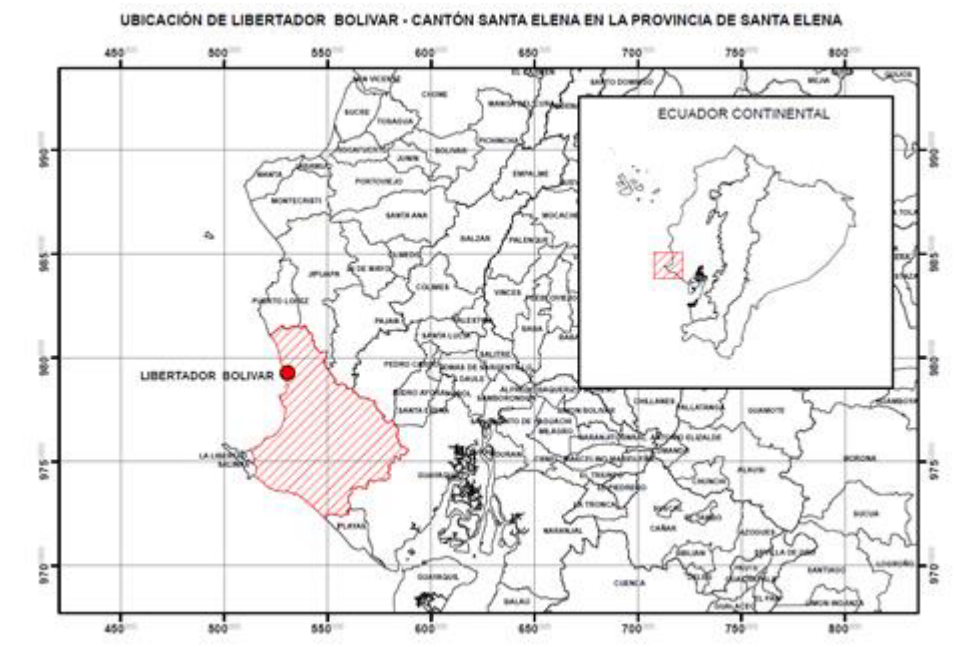


Figura 2.1 Ubicación de Libertador Bolívar

Fuente: Carta-SGR-CITs-240154918-Libertador Bolívar, 2018

La zona posee una playa bastante recta de unos aproximadamente 3100 m de longitud y 100 m de ancho. En cuanto a la flora del sector podemos encontrar en sus cerros vegetación de bosque seco y especies como *Musa x paradisiaca* (banano) y *Cocus nucifera* (cocos) y en cuanto a fauna se observan especies como el *Ucides occidentalis* (cangrejo), *Pelecanus occidentalis* (pelicano) y Gasterópodos (caracol). Su población se dedica principalmente al comercio, gastronomía y turismo, por medio de la actividad del parapente. A sus alrededores se pueden observar casas, talleres de artesanías, tiendas de productos comerciales, comedores, bares, etc.

2.2 Climatología y Meteorología

La posición geográfica del Ecuador y la diferencia de alturas que existe gracias a la cordillera de los Andes son las principales razones por la cual el país posee una gran diversidad de microclimas. El Ecuador se encuentra ubicado en el cinturón de bajas presiones atmosféricas donde se localiza la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) lo que provoca que ciertas zonas reciban la influencia alternativa de masas de aire con diferentes características de temperatura y humedad. (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador, s.f.). Según Cornejo, (1999) en su reporte "*Climatología de la zona costera ecuatoriana*", en la costa del Ecuador se presentan dos estaciones; una seca y una húmeda, la estación seca se presenta en los meses de mayo a noviembre y la lluviosa de diciembre a abril.

En la provincia de Santa Elena las condiciones de aridez son predominantes. Según la clasificación climática de Köppen el clima en Manglaralto entra en la categoría de un clima BWh que corresponde a un clima árido cálido o un clima tropical seco. Las temperaturas medias anuales son de aproximadamente 24°C, las máximas rara vez superan 32°C y las mínimas son de aproximadamente de 16°C. Las precipitaciones anuales son menores a 500 mm y están concentradas en una solo estación lluviosa. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Manglaralto, 2019)

En Ecuador existen varias instituciones encargadas de monitorear los cambios en el clima en un tiempo determinado, dentro de estas instituciones tenemos al El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, el cual cuenta con una red expandida

de estaciones meteorológicas, ubicadas a lo largo de todo el país. En la siguiente **figura 2.2** se puede observar la red meteorológica con que cuenta el INAMHI.

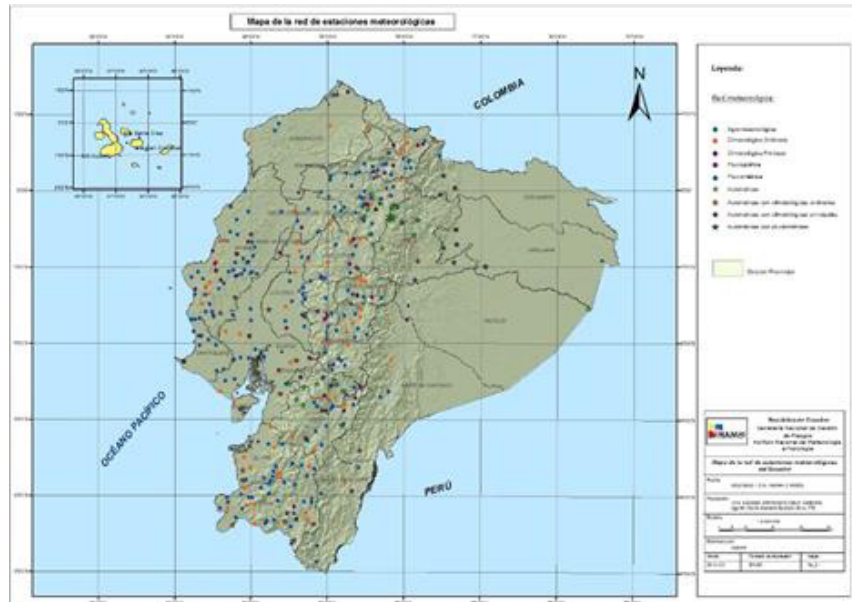


Figura 2.2 Red de estaciones meteorológicas, administradas por el INAMHI.

Fuente: INAMHI, 2018

El Instituto Oceanográfico de la Armada – INOCAR es otro de los centros que cuenta con una red de estaciones meteorológicas ubicadas alrededor de la costa ecuatoriana, en la siguiente **figura 2.3** se observa las estaciones meteorológicas del INOCAR.

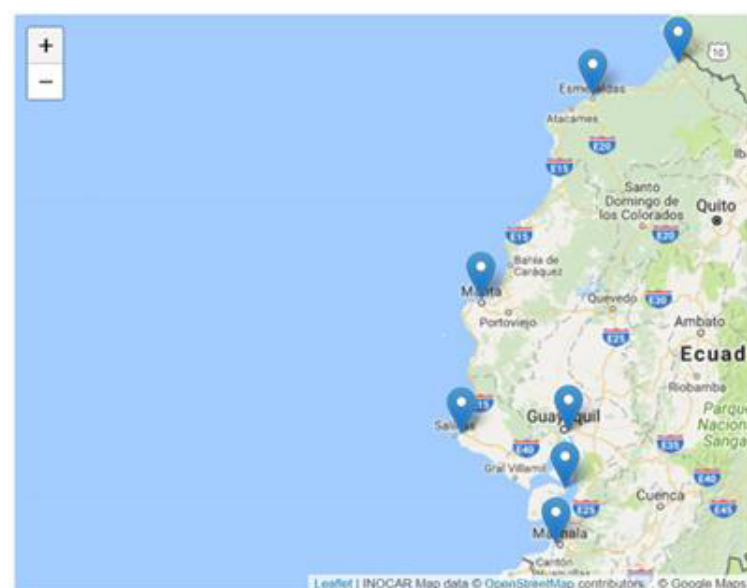


Figura 2.3 Red de estaciones meteorológicas, administradas por el INOCAR.

Fuente: INOCAR, 2018

2.3 Precipitación

La precipitación es el parámetro que marca el cambio de estación climática en el Ecuador, su patrón responde a cambios latitudinales de la Zona de Convergencia Intertropical, que durante los meses de diciembre y abril se ubican bajo la línea ecuatorial.

Para el análisis de la precipitación del área de estudio se tomaron los datos provenientes de la estación meteorológica ubicada en La Libertad y perteneciente al INOCAR. Mediante su sitio web se puede obtener el registro histórico de las precipitaciones acumuladas en La Libertad (**ver figura 2.4**), en donde se puede observar que las mayores precipitaciones se dieron durante los años Niño 1982-1983 y 1997-1998, con valores cercanos a los 3000 milímetros.

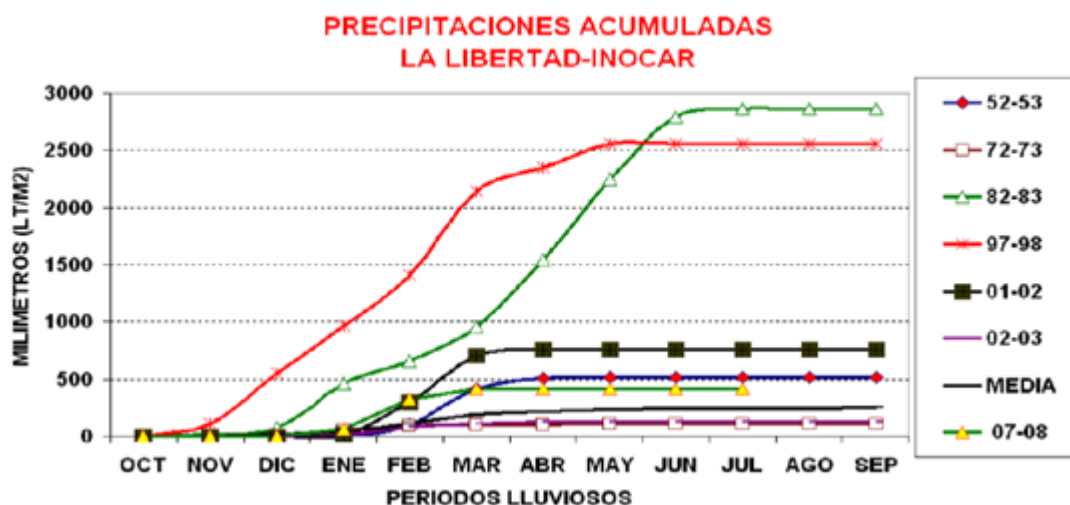


Figura 2.4 Precipitaciones acumuladas, La Libertad - INOCAR.

Fuente: INOCAR, 2011

De la misma manera, según información meteorológica publicada por la UNESCO en el Atlas Pluviométrico del Ecuador (Cedeño & Donoso, 2010), donde se identificó a la Península, como Región 10. Se observó que la precipitación en el área de la Península está estrechamente relacionada con la presencia de los eventos “El Niño”, registrándose las mayores precipitaciones, de igual manera, se define el régimen de

precipitación mensual, obteniendo que los meses de febrero y marzo son los que presentan la mayor intensidad, como se muestra en la siguiente **figura 2.5**.

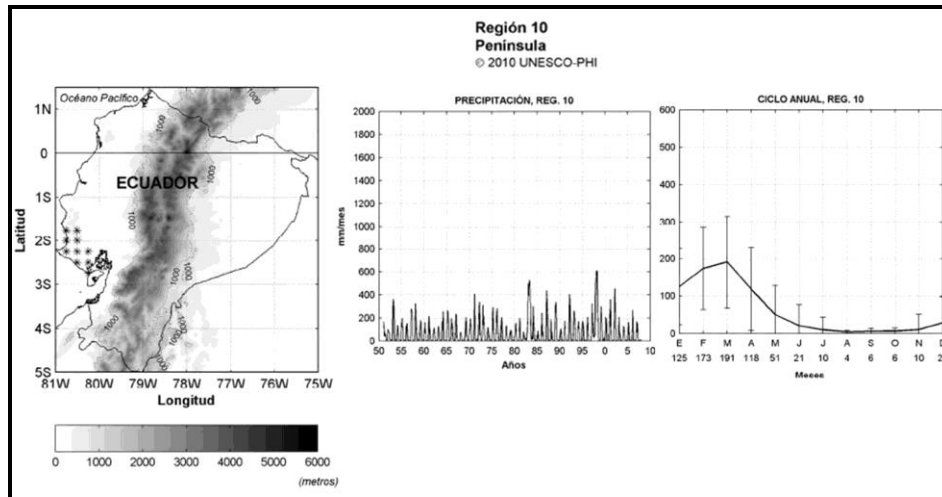


Figura 2.5 Precipitaciones en La Libertad.

Fuente: UNESCO, 2010

2.4 Temperatura

Para el presente estudio se tomó como referencia los datos de los últimos 10 anuarios meteorológicos del INAMHI de las estaciones MB06 (2003-2009) y M1170 (2011-2013) del cantón de Santa Elena que se encuentra aproximadamente a 27 km de distancia de Playa Bruja de la comuna de Libertador Bolívar.

Los valores mínimos y máximos durante este periodo oscilan entre 16.8°C -18.9°C y 30.3°C - 32.5°C; además, se promediaron los valores de temperaturas mensuales con lo que se observó que las mayores temperaturas se registran en los meses de época seca con sus máximos durante el mes de marzo, mientras que las menores temperaturas en los meses de época humada teniendo las mínimas en el mes de agosto.

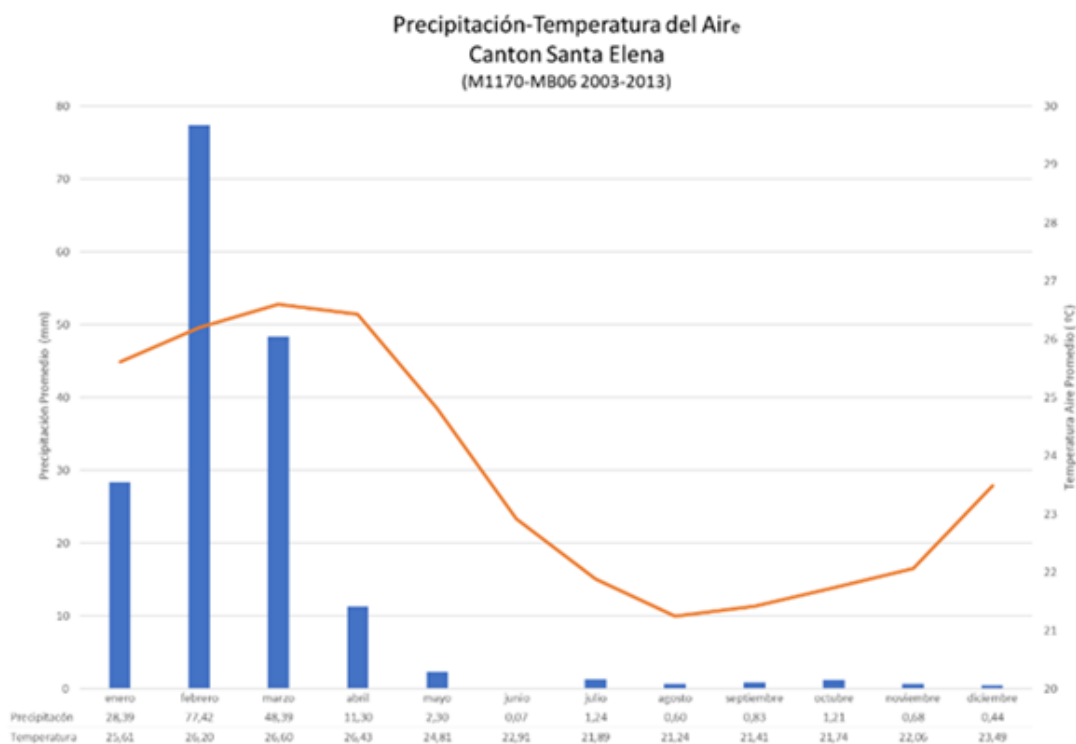


Figura 2.6 Anomalía de temperatura promedio, Salinas-Guayas.

Fuente: INAMHI, 2018

Durante eventos El Niño Oscilación Sur (ENOS) se registran aumentos en la temperatura como el de 1997-1998 donde se registraron anomalías positivas de TA de $+4.2^{\circ}\text{C}$ y TSM de $+3.2$ (E. Zambrano, 2000); por el contrario, durante Eventos La Niña se registran anomalías negativas, como las del evento del 1968 con -2°C .

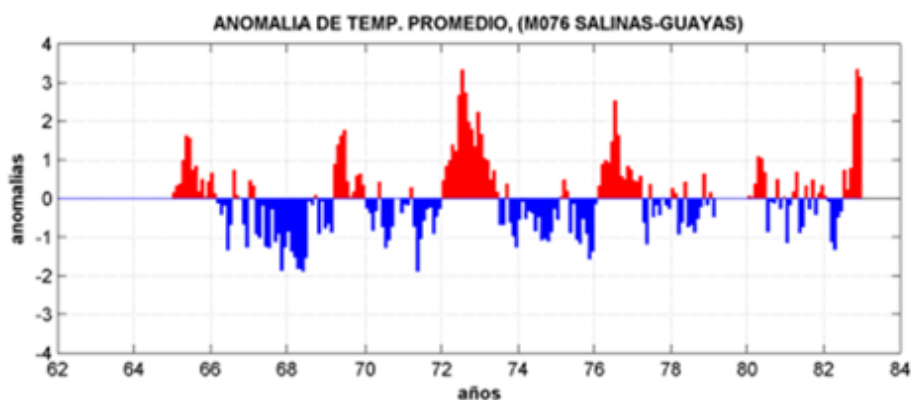


Figura 2.7 Anomalía de temperatura promedio, Salinas-Guayas.

Fuente: INAMHI, 2018

2.5 Vientos

Sobre la zona de la Costa interactúan los vientos alisios del Sudeste con dos circulaciones locales: la brisa generada por las variaciones de temperatura entre el continente y el océano, y la circulación valle-montaña por el dominio de la Cordillera de los Andes, esta interacción da lugar a vientos más irregulares en la zona costera como se puede observar en el siguiente mapa de vientos de la costa este del Pacífico.

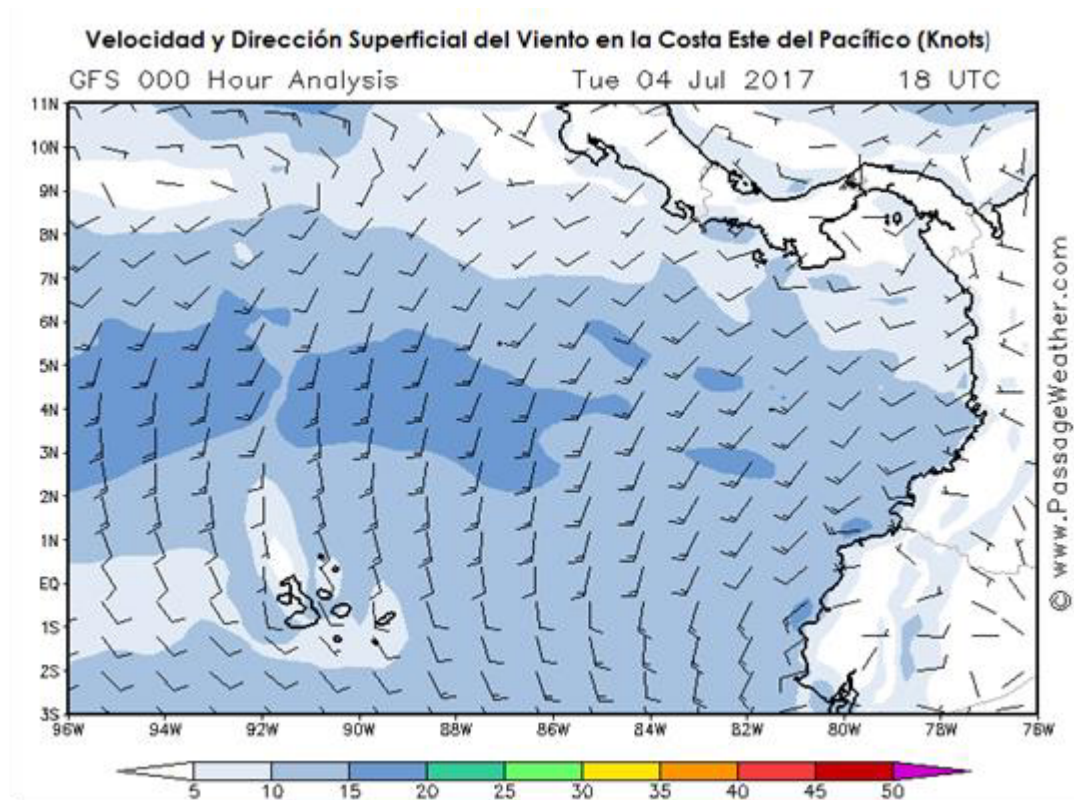


Figura 2.8 Velocidad y Dirección del Viento en la Costa Este del Pacífico (Knots)

Fuente: Passage Weather, 2017

Para Cardin-Cornejo los vientos en estas zonas presentan una tendencia ascendente en su magnitud desde julio a noviembre, mes a partir del cual la intensidad del viento empieza a decaer monótonicamente hasta encontrar su mínima expresión entre los meses de marzo y abril, para luego incrementarse nuevamente hasta su máximo valor durante el mes de noviembre.

CAPÍTULO 3

3. OCEANOGRAFÍA Y PROCESOS COSTEROS

3.1 Circulación off shore

Los estudios de las corrientes costeras son de fundamental importancia para el entendimiento de los distintos procesos costeros que influyen directamente sobre la región litoral (Allauca & Lucero, 1992). Las aplicaciones de estos estudios son múltiples, desde fines pesqueros hasta fines ingenieriles, puesto que se requiere cierta información básica para la toma de decisiones durante el planeamiento, diseño, operación y mantenimiento de obras de ingeniería costera. El objetivo de esta componente es la caracterización de los patrones de circulación que rigen en la zona costera del área de estudio (**ver figura 3.1**) mediante el seguimiento de las trayectorias simultaneas de un arreglo de flotadores, comúnmente conocido como el método Lagrangiano, este es un método empleado frecuentemente en estudios de circulación costera.

Para este estudio se realizaron dos salidas en sicigia y dos en cuadratura, estas salidas se realizaron durante los meses de junio, julio y agosto del presente año. Para determinar la fase lunar en la cual se realizarán las mediciones, se tomó como referencia las tablas de mareas elaboradas por el Instituto Oceanográfico de Armada (INOCAR) correspondiente a la estación de Monteverde, ubicada aproximadamente a 20 km de la comuna Libertador Bolívar.

3.1.1 Área de estudio

El área de estudio cubierta durante los distintos muestreos fue de aproximadamente 3000 metros a lo largo de la línea de playa, cubriendo en su totalidad Playa Bruja, el malecón de Libertador Bolívar y parte sur de su playa, y extendiéndose hasta 1000m

costa afuera durante las distintas salidas de campo, en la **tabla 3.1** se muestran las fechas, periodos de tiempo y fase de marea en las cuales se realizaron las mediciones.

Tabla 3.1 Fechas e intervalos de tiempo para toma de datos - veleteo

Fase de Marea	Fecha	Periodo de Tiempo
Sicigia	16 junio 2018	10h16-15h12
	14 agosto 2018	11h33-14h10
Cuadratura	7 julio 2018	10h21-15h47
	21 julio 2018	11h01-13h05

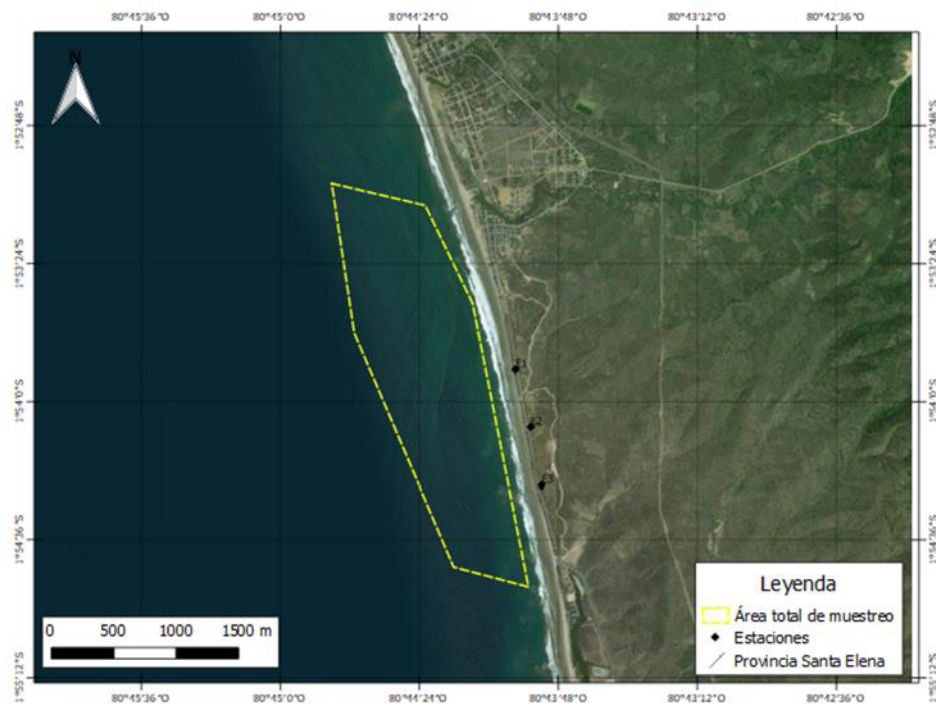


Figura 3.1 Ubicación del área de estudio

Elaboración: Las autoras, 2018

3.1.2 Metodología

Como metodología de medición se escogió el método Lagrangiano, el cual permite estudiar el comportamiento de una partícula en el agua que se mueve a través del espacio y el tiempo, esta técnica lleva el registro de la posición de un flotador en la

parcela de agua ya sea en la superficie o a cierta profundidad, la velocidad promedio en cierto periodo de tiempo es calculada como la distancia entre la posición inicial y final dividida para el tiempo en el que se recorrió dicha distancia (Steward, 2008).

Para el estudio de la circulación por el método lagrangiano se utilizaron veletas superficiales y subsuperficiales con un anclaje de un metro y tres metros respectivamente, estas veletas fueron transportadas por medio de una lancha de fibra de vidrio con motor fuera de borda y posicionadas mediante un GPS, se tomaron registros de sus nuevas posiciones aproximadamente cada media hora y si estas veletas se llegaban a ubicar muy cerca de la rompiente, se recogían y se volvían a posicionar más atrás.

Como resultado se presenta un breve análisis del comportamiento de las veletas por salida, las trayectorias de cada siembra de veletas, y tablas con las velocidades promedio de las veletas superficiales y subsuperficiales por siembra, así como también las velocidades mínimas y máximas por salida.



a



b



c

Figura 3.2 Método lagrangiano

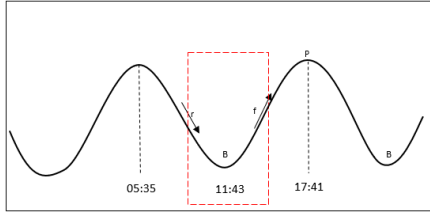
(a) Siembra de veleta; (b) Veleta posicionada y (c) Toma de datos

3.1.2.1 Salida 16 junio 2018 - Sicigia 10h16-15h12

Las mediciones se llevaron a cabo desde las 10h16 hasta las 15h12 en las cuales se realizaron cuatro siembras de veletas aproximadamente a 600m costa afuera y alrededor de 300m de separación entre cada una, en total contamos con 3 veletas subsuperficiales y 2 superficiales.

El comportamiento de la marea en el periodo de tiempo de las mediciones se registra en el en la **tabla 3.2**, de acuerdo con esta información, las mediciones comenzaron en reflujo y terminando en flujo, pasando por un cambio de marea.

Tabla 3.2 Tabla de marea 16/06/2018

16/06/2018 Sábado		
Hora	Altura (m)	Comportamiento de marea
05:35	2,46 P	
11:43	0,17 B	
17:41	2,31 P	

Fuente: INOCAR, 2018

En general, las veletas mantuvieron una dirección al noreste y no se evidenció un cambio significativo que indique el cambio de marea. En su mayoría las velocidades de las veletas superficiales fueron mayores que las subsuperficiales.

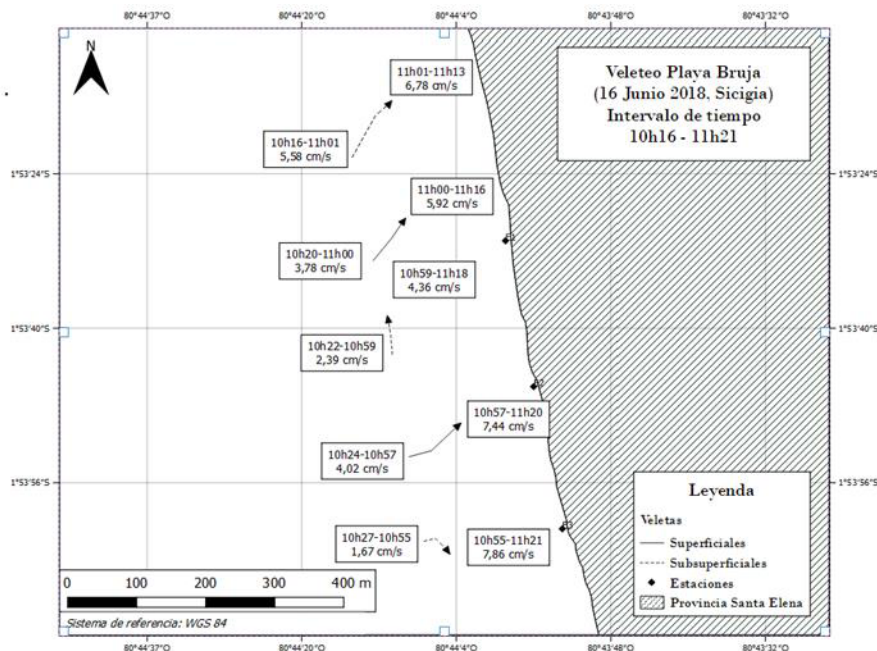


Figura 3.3 Primera siembra de veletas – 16/06/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

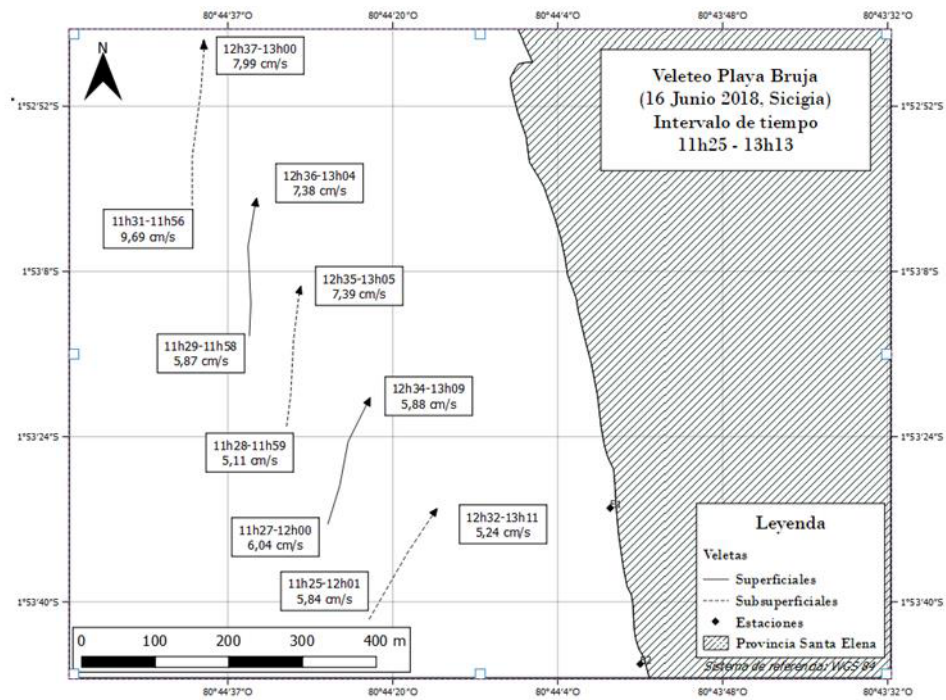


Figura 3.4 Segunda siembra de veletas – 16/06/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

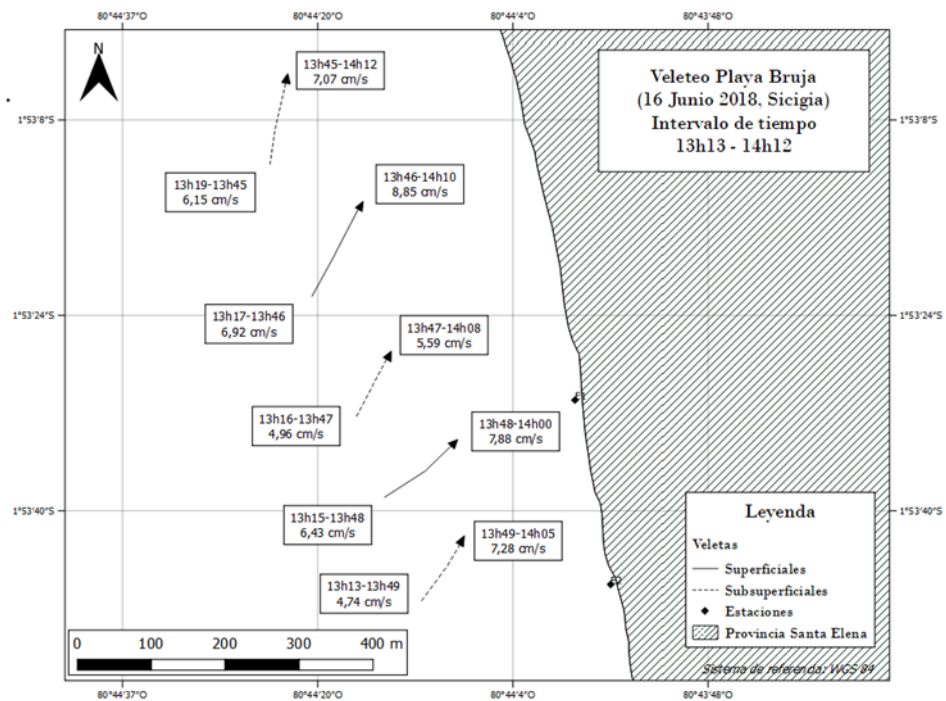


Figura 3.5 Tercera siembra de veletas – 16/06/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

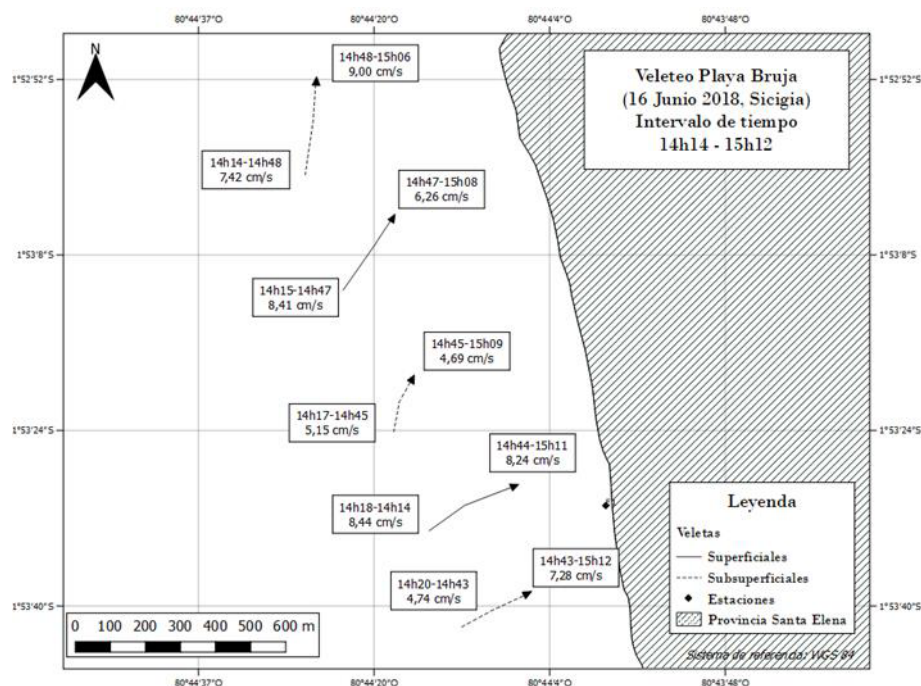


Figura 3.6 Cuarta siembra de veletas – 16/06/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

Tabla 3.3 Velocidades promedio de veletas superficiales y subsuperficiales - 16/06/2018

	Siembra1 10:16 - 11:21	Siembra2 11:25 - 13:11	Siembra 3 13:13 – 14:12	Siembra 4 14:14 – 15:12
Veletas Superficiales (cm/s)	5,29	6,54	7,52	7,84
Veletas Subsuperficiales (cm/s)	3,91	7,12	5,96	6,47

Tabla 3.4 Velocidades máximas y mínimas de veletas superficiales y subsuperficiales - 16/06/2018

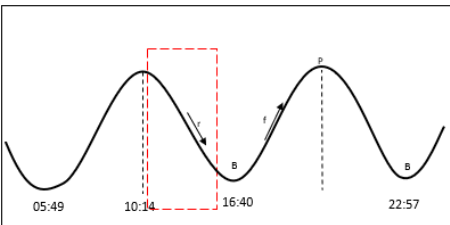
	Vmin (cm/s)	hora	Vmáx. (cm/s)	hora
Veletas Superficiales	3,78	10:20-11:00	8,85	13:46-14:10
Veletas subsuperficiales	1,67	10:27-10:55	9,67	11:31-11:56

3.1.2.2 Salida 7 Julio 2017 -Cuadratura 10h21-15h47

Las mediciones se llevaron a cabo desde las 10h16 hasta las 15h12 en las cuales se realizaron cuatro siembras de veletas aproximadamente a 700m costa afuera y alrededor de 400m de separación entre cada una, en total se contó con 2 veletas subsuperficiales y 2 superficiales.

De acuerdo con la tabla de mareas del INOCAR, las mediciones se realizaron solamente en la fase de reflujo con cual esperaríamos tener velocidades mínimas al comienzo de las mediciones y luego estas comenzarían a aumentar, sin embargo, se debe tomar en cuenta un retraso en el cambio de marea debido a la inercia propia de la masa de agua.

Tabla 3.5. Tabla de marea 07/07/2018

07/07/2018 Sábado		
Hora	Altura (m)	Comportamiento de marea
03:49	0,84 B	
10:14	2,05 P	
16:40	0,76 B	
22:57	1,86 P	

Fuente: INOCAR, 2018

Como podemos observar en la tabla resumen de velocidades promedio, el comportamiento de todas las veletas sigue el patrón de reflujo, sus velocidades son mínimas al principio debido al cambio de marea y comienzan a aumentar progresivamente, se esperaba que luego estas disminuyan al acercarse nuevamente a la estoa. La tendencia de la dirección de las veletas fue hacia el noreste.

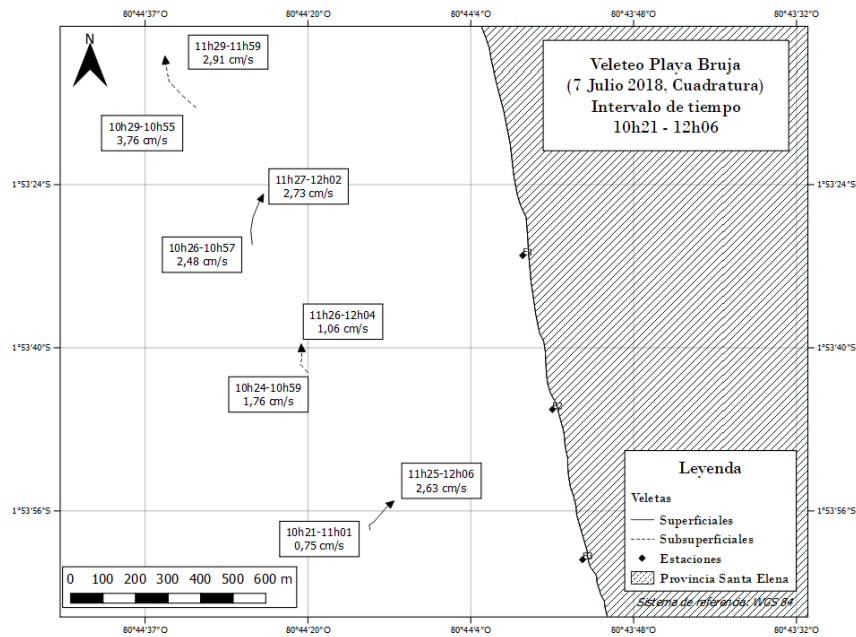


Figura 3.7 Primera siembra de veletas – 07/07/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

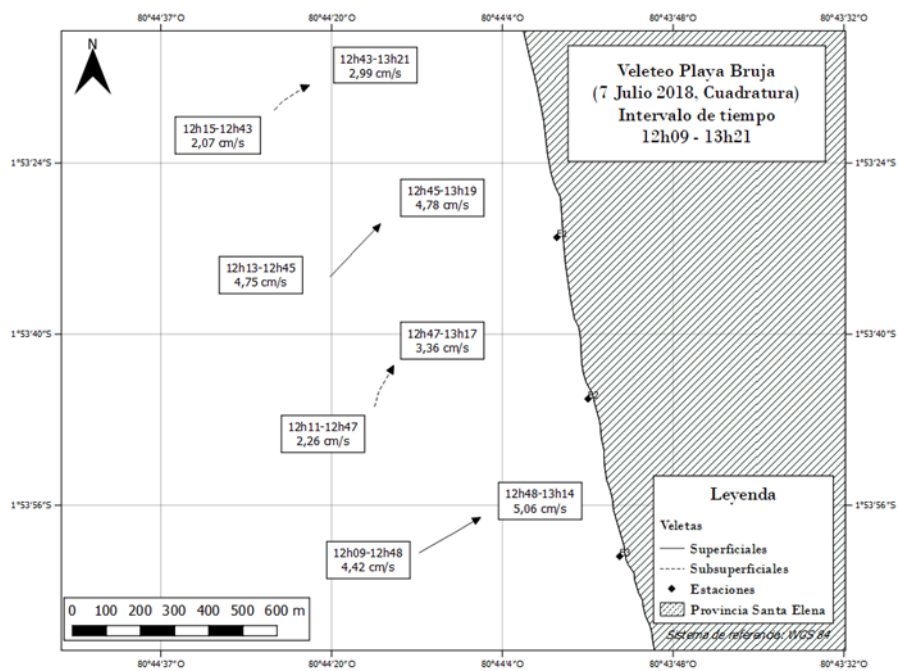


Figura 3.8 Segunda siembra de veletas – 07/07/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

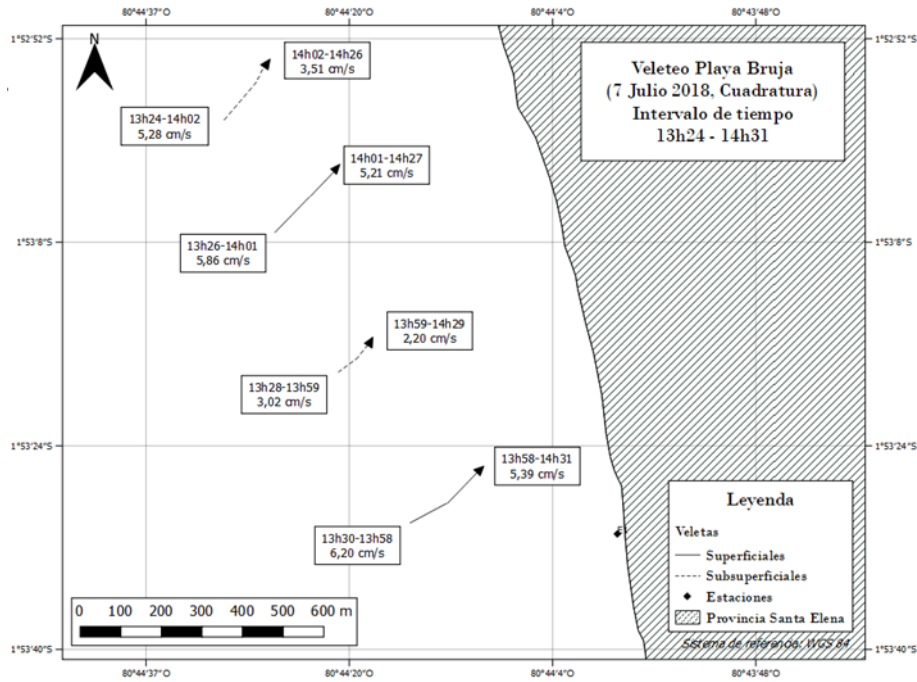


Figura 3.9 Tercera siembra de veletas – 07/07/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

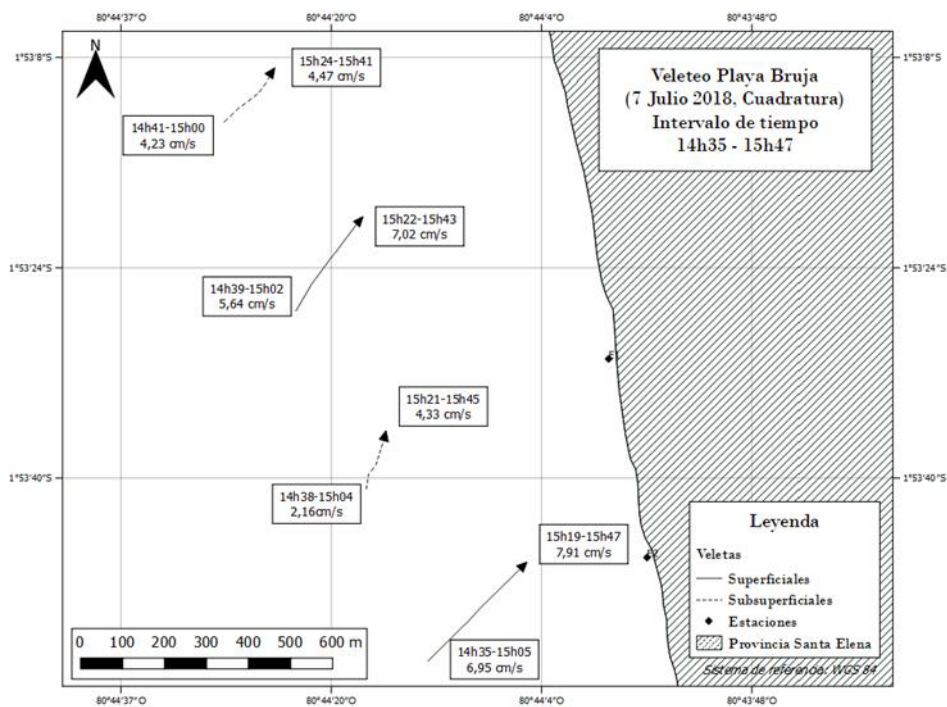


Figura 3.10 Cuarta siembra de veletas – 07/07/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

Tabla 3.6 Velocidades promedio de veletas superficiales y subsuperficiales - 07/07/2018

	Siembra 1	Siembra2	Siembra 3	Siembra 4
Veletas Superficiales (cm/s)	1,93	4,75	5,67	6,74
Veletas Subsuperficiales (cm/s)	2,22	2,67	3,50	3.59

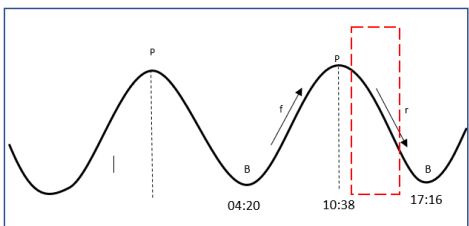
Tabla 3.7 Velocidades máximas y mínimas de veletas superficiales y subsuperficiales - 07/07/2018

	Vmin (cm/s)	hora	Vmáx (cm/s)	hora
Veletas Superficiales	0,75	10:21 - 11:01	7,91	15:19 – 15:47
Veletas subsuperficiales	0,93	10:24 – 10:59	5,28	13:24 – 14:02

3.1.2.3 21 Julio 2018 Cuadratura 11h33-14h10

Las mediciones se llevaron a cabo desde las 11h33 hasta las 14h10 en las cuales se realizaron tres siembras de veletas aproximadamente a 700m costa afuera y alrededor de 350m de separación entre cada una, en total contamos con 3 veletas subsuperficiales y 3 superficiales. De acuerdo con la tabla de marea del INOCAR las mediciones se dieron en la etapa de reflujo.

Tabla 3.8 Tabla de marea 21/07/2018

21/07/2018 Sábado		
Hora	Altura (m)	Comportamiento de marea
04:20	0,84 B	
10:38	2,12 P	
17:16	0,74 B	
23:31	1,80 P	

Fuente: INOCAR, 2018

Tal como podemos observar en la tabla resumen de velocidades promedio, las velocidades máximas se dan al comienzo de las mediciones y luego disminuyen progresivamente, esto nos indica que se está llegando nuevamente a un cambio de marea. El flujo al inicio de las mediciones es hacia el sureste y luego, al final de las mediciones cambia hacia el noreste.

De acuerdo con lo observado en estas mediciones podríamos inferir que el movimiento de las mareas y de la circulación costera son independientes, debido a que durante mediciones pasadas que se dieron en la fase de refluo, la dirección de las veletas se daba hacia el noreste; sin embargo, durante el comienzo de esta salida esto no sucedió, y solo comenzaron a cambiar alrededor de las 3 pm; otro factor que pudo haber influenciado son los vientos locales.

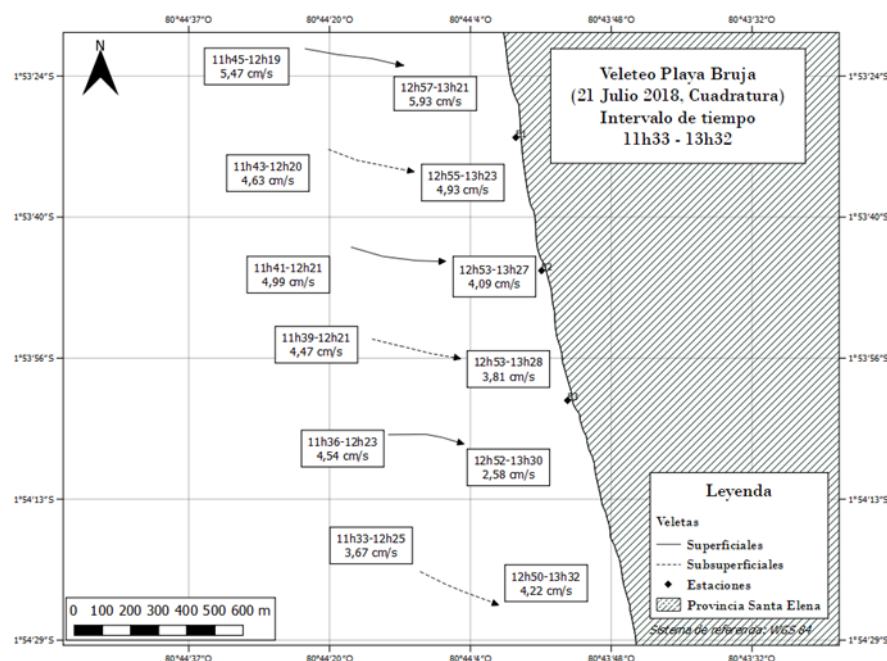


Figura 3.11 Primera siembra de veletas – 21/07/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

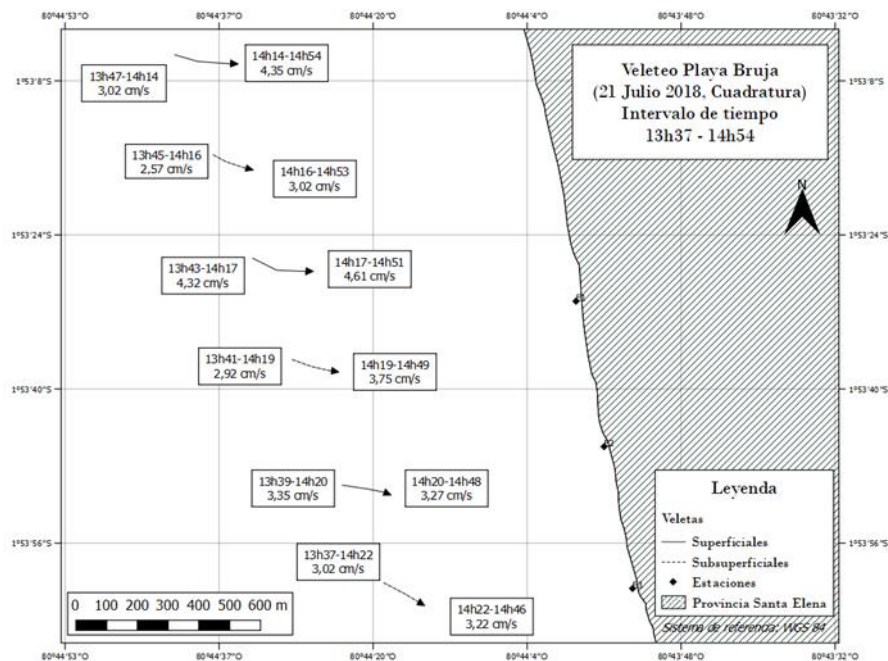


Figura 3.12 Segunda siembra de veletas – 21/07/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

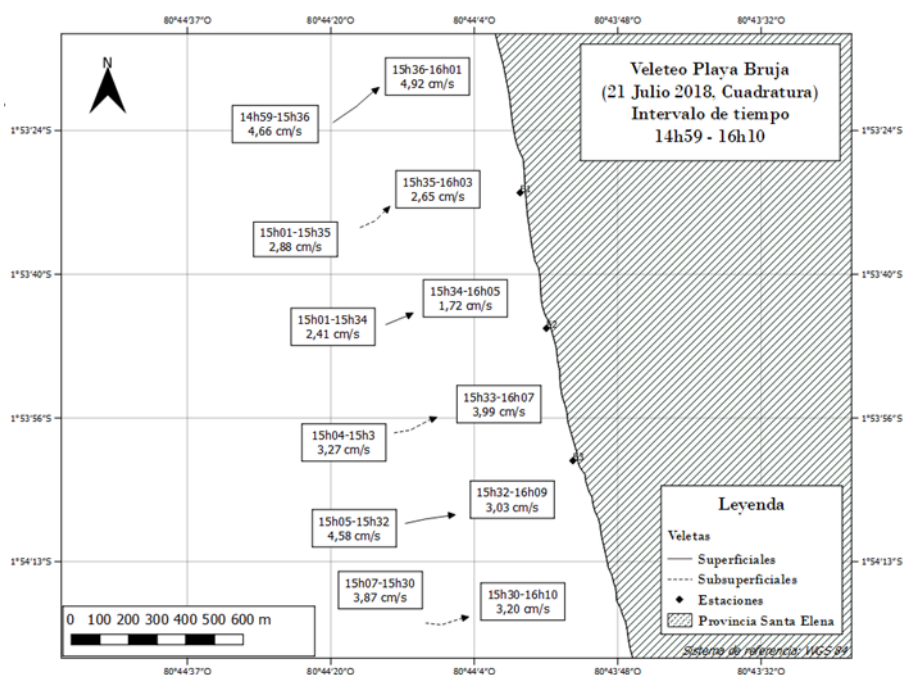


Figura 3.13 Tercera siembra de veletas – 21/07/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

Tabla 3.9 Velocidades promedio de veletas superficiales y subsuperficiales - 21/07/2018

	Siembra 1	Siembra2	Siembra 3
Veletas Superficiales (cm/s)	4,72	4,11	3,55
Veletas Subsuperficiales (cm/s)	4,42	3,08	3,31

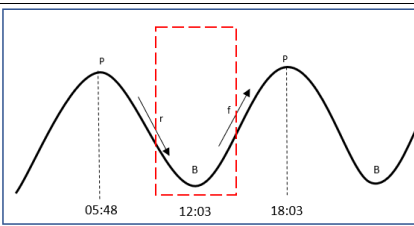
Tabla 3.10 Velocidades máximas y mínimas de veletas superficiales y subsuperficiales - 21/07/2018

	Vmin (cm/s)	hora	Vmáx (cm/s)	hora
Veletas Superficiales	1,72	15h34-16h05	5,93	12h57-13h21
Veletas subsuperficiales	2,57	13h45-14h16	4,93	12h53-13h23

14 agosto 2018 Sicigia 11h01 – 13h05

Las mediciones se llevaron a cabo desde las 11h01 hasta las 13h05, la siembra de veletas se realizó aproximadamente a 900m costa afuera y alrededor de 300m de separación entre cada una, en total se contó con 3 veletas subsuperficiales y 2 superficiales. De acuerdo con la tabla de mareas del INOCAR las mediciones se llevaron a cabo en la fase de reflujo. Los promedios de las veletas superficiales fueron mayores que las subsuperficiales con 7,63 y 6,66 respectivamente; además, las velocidades de todas las veletas aumentaron al final de las mediciones en comparación con su primera medición. Todas las veletas registraron una dirección al noreste.

Tabla 3.11 Tabla de marea 14/08/2018

14/08/2018 Sábado		
Hora	Altura (m)	Comportamiento de marea
05:48	2,75 P	
12:03	0,25 B	
18:03	2,52 P	

Fuente: INOCAR, 2018

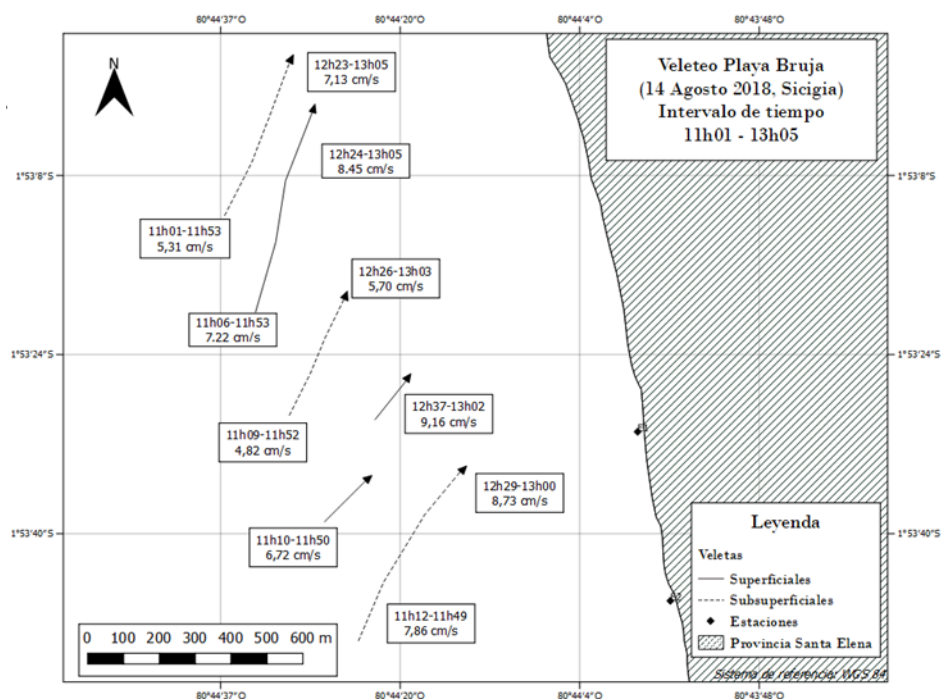


Figura 3.14 Primera siembra de veletas – 14/08/2018

Elaboración: Las autoras, 2018

Tabla 3.12 Velocidades máximas y mínimas de veletas superficiales y subsuperficiales - 21/07/2018

	Velocidad min (cm/s)	hora	Velocidad máx. (cm/s)	hora
Veletas Superficiales	6,90	11h10-11h50	9,69	11h06-11h53
Veletas subsuperficiales	4,99	11h52-12h26	11,96	11h49-12h29

3.1.3 Conclusiones

No se pudo observar una tendencia constante de los patrones de circulación y las fases de marea durante los diferentes periodos de medición; sin embargo, se observa la presencia de un flujo de agua dominante en dirección N-NO en etapa flujo y NE-SE en etapa reflujo.

Durante las fases de sicigia se registran las velocidades máximas, mientras que durante las fases de cuadratura se registran las velocidades mínimas; de igual manera se observa que las velocidades promedio de las veletas superficiales son mayores que

las velocidades promedio de las veletas subsuperficiales, tanto en sicigia como en cuadratura, esto se debe a que las veletas superficiales además de estar influenciadas por la marea se encuentran influenciadas por la acción del viento.

Tabla 3.13 Resumen de las velocidades de las veletas superficiales y subsuperficiales de todas las mediciones

Veleta	Velocidad (cm/s)	Fase de Marea			
		Sicigia		Cuadratura	
		16-jun	14-ago	7-jul	21-jul
Superficial	Máxima	8,85	9,69	7,91	5,93
	Mínima	3,78	6,90	0,75	1,72
	Promedio	6,80	7,63	4,78	4,13
	Promedio superficial	7,22		4,46	
Subsuperficial	Máxima	9,67	11,96	5,28	4,93
	Mínima	1,67	4,99	0,93	2,57
	Promedio	5,87	6,66	2,99	3,60
	Promedio subsuperficial	6,27		3,30	

Además, en el **Anexo A** se pueden encontrar las tablas de los registros individuales de direcciones y velocidades de cada salida.

3.2 Mareas

Para realizar un diseño de obra costera es de gran importancia determinar las variaciones del nivel del mar en la zona de interés. Para esto se deberá analizar la información histórica disponible, tomando en cuenta los valores promedios y extremos encontrados, así como las variaciones del nivel del mar durante eventos extremos.

Las variaciones del nivel del mar causadas por las mareas se deben a la fuerza gravitacional que ejercen la Luna y el Sol sobre la Tierra. La Luna realiza una trayectoria elíptica alrededor de la Tierra y cuando estos astros se encuentran alineados, es decir la Luna entre Tierra y el Sol y la Tierra entre la Luna y el Sol, luna nueva y luna llena respectivamente, existirá una mayor fuerza gravitacional, produciendo pleamares más altas y bajamares más bajas, esto lo conocemos como mareas de sicigia; por el contrario, cuando la posición entre la Luna y el Sol corresponde a cuarto menguante y cuarto creciente la fuerza de atracción gravitacional del Sol y la Luna se contrarrestan y las mareas son pequeñas, estas mareas son llamadas mareas de cuadratura o mareas muertas. En Ecuador tenemos un tipo marea semidiurna, es decir, que en el transcurso de un día lunar hay dos pleamares y dos bajamares, el nivel que alcanza el mar en las dos pleamares no son iguales, lo mismo ocurre con las bajamares;

Anualmente existen dos eventos donde se producen sicigias “extremas”, debido a que el Sol se encuentra más cerca del ecuador, estas se dan durante el equinoccio de otoño y equinoccio de primavera, aproximadamente el 21 de marzo y 21 de septiembre, los cuales marcan los cambios de estación en los hemisferios norte y sur. Debido a que el Ecuador se encuentra en latitudes bajas no se registra un cambio estacional marcado, sin embargo, se esperaría que se presente un mayor rango de marea mayor comparado a los valores promedio.

Para este estudio se tomó como referencia el pronóstico de marea de la estación de Monteverde del INOCAR, debido a que es la más cercana al área de estudio, aproximadamente a 20 kilómetros. Se analizaron los datos de las tablas de marea de los tres últimos años, y se procedió a calcular los siguientes promedios y niveles de mar:

Tabla 3.14 Niveles de Referencia

Nivel de Referencia	
HT	High Tide o marea alta, es el máximo nivel de marea de una serie de datos
MHWS	Mean High Water Spring o nivel medio de pleamar en sicigia, es altura media deducida de una serie de datos de las alturas de las pleamares de sicigias.
MHW	Mean High Water o nivel medio de pleamares, es el promedio de pleamares en un periodo de observación
MHWN	Mean High Water Neaps o nivel medio de pleamares de cuadratura, es altura media deducida de una serie de datos de las alturas de las pleamares de cuadratura.
MTL	Mean Tide Level o nivel medio de marea, promedio de pleamares y bajamares registradas en un periodo de tiempo.
MLWN	Mean Lowest Water Neaps o promedio de bajamares de cuadratura, es altura media deducida de una serie de datos de las alturas de las bajamares de cuadratura.
MLW	Mean Lowest o promedio de bajamares, es el promedio de las bajamares de una serie de datos.
MLWS	Mean Lowest Water Spring o promedio de bajamares de sicigia, es altura media deducida de una serie de datos de las alturas de las bajamares de sicigia.
LW	Lowest Water o Nivel mínimo de agua, es el mínimo nivel de agua de una serie de datos

Debido a los efectos producidos por la fricción del fondo oceánico y por la inercia propia de la masa de agua, es posible que se produzca un retraso en los valores máximos y mínimos de la marea, por lo que para este estudio se tomó en consideración el día posterior respecto a la fase lunar correspondiente a sicigia y cuadratura.

Tabla 3.15 Cálculo de niveles de referencia en la estación Monteverde

Nivel de Referencia	Terminología	Monteverde (referencia MLWS)	**Monteverde (referencia MLWS)
Pleamar máxima	HT	2,80	2,80
Promedio de pleamares de sicigia	MHWS	2,34	2,39
Promedio de pleamares	MHW	2,17	2,17
Promedio de pleamar en cuadratura	MHWN	1,99	1,94

Nivel medio de marea	MTL	1,32	1,32
Promedio de bajamares en cuadratura	MLWN	0,65	0,74
Promedio de bajamares	MLW	0,48	0,48
Promedio de bajamares de sicigia	MLWS	0,27	0,21
Bajamar mínima	LW	-0,30	-0,30

- valores correspondientes al día posterior de la fase lunar.

Se observa que los valores de pleamare más altas y bajamares más bajas se registran durante el día posterior a la fase lunar correspondiente a sicigia y cuadratura, por lo que para los cálculos de amplitudes de marea se tomó como referencia estos valores. La amplitud de la onda de marea predominante en sicigia es de 2.18 metros y en cuadratura de 1.20 metros, alcanzando una amplitud extrema de 3.10 metros.

Tabla 3.16 Cálculo de rangos de marea en la estación Monteverde

Concepto	Terminología	Monteverde Ref.MLWS
Rango de mareas extremas	HT- LW	3,10
Rango de mareas de sicigia	MHWS-MLWS	2,18
Rango de mareas de cuadratura	MHWN-MLWN	1,20
Rango de mareas	MHW-MLW	1,69

A continuación, se encuentran representados los datos de marea registrados durante el año 2018 en la estación de Monteverde:

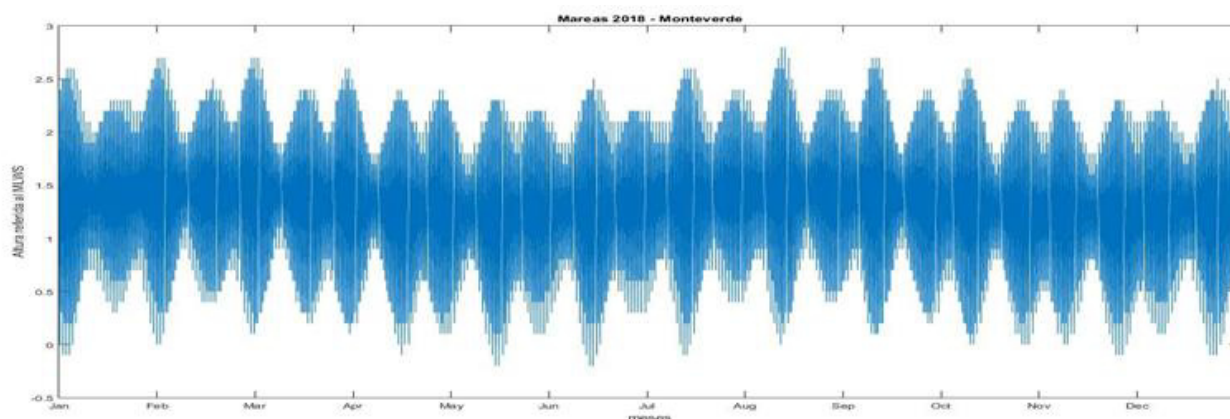


Figura 3.15 Marea Monteverde 2018

Fuente: INOCAR, 2018

3.2.1 Conclusiones

3.2.1.1 Nivel Medio del Mar

Se registran variaciones considerables del nivel medio del mar durante eventos extremos como los del fenómeno de El Niño, en los cuales se han observado anomalías positivas de hasta 47 cm, debido a que este fenómeno un evento recurrente se tomará como referencia para el diseño de obra un aumento del nivel del mar 50cm debido a este fenómeno.

3.2.1.2 Marea

Los niveles de marea en Playa Bruja más útiles para el diseño de las obras de protección, referidos al MLWS (promedio de las bajamares de sicigia), son los siguientes:

- HT (High Tide o Marea Alta): 2,8 metros sobre el MLWS.
- MHWS (Mean High Water Spring o Promedio de Bajamares de Sicigia): 2,39 m sobre el MLWS.
- MSL (Mean Sea Level o Nivel Medio del Mar): 1,32 m sobre el MLWS.
- MLWS (Mean Lowest Water Spring o Promedio de Bajamares de Sicigia): 0.21 metros sobre el MLWS

Además, el rango de mareas extremas es de 3.1 metros y el rango de mareas de sicigia es de 2.18 metros.

3.3 Oleaje

3.3.1 Introducción

Estudiar los efectos del oleaje sobre las costas es de vital importancia para llevar a cabo obras marino-costeras. La comprensión de su dinámica a través de modelos numéricos que permitan predecir el comportamiento del oleaje en la zona o área de estudio permite al diseñador prevenir daños severos en las estructuras marinas que se estén llevando a cabo, como diques, buques u otras estructuras en alta mar. Sin embargo, el diseño estructural no sólo está en función de las características del oleaje sino también de otras variables como los vientos y la marea, que al combinarse incrementan o disminuyen el riesgo de la estructura, así como su vida útil.

3.3.2 Oleaje en la costa ecuatoriana

En la zona litoral, la acción de las olas puede tener diferentes efectos sobre ella. Cuando las olas son grandes y los periodos prolongados, pueden mover el sedimento, causando erosión en la playa (efecto destructivo), por el contrario, si las olas son pequeñas y de corta duración, pueden acumular arena hasta formar una playa (efecto constructivo) (Gonzales Linares, 2017).

Las olas que rompen sobre la playa disipan una gran cantidad de energía potencial acumulada, sacando del reposo a los sedimentos y trasportándolos a lo largo de la costa y en sentido transversal a esta. Este transporte es realizado por las corrientes litorales que son originadas por los efectos de las olas rompientes. (Sánchez Cuadros, 2003).

El oleaje incidente en la costa ecuatoriana proviene principalmente de olas de aguas lejanas, denominadas mar de fondo o “swell” formadas por perturbaciones atmosféricas como el viento o las tormentas, provenientes de las aguas lejanas del Océano Pacífico y se caracterizan por ser ondas de aspecto sinusoidal, con periodos que van entre 10 y 25 s, viajando grandes distancias desde su punto de generación. En los meses de julio, agosto y septiembre se generan olas por el viento local con períodos menores a 5 s, dejando un mar agitado con olas encrespadas y continuas (Mindiola Robayo & Recalde Mosquera, 2008).

La agencia científica NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration, encargada del monitoreo climático de las costas americanas, ofrece en su portal web varios modelos climáticos para la zona del Océano Pacífico, como el modelo NWWW3, el cual muestra las zonas de generación de olas provocadas por la incidencia de los llamados Fetch. Las olas generadas por el viento son olas sucesivas e irregulares, que varían en altura, y tienden a viajar en grupos de olas bajas y altas. En **figura 3.16** se muestra una zona de generación Fetch localizada al sur del Ecuador, teniendo que para las costas del Ecuador arriban olas entre alturas de 1 m y 1.5 m, rango de altura promedio para el mes de agosto del año 2018.

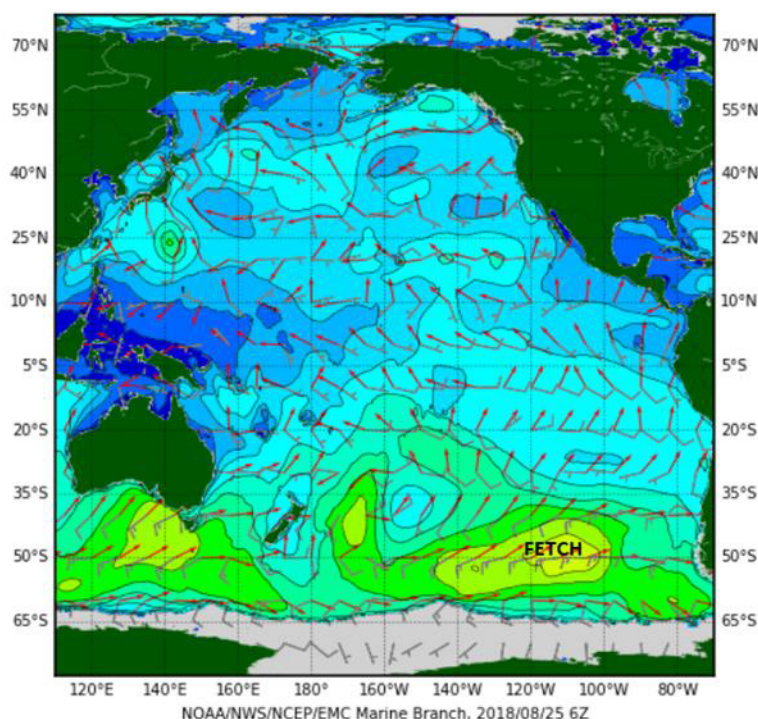


Figura 3.16 Generación de Zonas de Fetch en el Océano

Fuente: NOAA, 2018

3.3.3 Oleaje en el área de estudio

Playa Bruja se encuentra expuesta a un oleaje incidente proveniente de los frentes de olas de las direcciones entre 205° y 330°, el mismo que provoca, especialmente en aguajes, el deterioro del enrocado construido para defender la carretera. Según Vera, Lucero y Mindiola, en su estudio realizado sobre la “Caracterización Oceanográfica de

la Costa Central Ecuatoriana entre la Punta del Morro y Jaramijó 2009”, en el cual se utilizaron sensores de presión configurados para medir altura de ola y periodo cada hora o cada tres horas entre noviembre 2006 y abril 2007, se determinó que los meses de mayor energía del oleaje en el sector de Monteverde fueron marzo y abril, en los cuales se registró la máxima altura del período de medición (3.69m). Este valor de altura de ola se encuentra dentro del porcentaje de ocurrencia del 0,4 %, siendo un valor de referencia de altura máxima en el sector.

En el estudio realizado por Allauca y Cardín sobre el “Análisis de olas en la costa central del Ecuador 1987” se presenta las estadísticas de alturas significativas (Hs) y períodos medios (T), con datos registrados durante los años 1979 – 1986, para cuatro zonas localizadas en varios sectores de la costa ecuatoriana, entre los cuales se encuentra también el sector de Monteverde. Para este sector se pudo determinar que la mayor ocurrencia de alturas significativas se concentra en el rango comprendido entre 0,3 y 0,7 metros con un 67% de ocurrencia.

3.3.4 Olas visuales

3.3.4.1 Metodología y análisis de estimación

Con el fin de establecer los parámetros básicos del oleaje (altura, periodo, dirección, etc.) para el diseño de la estructura de protección, se realizaron observaciones de las características litorales en el área de estudio, durante 5 horas en intervalos de cada media hora. Estas observaciones se realizaron en tres estaciones ubicadas a lo largo de los 1.8 km de playa (**ver figura 3.17**), tomando en cuenta las dos fases de marea; sicigia y cuadratura.

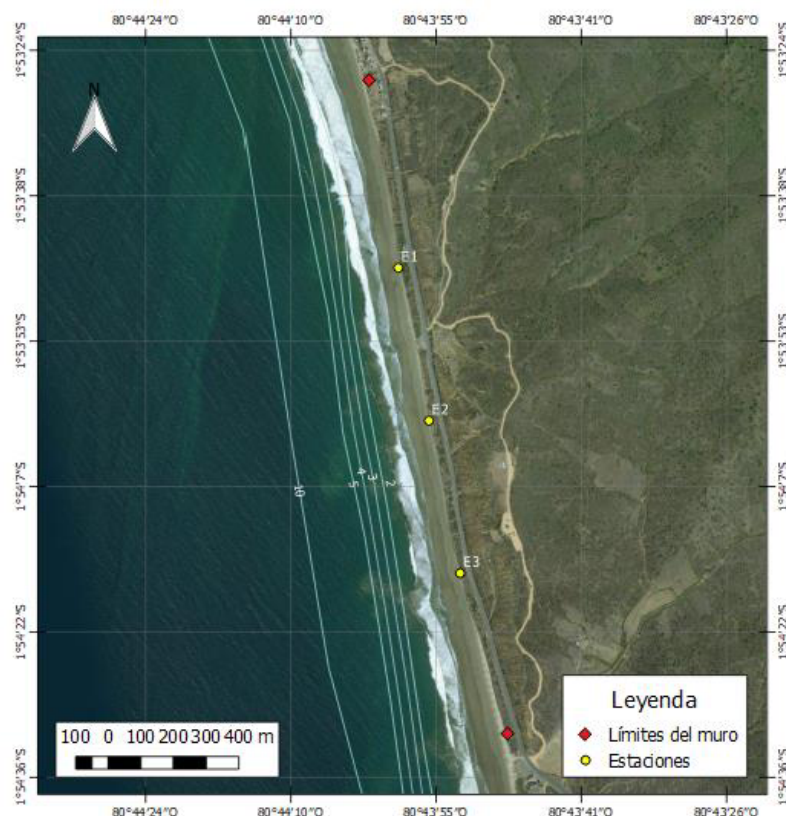


Figura 3.17 Ubicación de las estaciones en Playa Bruja

Elaboración: Las autoras, 2018

Las características litorales observadas fueron: altura de ola (metros), periodo de ola (segundos), tipo de ola rompiente (surging, spilling, plunging), ángulo de aproximación del oleaje, ancho de la zona de surf (metros) y distancia de la línea de playa a la rompiente (metros).

La altura de ola se determinó de manera visual realizando 10 mediciones consecutivas en cada intervalo de medición. Para determinar el periodo se cronometró el tiempo acumulado en observar 11 crestas de olas rompientes consecutivas, con lo que luego se sacó un promedio. El ángulo de aproximación del oleaje fue determinado por medio de una brújula ubicada en tierra y el ancho de la zona de surf y la distancia de la línea de playa a la rompiente fueron determinadas de manera visual.

3.3.4.2 Alturas y periodos de olas visuales

Los valores de altura significativa obtenidos mediante las observaciones realizadas en el área de estudio varían entre 0,10 y 2,00 m, siendo las olas con alturas entre 0,4 y 0,80 las más frecuentes como se muestra en la **figura 3.18** a continuación.

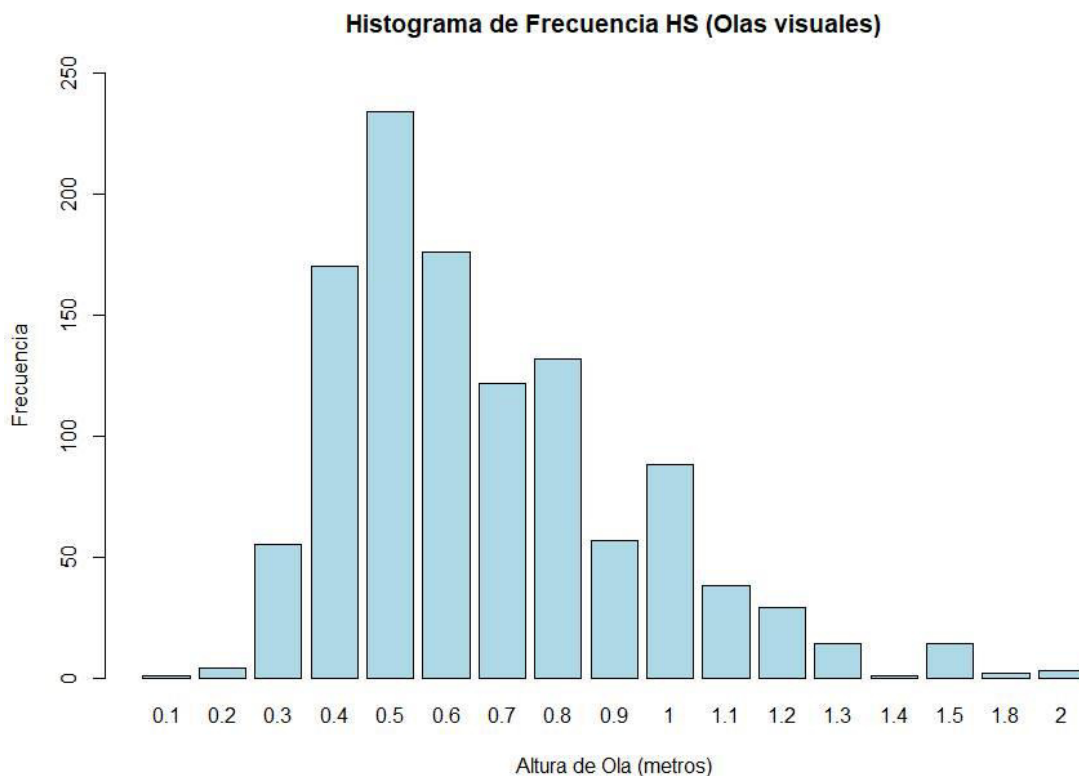


Figura 3.18 Histograma de Frecuencia de Altura Significativa para el Área de Estudio

Elaboración: Las autoras, 2018

El promedio diario de altura de ola visual medida a través de las tres estaciones está en 0,66 m para la fase de cuadratura y 0,69 m para sicigia. En la estación 2 se presentan los mayores valores de altura promedio para la fase de cuadratura y en la estación 3 para la fase de sicigia. Las olas con una altura entre 0,50 y 0,80 son las más frecuentes en ambas fases de marea. (**Ver tabla 3.17**)

Tabla 3.17 Altura promedio de ola rompiente por estación en Libertador Bolívar.

Altura promedio de olas rompientes (m)		
Fase	Promedio Sicigia	Promedio Cuadratura
E1	0,65	0,55
E2	0,70	0,85
E3	0,73	0,56
Total	0,69	0,66

En la tabla a continuación se presentan las máximas alturas de ola rompiente obtenidas mediante las observaciones se encuentran en un rango entre 0,90 m y 1,45 m para cuadratura, y para la fase de sicigia se aprecia un ligero incremento encontrándose en un rango entre 1,25 m y 1.65 m.

Tabla 3.18 Altura máxima de ola rompiente por estación en Libertador Bolívar.

Alturas máximas de olas rompientes (m)		
Fase	Promedio Sicigia	Promedio Cuadratura
E1	1,25	1,10
E2	1,25	1,45
E3	1,65	0,90
Total	1,38	1,15

De igual manera se graficaron las olas visuales por estación correspondientes a las cuatro salidas de campo realizadas en ambas fases de marea; dos en sicigia (16 de junio y 14 de agosto) y dos en cuadratura (7 de julio y 21 de julio). (**Ver Anexo B**)

En lo referente al periodo de ola rompiente los valores promedios obtenidos durante las mediciones realizadas en las tres estaciones se encuentran en un rango entre 11.60 y 15.01 segundos para la fase de cuadratura y entre 13.19 y 15.30 segundos para la fase de sicigia, siendo 14 segundos el periodo más frecuente para ambas fases.

Tabla 3.19 Periodo promedio de ola rompiente por estación en Libertador Bolívar.

Fase	Periodo promedio de olas rompiente (s)	
	Sicigia	Cuadratura
E1	13,77	13,54
E2	15,30	15,01
E2	13,19	11,60
Total	14,09	13,39

Los datos confirmaron que Playa Bruja está expuesta a un oleaje de alta energía, con olas rompientes que pueden sobrepasar el metro de altura. Comparando las dos fases de marea, se pudo observar que mayores valores de altura de ola rompiente se encontraban en la fase de marea de sicigia con un rango entre 1.25 y 1.65 m, lo que puede ser debido a que durante los aguajes la profundidad de agua es mayor, por lo que permite el ingreso de olas más altas hasta el enrocado, lo mismo sucede cuando se dan las sobreelevaciones del nivel del mar por el fenómeno de El Niño.

3.1.4.2 Dirección olas rompientes

La alineación de la línea de playa con respecto al norte geográfico para cada una de las tres estaciones es la siguiente:

Tabla 3.20 Alineación de la línea de playa en Libertador Bolívar.

Estación	Alineación de línea de Playa (°)
E1	12,4
E2	4,5
E2	7,5

3.3.5 Probabilidad de retorno de altura de ola

Para el cálculo estadístico de la altura de la ola extrema correspondiente a los periodos de retorno de 1, 10, 25, 50 y 100 años se utilizaron los métodos probabilísticos de Drapper, Weibull y Log-log, basándose en los datos de altura y periodo de las olas de

viento en aguas profundas generados por el modelo WAVEWATCH III TM encontrado en la página web buoyweather.com y cuya interfaz se muestra en la siguiente figura.

YEAR: 2009

MONTH: 1

DAY: 4

HOUR: 0

Chart center: Latitude -3.0

Longitude -81.25

RE-CENTER

-PREVIOUS

ZOOM IN

ZOOM OUT

- 24 hrs

- 12 hrs

- 6 hrs

- 3 hrs

+ 3 hrs

+ 6 hrs

+ 12 hrs

BUOYWEATHER.COM Surf Hindcast

Location : 3.0S 81.25W

		SURF	SURF DIR	SWELL	PERIOD	WIND	WND/DIR
		(m)	(deg)	(m)	(sec)	(kts)	(deg)
		-----	-----	-----	-----	-----	-----
JAN-04-2009	00Z	1 - 3	SW 214	1.8	16.0	9 - 13	WSW 230
JAN-04-2009	03Z	1 - 3	SW 214	1.9	15.8	8 - 11	WSW 232
JAN-04-2009	06Z	1 - 3	SW 216	1.9	15.4	9 - 12	WSW 233
JAN-04-2009	09Z	1 - 3	SW 216	1.9	15.0	10 - 13	WSW 232
JAN-04-2009	12Z	1 - 3	SW 215	1.9	14.8	8 - 11	SW 222
JAN-04-2009	15Z	1 - 3	SW 215	1.8	14.7	5 - 7	SW 225
JAN-04-2009	18Z	1 - 3	SW 215	1.8	14.7	4 - 6	WSW 231
JAN-04-2009	21Z	1 - 3	SW 214	1.8	14.6	11 - 15	WSW 252
JAN-05-2009	00Z	1 - 3	SW 214	1.8	14.6	11 - 15	WSW 235
JAN-05-2009	03Z	1 - 2	SW 213	1.7	14.5	8 - 12	SW 216
JAN-05-2009	06Z	1 - 2	SW 213	1.7	14.4	8 - 10	SW 212
JAN-05-2009	09Z	1 - 2	SW 216	1.6	14.0	6 - 8	SSW 208
JAN-05-2009	12Z	1 - 2	SW 216	1.6	13.6	8 - 11	SSW 199
JAN-05-2009	15Z	1 - 2	SW 215	1.5	13.4	6 - 8	SSW 206
JAN-05-2009	18Z	1 - 2	SW 215	1.5	13.3	9 - 12	SW 222

Figura 3.19 Hindcast de buoyweather.com

Fuente: NOAA, 2018

En la **figura 3.19** se muestran las variables que buoyweather.com entrega en su sitio web, que son: **(1) Surf** que se refiere a la ola que rompe en la playa después de haber viajado desde su zona de generación (swell). Se muestra un rango de altura de ola (Hsmax y Hsmin), como la dirección en grados magnéticos. **(2) Swell** que equivale a Hs, es decir es una estimación de la altura de las olas que viajan cercanos a la costa, desde su zona de generación (swell), hasta la zona de rompiente. Se muestra además el período de la ola de swell y **(3) Winds** que muestra un rango de Vmax y Vmin del viento, además de su dirección, en grados magnéticos.

A continuación, se muestran los pasos seguidos para el cálculo de la altura de ola extrema.

1. Set de datos

El set de datos utilizado para este proyecto tiene un punto de grilla de 2° S - 279° W, con un periodo de 9 años de datos (2006 - 2014) y una resolución de 3 HR, 0.5° . Este modelo genera un dato cada tres horas, es decir 8 datos diarios, por lo que para los 9 años se obtiene un set de 26,270 datos.

2. Procesamiento de datos preliminar

Con el fin de caracterizar el set de datos, se determinaron los valores de mayor frecuencia de altura de ola significativa (H_s), dirección de aproximación ($^{\circ}$) y periodo de ola (T), los mismos que serán necesarios para el posterior análisis de refracción. Para esto se utilizó el programa de análisis de datos MATLAB, obteniendo los histogramas de frecuencia que se muestran a continuación.

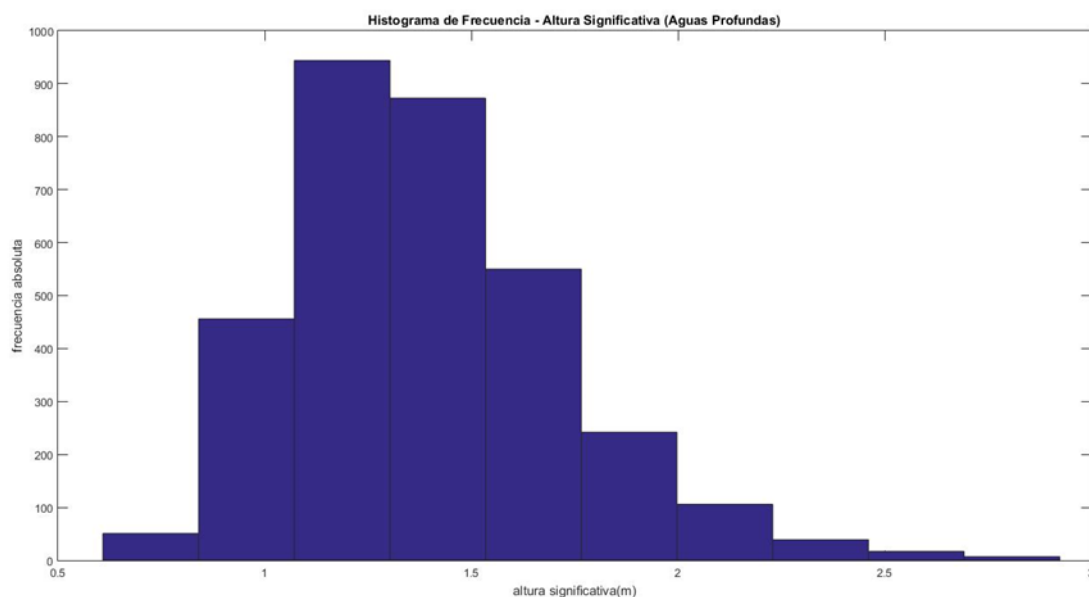


Figura 3.20 Histograma de Frecuencia de H_s del swell

Elaboración: Las autoras, 2018

El rango de valores más frecuente de altura de ola significativa se encuentra entre 0.75 y 1.75 m, siendo la altura más frecuente $H_s = 1.2$ m y la altura promedio $H_{s\text{prom}} = 1.4$ m.

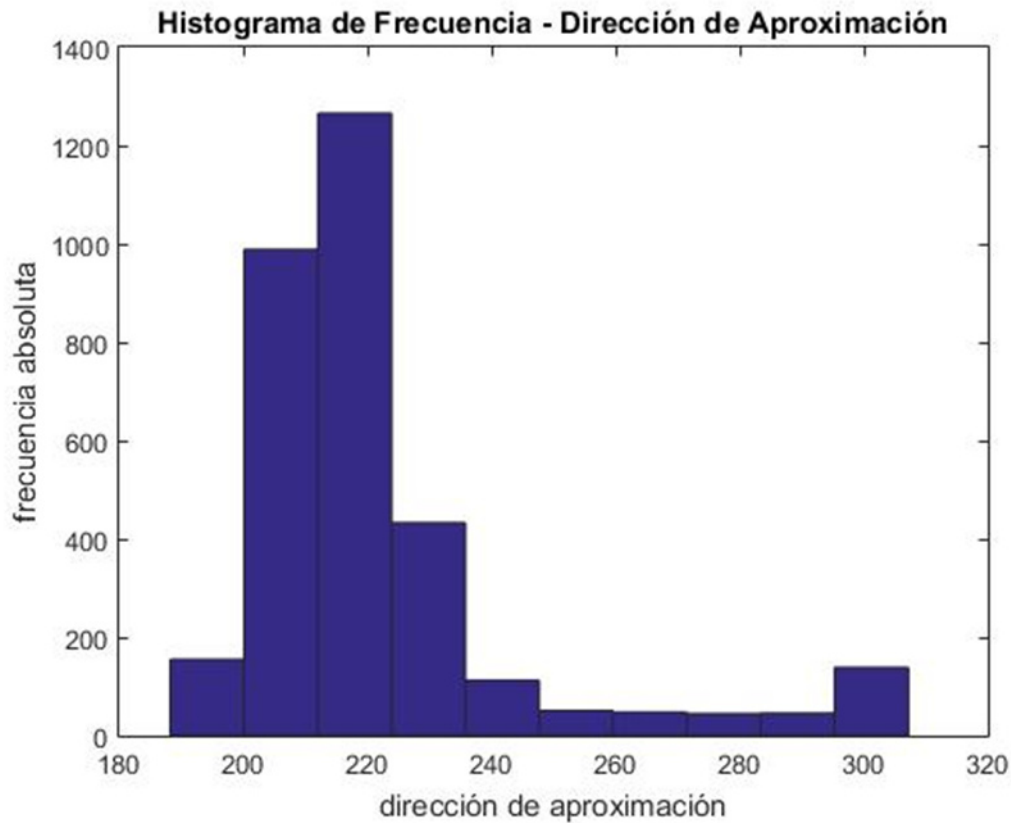


Figura 3.21 Histograma de Frecuencia de la dirección de aproximación del swell

Elaboración: Las autoras, 2018

Los valores de ángulo de aproximación más frecuentes se encuentran en un rango entre 200° y 230° siendo el más frecuente el ángulo de 220° . Sin embargo, aunque el ángulo de 300° no es tan frecuente es importante debido a que corresponde a un oleaje proveniente del norte considerado como extremo o de tormenta, ya que puede provocar efectos erosivos en la costa y en coincidencia con aguajes o con la presencia del fenómeno de El Niño sus efectos se pueden ver incrementados.

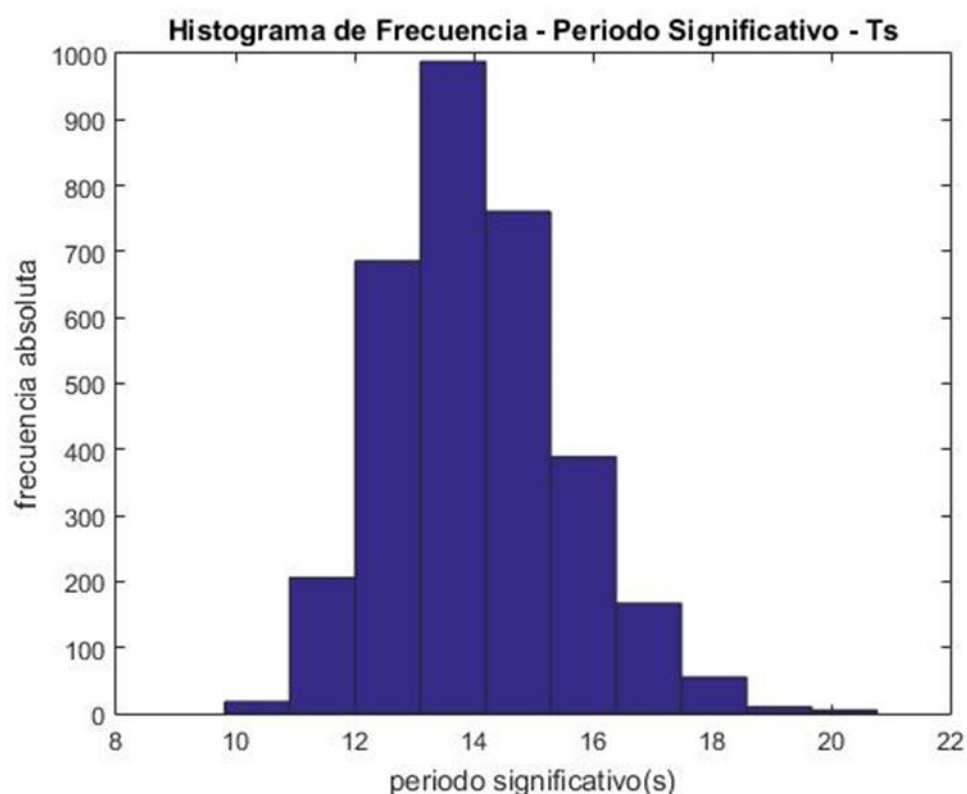


Figura 3.22 Histograma de Frecuencia de T del swell

Elaboración: Las autoras, 2018

En cuanto al periodo significativo, los valores más frecuentes se encuentran en un rango entre 12 y 15 s, siendo el más frecuente el periodo de 14 s.

3. Refracción

Para realizar el análisis de refracción por batimetría se utilizó la metodología establecida por el Manual de Protección Costera (USACE, 1975), para la cual se requiere: la batimetría del área de estudio, un ángulo de aproximación del oleaje y un periodo de ola. Para este proyecto se escogieron los valores más frecuentes y los correspondientes a un oleaje de tormenta (220° , 300° , $T=14$ s, $T=16$ s). Obteniéndose las siguientes configuraciones:

- 220° , $T=14$ s (ver Figura 2.23)
- 220° , $T=16$ s (ver Figura 2.24)
- 300° , $T=14$ s (ver Figura 2.25)
- 300° , $T=16$ s (ver Figura 2.26)

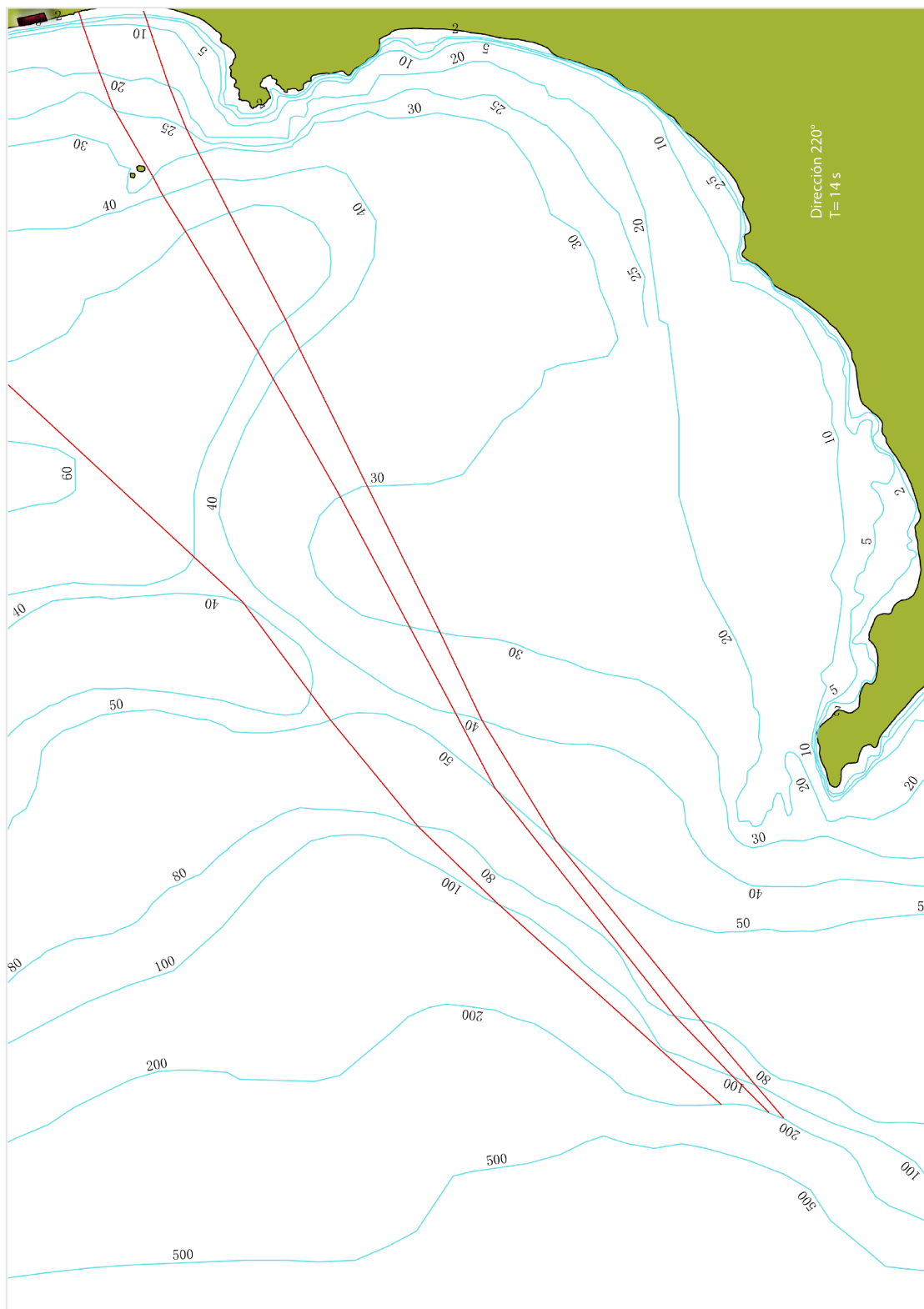


Figura 3.23 Refracción correspondiente a un ángulo de aproximación de 220° y un periodo de $T=14$ s.

Elaboración: Las autoras, 2018

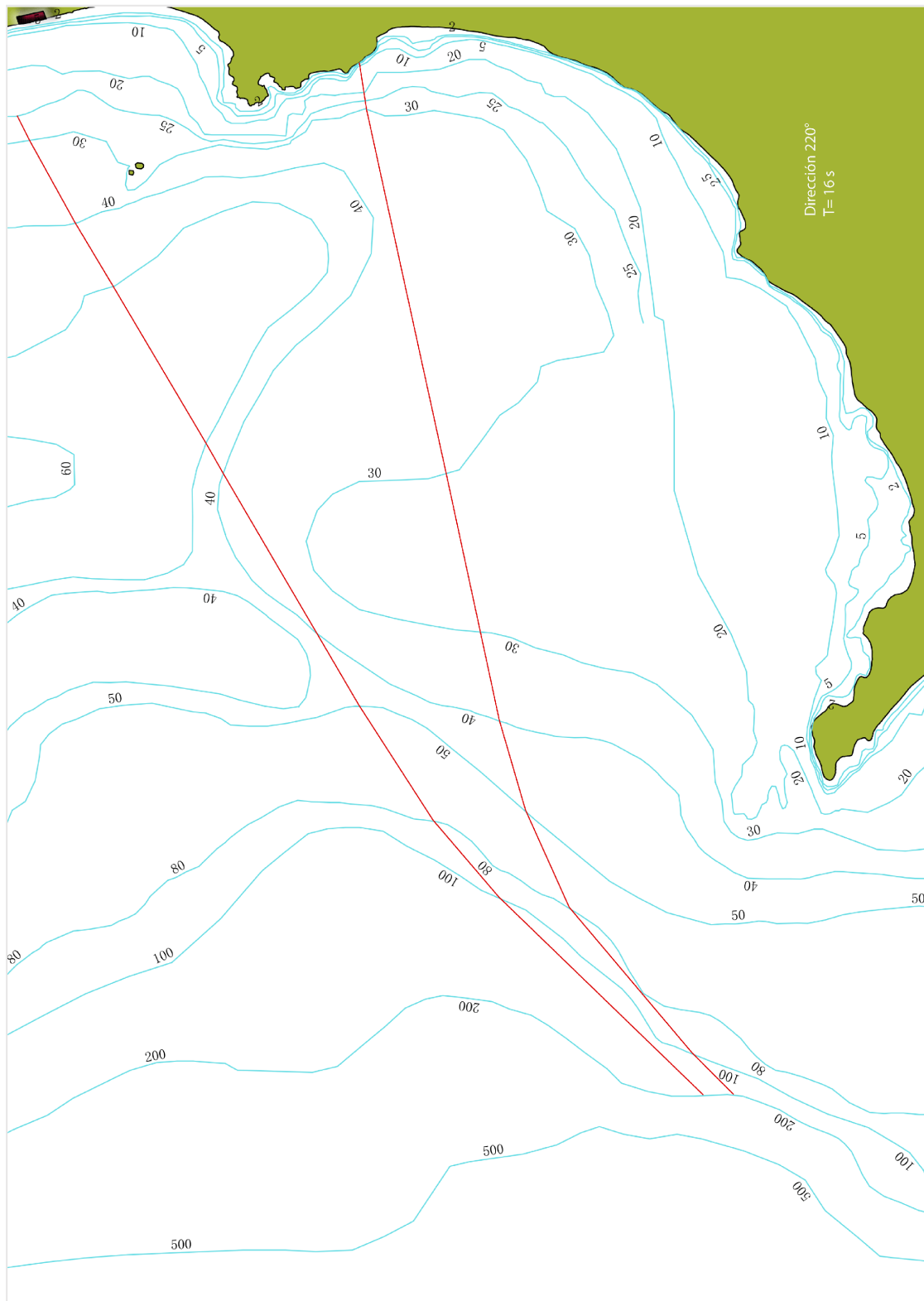


Figura 3.24 Refracción correspondiente a un ángulo de aproximación de 220° y un periodo de T=16s.

Elaboración: Las autoras, 2018



Figura 3.25 Refracción correspondiente a un ángulo de aproximación de 300° y un periodo de T=14 s.

Elaboración: Las autoras, 2018

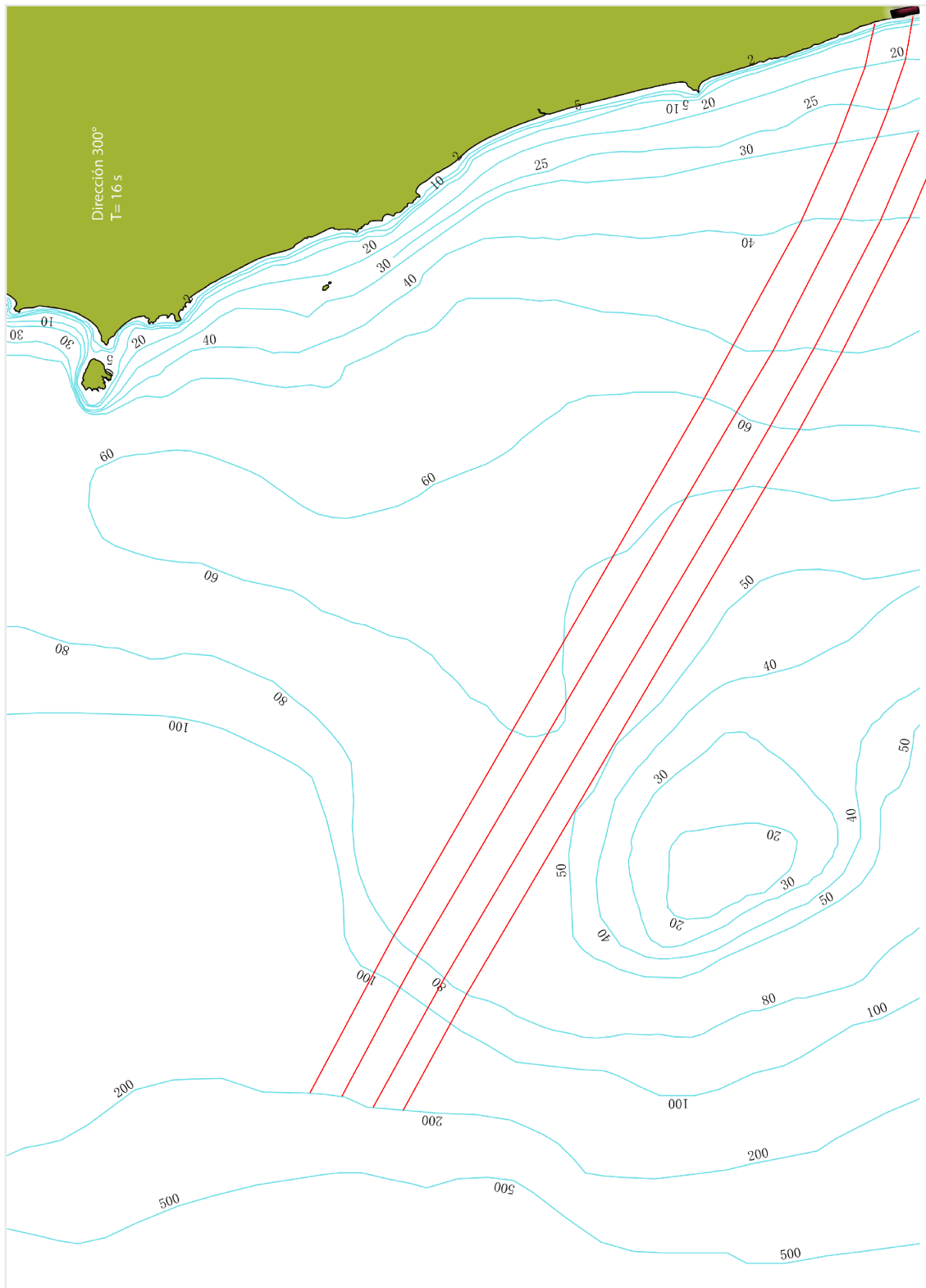


Figura 3.26 Refracción correspondiente a un ángulo de aproximación de 300° y un periodo de T=16 s.

Elaboración: Las autoras, 2018

Los coeficientes de refracción utilizados para este análisis se encuentran adjuntados en el **Anexo C**.

Una vez realizadas las refracciones para cada una de las condiciones de oleaje escogidas, se procedió a calcular el coeficiente de refracción K_r (**ver tabla 3.21**), el cual varía de acuerdo al ángulo de aproximación de la ola y el periodo de la misma y el coeficiente de shoaling K_s (**ver tabla 3.22**), el cual solamente varía de acuerdo al período.

De acuerdo al Manual de Protección Costera (USACE, 2003) la fórmula para el cálculo del coeficiente de refracción es:

$$k_r = \sqrt{\frac{b_o}{b}} \quad (2.4)$$

Donde,

b_o se refiere a la distancia entre las ortogonales resultantes en aguas profundas y

b se refiere a la distancia entre ortogonales en aguas someras.

Tabla 3.21 Coeficientes de refracción K_r definidos para los periodos $T = 14, 16$, y para los ángulos de 220 Y 300.

Ángulo	T14	T16
220	0,559	0,2686
300	0,953	0,9045

Y la fórmula para el coeficiente de shoaling:

$$K_s = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{1}{n} \frac{C_0}{C}} \quad (3.2)$$

Tabla 3.22 Coeficientes de asomeramiento K_s definidos para los periodos $T=14, 16$ s.

T14	T16
1,240	1,315

4. Transformación de datos de olas de aguas profundas a aguas someras

Luego de calcular los valores de K_r se procedió a determinar la altura de ola H a una profundidad de 6m (aguas someras), mediante la fórmula (3.3), la cual permite transformar una altura de ola en aguas profundas a una altura de ola en aguas someras.

La expresión es la siguiente:

$$\frac{H}{H_o} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{n}\right)\left(\frac{C_o}{C}\right)} \sqrt{\frac{b_o}{b}} \quad (3.3)$$

En donde,

$[(1/2) (1/n) (C_o/C)]^{1/2}$ se refiere al coeficiente de shoaling o de fondo K_s

$(b_o/b)^{1/2}$ se refiere al coeficiente de refracción K_r

H es altura de ola en aguas someras

Por lo que la ecuación se resumiría en la siguiente expresión:

$$H = K_s K_r H_o \quad (3.4)$$

Debido a que el set de datos de alturas de olas en aguas profundas es bastante extenso, se decidió trabajar con MATLAB, desarrollándose el script que se muestra en el **Anexo D**.

5. Análisis Estadístico

Utilizando el programa Excel se procedió a realizar el análisis estadístico de los datos en aguas someras, donde se calcula se realiza lo siguiente:

1. Obtener tabla de frecuencias y valor medio del intervalo de clase a partir de los datos de Hs (aguas someras)
2. Obtener frecuencia relativa (probabilidad P)
3. Obtener probabilidad de excedencia (1-P)
4. Graficar los valores de valor medio y (1-P), de ser necesario se descartan los valores que extremos, tratando de obtener una curva homogénea
5. Se copian las columnas de valor medio (en centímetros) y probabilidad, luego se las lleva a Matlab para aplicar la función designwave4

6. Matlab

Haciendo uso de la función designwave4 en Matlab se calculan las alturas de olas extremas para los periodos de retorno de 1, 25, 50 y 100m, según los métodos probabilísticos de Drapper (**ver figura 3.27**), Weibull (**ver figura 3.28**), Log - log (**ver figura 3.29**).

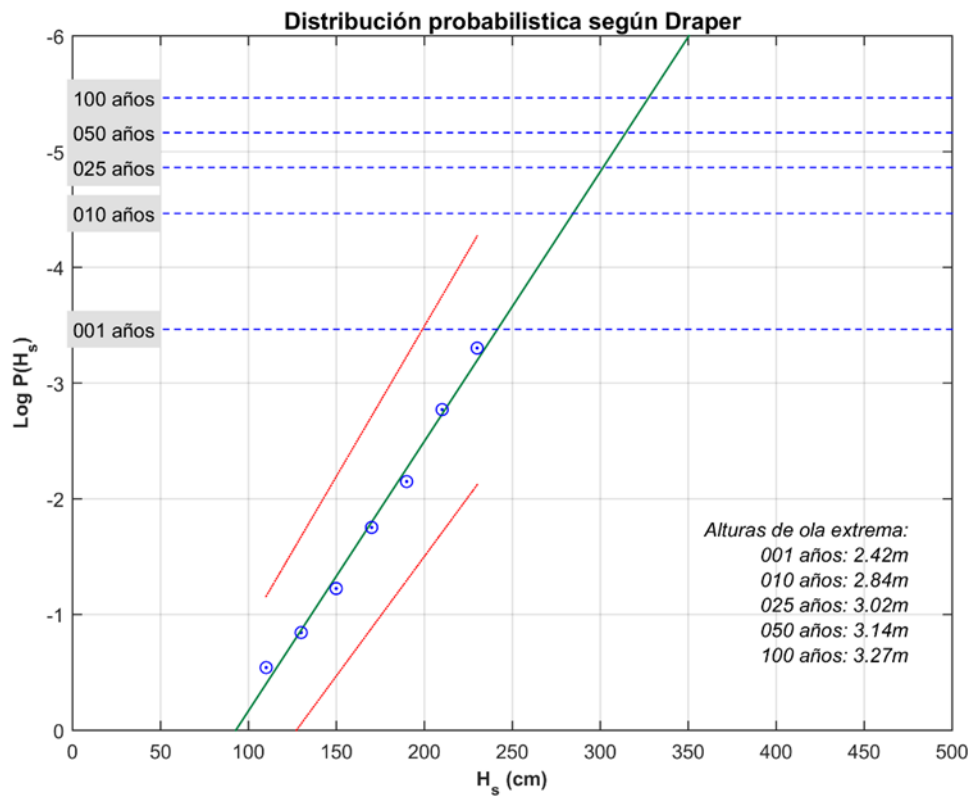


Figura 3.27 Método de extrapolación según Draper

Elaboración: Las autoras, 2018

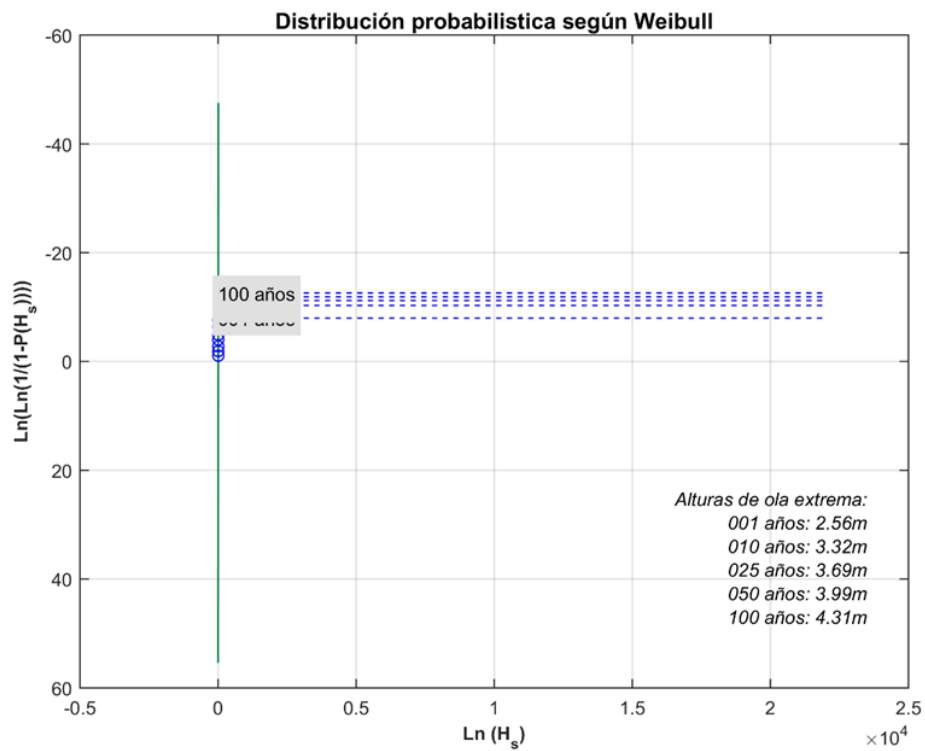


Figura 3.28 Método de extrapolación según Weibull

Elaboración: Las autoras, 2018

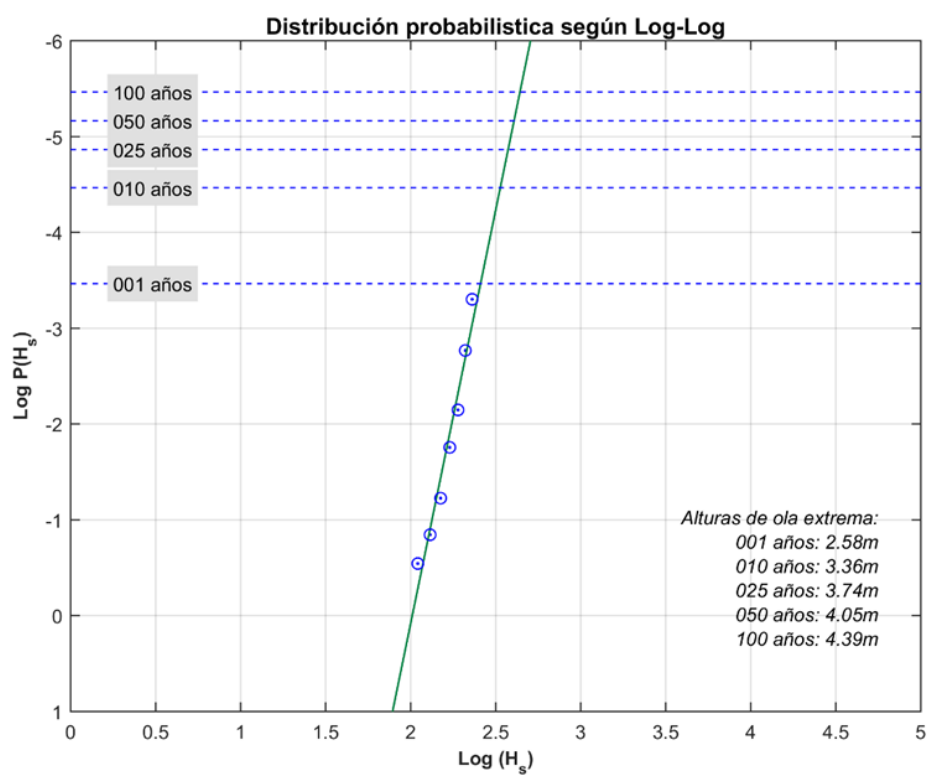


Figura 3.29 Método de extrapolación según Log.Log

Elaboración: Las autoras, 2018

3.4 Perfil del Playa

El perfil de playa nos permite determinar la inclinación o pendiente que presenta la playa en un ancho determinado; es decir, cuantas unidades horizontales le corresponde una unidad de descenso o aumento vertical. Un estudio periódico de perfil de playa nos permitirá determinar si existen procesos acresivos o erosivos, así como la variación estacional del perfil de playa; para el presente proyecto el cálculo de perfil de playa nos permitirá determinar diferentes variables que influyen en el diseño como la altura de ola rompiente y la profundidad donde rompería esa ola.

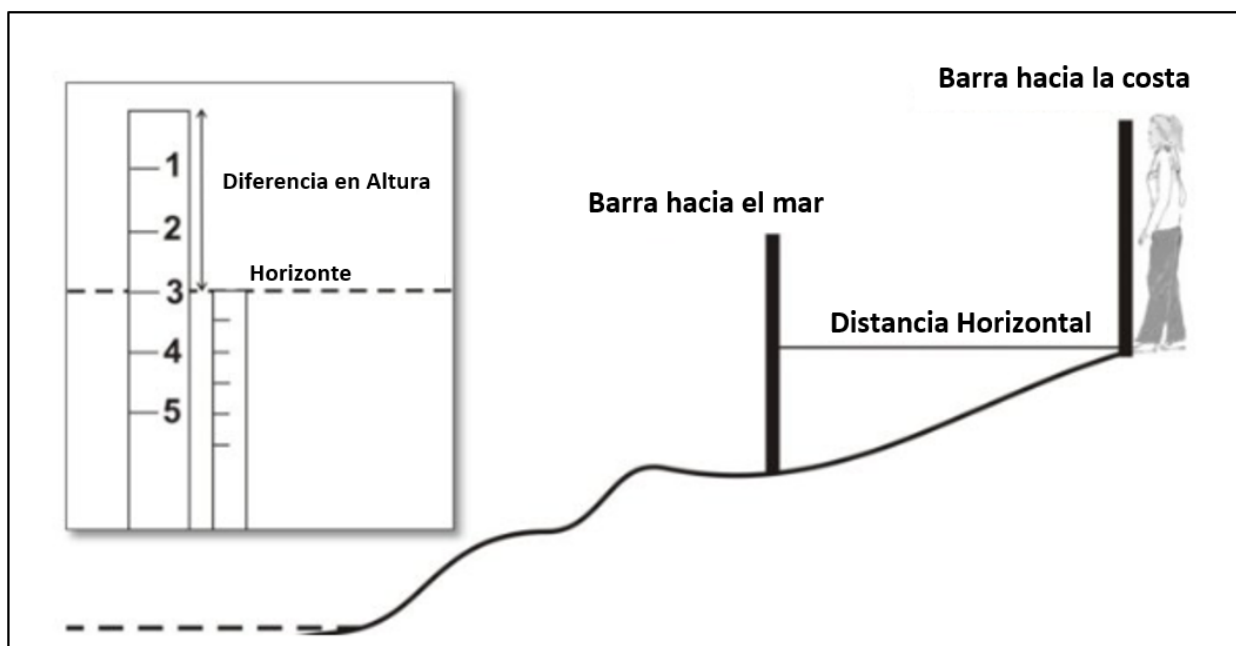


Figura 3.30 Diagrama método Emery

Fuente: Adaptado de “Método de Emery par perfilado de playa) (Ajeng Larasati Dhandhun Wacano, 2013)

Los levantamientos de perfiles de playa se realizaron tanto en sicigia (16 de junio del 2018) como cuadratura (7 de Julio del 2018) en cada una de las estaciones previstas para mediciones de características litorales, obteniendo tres perfiles por salida. El método escogido fue “Emery”, este es un método simple basado en el uso de dos barras, marcadas en una unidad dada (pies o centímetros), cuya alineación y lectura de la intersección con el horizonte permitiría determinar las diferencias de nivel a lo largo del perfil de playa (Emery, 1961). La ubicación de los perfiles A, B y C se muestran en la **figura 3.31** y corresponden a las estaciones 1, 2 y 3 respectivamente.

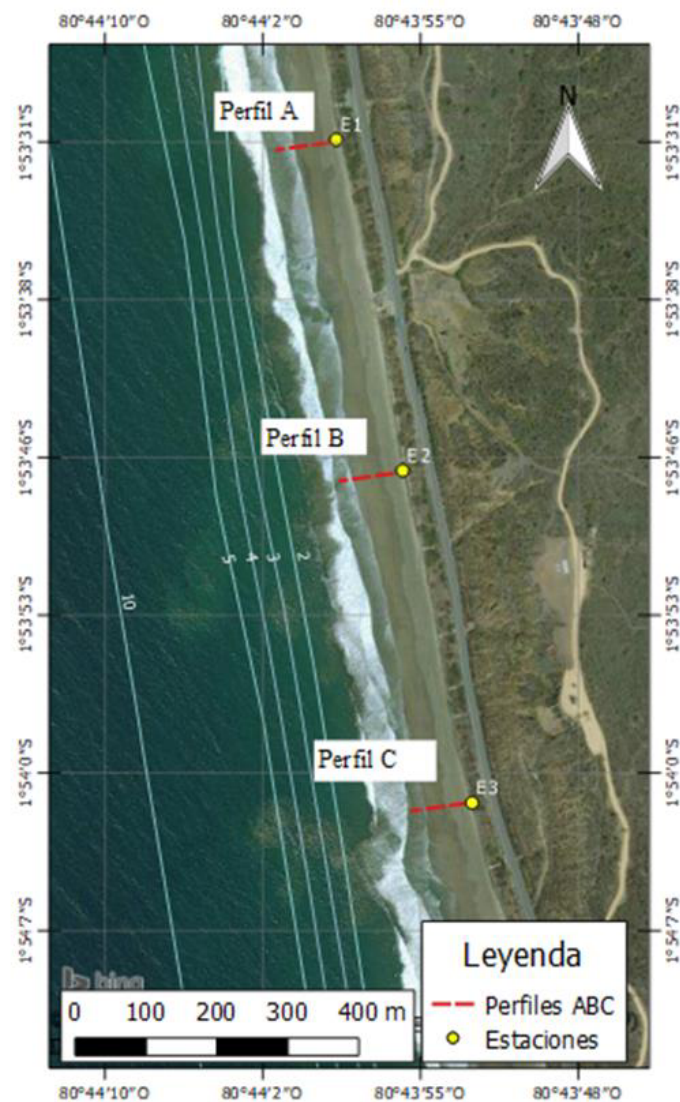


Figura 3.31 Ubicación de los perfiles A, B y C

Elaboración: Las autoras, 2018

De acuerdo con la clasificación de los tipos de pendientes encontrada en el manual “Army Water Transport Operations” (Departamento de la Armada de Estados Unidos, 1995), estas se pueden clasificar en: empinada, moderada, suave, leve y plana (ver **tabla 3.23**). De acuerdo con las mediciones realizadas en sicigia y el procesamiento de dicha información se puede determinar que la playa presenta una pendiente suave (1:30 - 1:60). Las mediciones realizadas en cuadratura muestran que la pendiente cambia de suave a moderada (1:15 - 1:30). Los resultados gráficos se pueden observar en las **figuras 3.32 – 3.37**, así como en las **tablas 3.24 y 3.25**

Tabla 3.23 Tipos de pendientes

Tipos de pendientes	
Empinado	> 1:15
Moderado	1:15 - 1:30
Suave	1:30 - 1:60
Leve	1:60 - 1:120
Plano	< 1:120

Fuente: (Departamento de la Armada de Estados Unidos, 1995)

A continuación, se muestran los resultados de las mediciones de pendiente que se realizaron durante la fase lunar de sicigia (16/junio/2018), se muestran los gráficos de las pendientes obtenidas en cada estación (1, 2 y 3) para posteriormente calcular las relaciones de unidad vertical y recorrido horizontal necesarias para relacionarlas con la clasificación de pendientes provista por el Departamento de la Armada de Estados Unidos en su manual manual “Army Water Transport Operations”.

3.4.1 Resultados de perfil de playa en sicigia (16/junio/2018)

Tabla 3.24 Tipos de pendientes

Perfiles	Pendiente (%)			Unidad Vertical vs Recorrido Horizontal
Perfil A	2,71	0,0271	36,90037	1:37
Perfil B	2,61	0,0261	38,31418	1:38
Perfil C	2,74	0,0274	36,49635	1:36

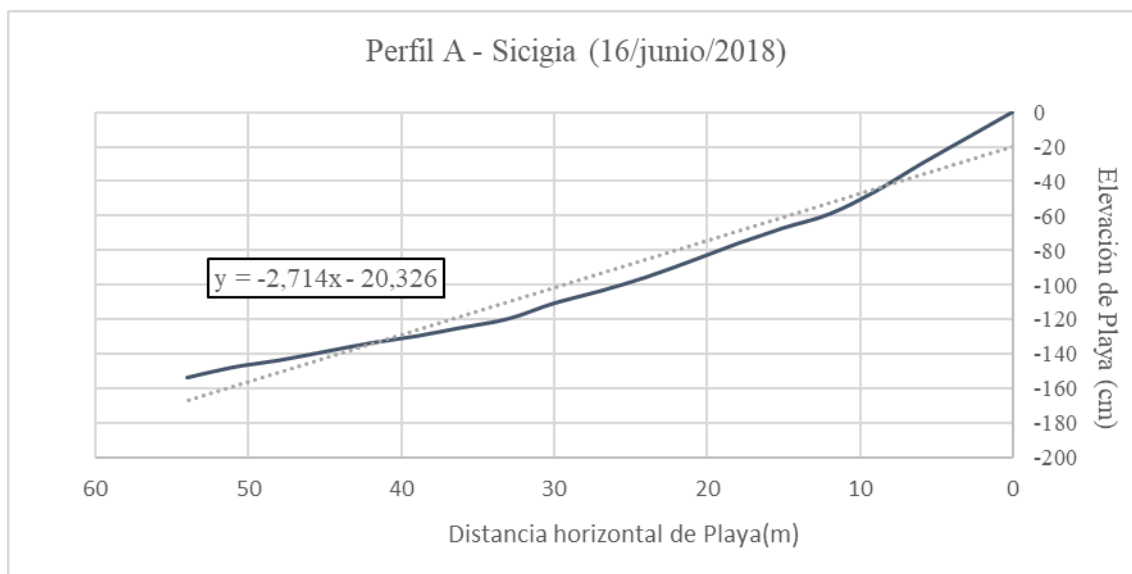


Figura 3.32 Perfil de playa “Perfil A” – Sicigia (16/junio/2018)

Elaboración: Las autoras, 2018

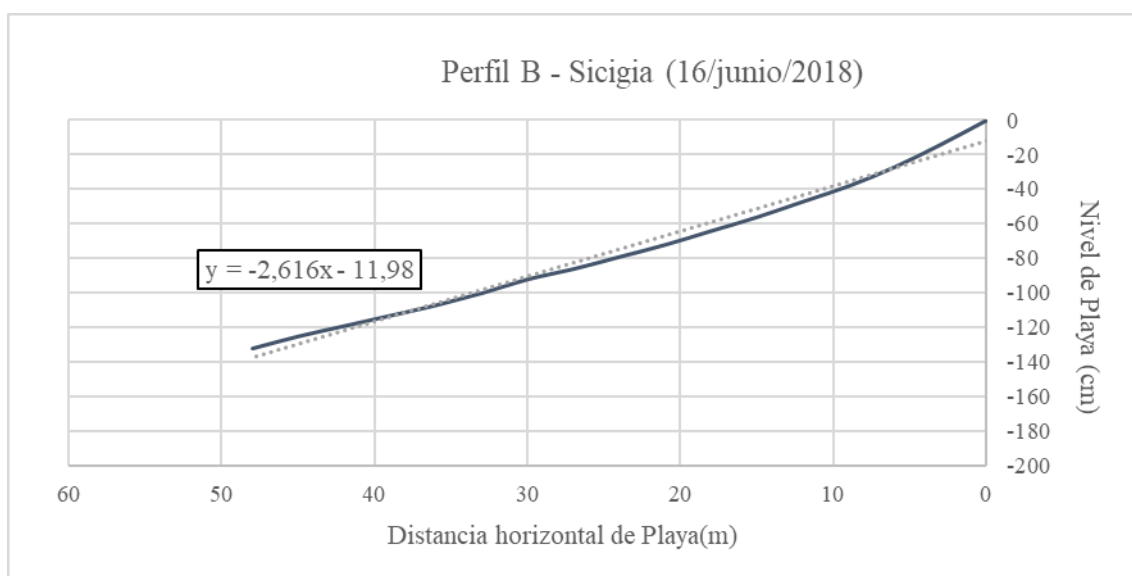


Figura 3.33 Perfil de playa “Perfil B” – Sicigia (16/junio/2018)

Elaboración: Las autoras, 2018

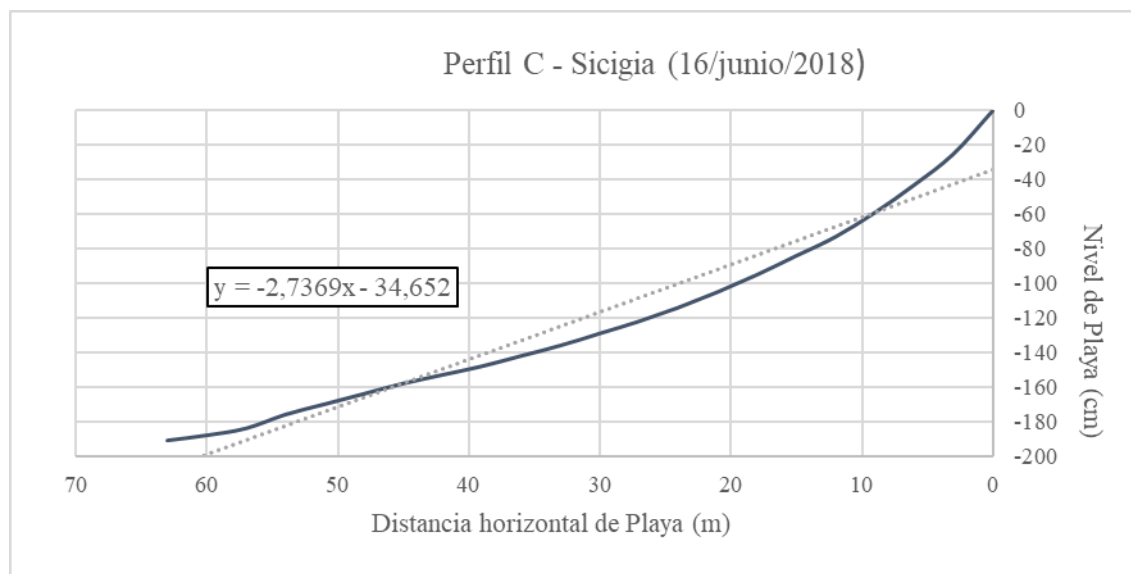


Figura 3.34 Perfil de playa “Perfil C” – Sicigia (16/junio/2018)

Elaboración: Las autoras, 2018

De igual manera, se muestran los resultados de las mediciones de pendientes que se realizaron durante la fase lunar de cuadratura (7/julio/2018), estas mediciones se realizaron durante la fase de reflujo, por lo que solamente se pudieron tomar mediciones de pendiente hasta los 30m horizontales, a diferencia de las mediciones en sicigia que se realizaron durante marea baja y se pudieron tomaron mediciones hasta los 60-65 metros.

3.4.2 Resultados de perfil de playa en cuadratura (7/julio/2018)

Tabla 3.25 Resultados de pendientes en los perfiles A, B y C Cuadratura (7/julio/2018)

Perfiles	Pendiente (%)			Unidad Vertical vs Recorrido Horizontal
Perfil A	5,2841	0,052841	18,9247	1/19
Perfil B	4,0456	0,040456	24,71821	1/25
Perfil C	4,2662	0,042662	23,44006	1/23

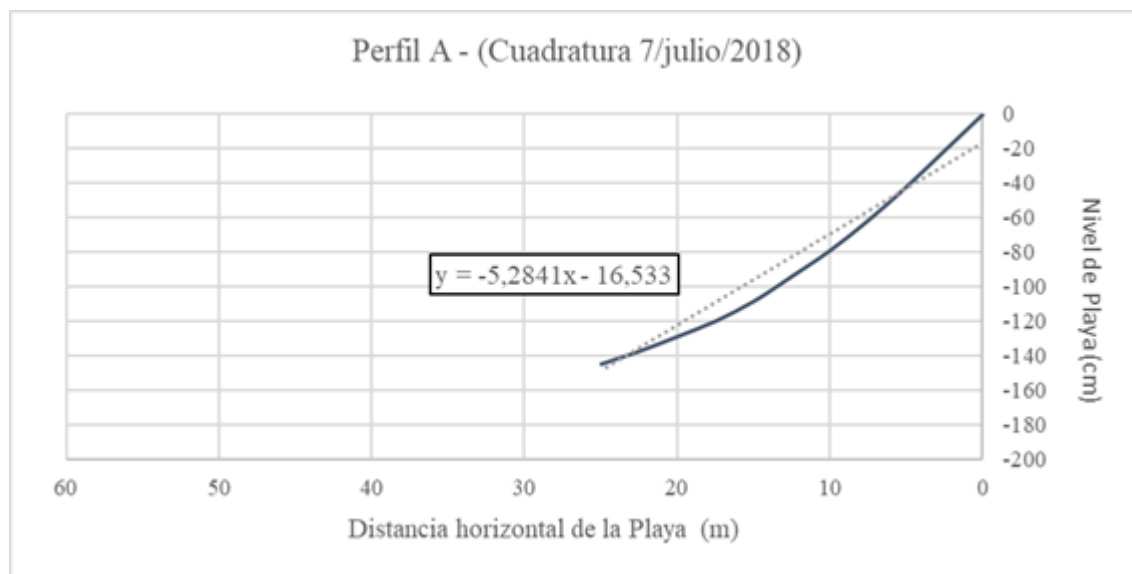


Figura 3.35 Perfil de playa “Perfil A” – Cuadratura (/julio/2018)

Elaboración: Las autoras, 2018

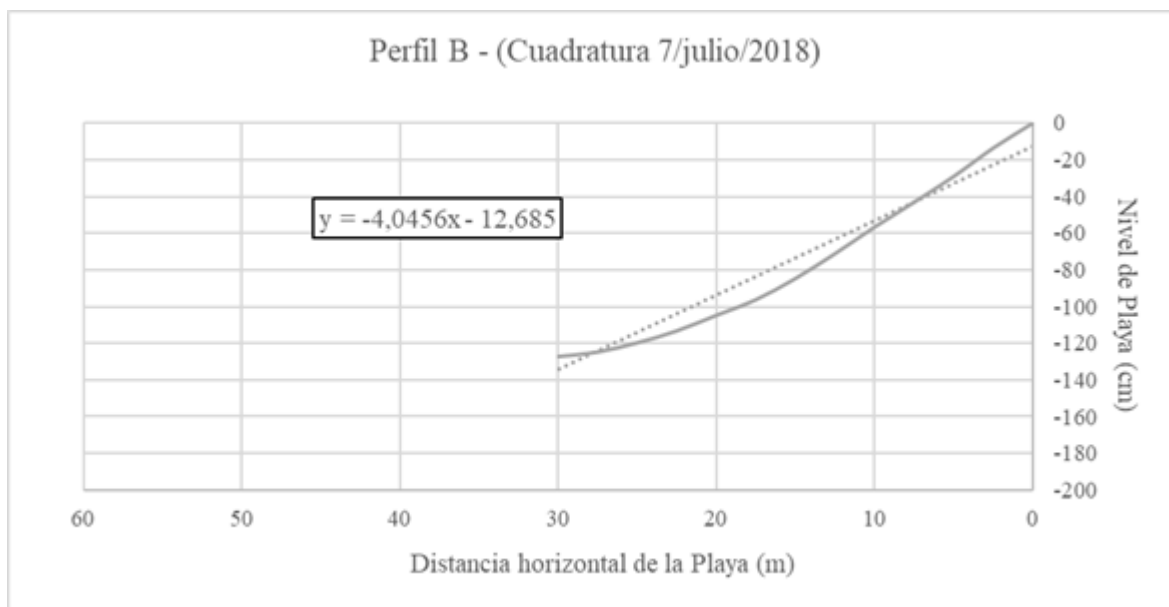


Figura 3.36 Perfil de playa “Perfil B” – Cuadratura (/julio/2018)

Elaboración: Las autoras, 2018

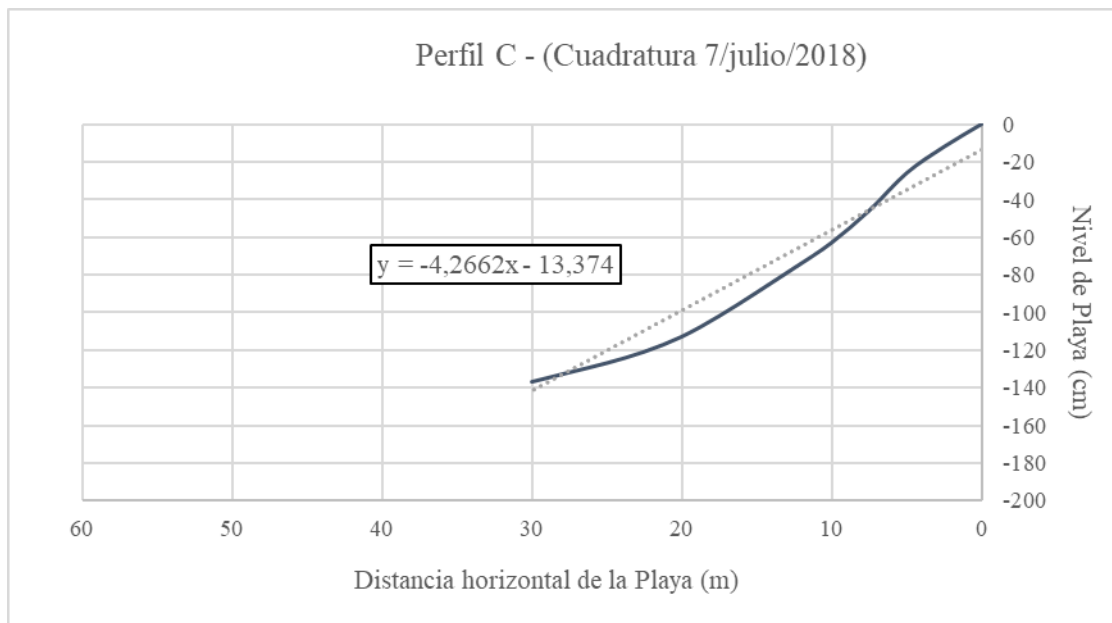


Figura 3.37 Perfil de playa “Perfil A” – Cuadratura (/julio/2018)

Elaboración: Las autoras, 2018

Debido a lo observado en el campo, se puede determinar que la tendencia de la pendiente de playa en Playa Bruja es suave y considerando que es una costa recta, hace que esta playa sea inundable en su totalidad con el aumento de la marea, en especial en periodos de sicigia donde se producen los denominados aguajes. Para propósitos de cálculos posteriores se determinó que el valor de pendiente m a utilizar es de 1:37, el cual corresponde al promedio de las pendientes en sicigia, se tomó la decisión de tomar estos valores debido a que es en la fase lunar de sicigia donde se presentan las condiciones más críticas del oleaje.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS CONCEPTUALES DEL PROYECTO

En este capítulo, se proponen varias alternativas conceptuales que buscan enfrentar la problemática que se da en Playa Bruja, considerando que una de estas alternativas es no llevar a cabo proyecto alguno. La selección de la mejor alternativa se realizó en base a la metodología de Análisis de Compensaciones ó “TRADE-OFF” (Canter, 1998; Garmendia et al, 2005). Para este análisis es necesario comparar cada alternativa respecto a una serie de factores de decisión y para este caso, se consideraron los siguientes: protección costera, costo de construcción y beneficio económico.

4.1 Propuestas de Alternativas del Proyecto

4.1.1 Alternativa 1: Reconstrucción del Muro de Contención Actual

Esta alternativa comprende la reconstrucción del muro de contención tipo enrocado ya existente en Playa Bruja, el cual se encuentra ubicado a lo largo de los 1.8 km al pie del acantilado. Al igual que en la estructura actual su función principal será proteger el acantilado de la socavación producida por el embate del oleaje incidente.

El método constructivo para esta alternativa se basará en la acomodación de las rocas, con ayuda de equipos mecánicos como tractores, cargadores frontales, grúas o retroexcavadores y no se permitirá el volteo, para de esta manera generar mayor estabilidad en la estructura y alargar su vida útil.



Figura 4.1 Condición actual del muro de contención

Fuente: Las autoras, 2018

4.1.2 Alternativa 2: Rompeolas costa afuera

La segunda alternativa comprende la construcción de un sistema de rompeolas costa afuera tipo enrocado, ubicados de tal manera que cubran la sección más afectada de Playa Bruja, de las visitas de campo se pudo determinar que la zona más afectada se encuentra al norte de Playa Bruja, en coincidencia con el comienzo del muro de contención, por esta razón se decidió que se protegerá la mitad norte, es decir aproximadamente 900 metros, para esto se propone la construcción de cinco escolleras de 120 metros cada una con una separación entre ellas de 80 metros, y dejando la posibilidad de expansión del proyecto a futuro en caso de ser necesario. Su objetivo principal será reducir el riesgo costero mediante la disminución de la energía del oleaje incidente y recuperar playa mediante la formación de salientes.

Definiendo el riesgo costero como las posibles pérdidas y daños personales, materiales, económicos y ambientales que podrían causar algún peligro particular de origen natural o antropogénico en una zona costera durante un periodo determinado (ANCORIM, 2017), se puede decir que la implementación de esta alternativa permitiría reducir el riesgo costero mediante:

(1) La reducción del peligro de socavamiento del acantilado, protegiendo así la carretera que forma parte de la Ruta del Spondylus.

(2) La disminución de la vulnerabilidad de las construcciones al pie de la playa por causa del constante embate del oleaje en la costa, protegiendo así la capacidad económica del sector, puesto que esta zona está principalmente compuesta de restaurantes y espacios turísticos.

(3) La disminución de la probabilidad de sufrir algún accidente relacionado con la alta intensidad del oleaje, como por ejemplo ahogamiento.

Además, la posible recuperación de playa combinada con una zona de aguas calmas producida por la presencia del sistema de rompeolas fomentaría la gestión y uso recreativo de la playa, potenciando de este modo las actividades turísticas y generando beneficios socioeconómicos para la comunidad.

Se debe tomar en cuenta que el costo de construcción de una estructura costa afuera es mucho mayor que el de una estructura sobre la costa, debido a mayores costos logísticos, al transporte de materiales al sitio (uso de barcazas), al tipo de maquinaria, entre otros; es por esto que se considera que esta alternativa tendría un costo referencial alto.

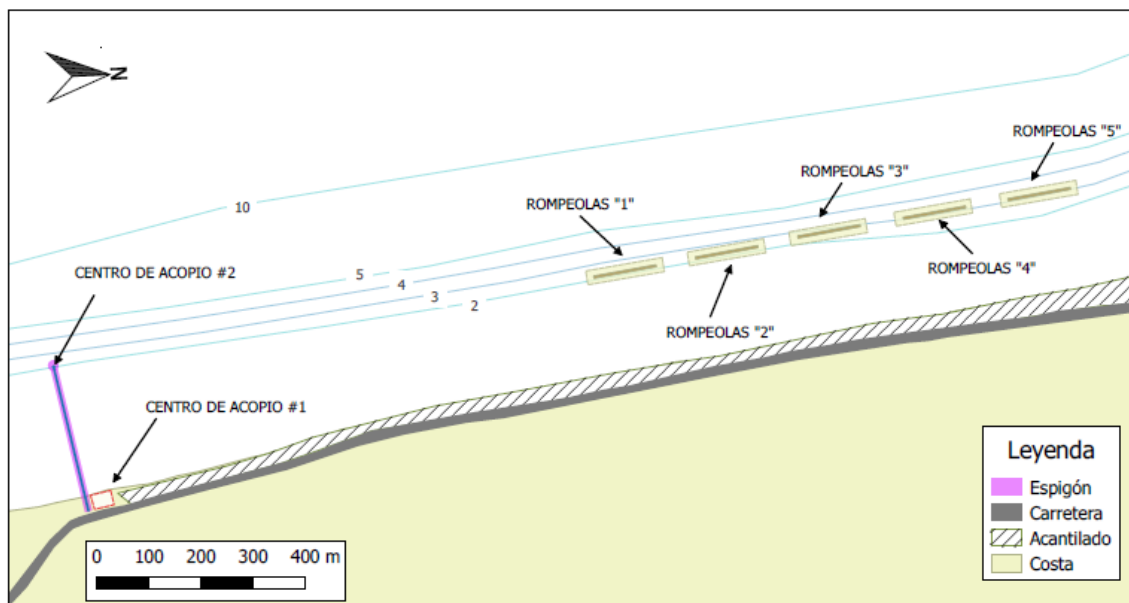


Figura 4.2 Alternativa 2
Elaboración: Las autoras, 2018

4.1.3 Alternativa 3: Mantener la situación actual en Libertador Bolívar

Por último se considera el escenario en el cual no se realiza proyecto alguno, en este caso el muro que protege el acantilado de Playa Bruja seguirá deteriorándose a causa del embate del oleaje hasta llegar a un punto en el cual pierda total funcionalidad y el oleaje afecte directamente al acantilado, produciendo socavamiento y con esto el debilitamiento del mismo, poniendo en peligro directo a las construcciones que se encuentran sobre él y parte de la carretera de la Ruta del Spondylus.

4.2 Socialización

El jueves 9 de agosto del 2018 se realizó un taller de socialización del presente proyecto en la casa comunal de Libertador Bolívar, con los principales objetivos de: **(1)** Determinar las necesidades de la comunidad de Libertador Bolívar respecto a su relación con Playa Bruja; **(2)** Evaluar las posibles soluciones junto con la comunidad y determinar cuál es su posición ante ellas. En el **Anexo E** se encuentra un esquema del taller realizado paso a paso, lista de participantes, y un acta firmada por los representantes de la comuna acerca de las actividades realizadas.

Los principales hallazgos encontrados durante el taller fueron:

- ✓ Un participante comentó que él formó parte del grupo de obreros que trabajaron en la construcción del muro de contención, y que las actividades de formación de coraza se realizaron mediante volteo y sin la protección adecuada para los trabajadores. Este hallazgo brinda una idea de las razones por las cuales el muro actualmente ha perdido funcionalidad.
- ✓ Las actividades más frecuentes que se realizan en Playa Bruja son actividades recreacionales y en menor medida, pesca.
- ✓ Playa Bruja es utilizada por motociclistas como una vía de transporte alterna a la carretera principal.
- ✓ La fuerte energía del oleaje ha producido el ahogamiento de varias personas en Playa Bruja.
- ✓ A los comuneros les interesó especialmente la propuesta en la cual se produzca una zona de calma y formación de salientes en el futuro, debido que eso atraería turistas a la zona y con ello beneficios económicos.
- ✓ Al explicar las diferentes alternativas de solución al problema, los comuneros determinaron que la más favorable sería la construcción de un sistema de rompeolas

La única restricción que la comunidad manifestó en cuanto a la alternativa del sistema de rompeolas costa afuera fue que la zona de calma producida por este no afecte las actividades de surf.



Figura 4.3 Taller de socialización con la comuna Libertador Bolívar

Elaboración: Las autoras, 2018

4.3 Factores o Criterios de Decisión que Afectan la Selección de la Alternativa Óptima

Para el Análisis de Compensaciones ó “TRADE-OFF”, es necesario comparar cada alternativa respecto a una serie de factores de decisión, los cuales fueron elegidos tomando en cuenta la influencia que tienen para llegar a cumplir los objetivos del proyecto.

- **Factor 1** - Protección Costera: Este factor de decisión se escogió debido a que el objetivo principal del proyecto es proteger el acantilado de la socavación producida por el embate del oleaje incidente.
- **Factor 2** - Costo de construcción: Este factor es decisivo para ejecutar cualquier proyecto de construcción, debido a que se encuentra estrechamente relacionado con el presupuesto que tenga la entidad encargada para solucionar un problema en específico.
- **Factor 3** – Potencial beneficio económico: Este factor se tomó en cuenta debido a que uno de los objetivos del proyecto es generar un beneficio socioeconómico a la comunidad.

En la siguiente tabla se muestra la relación entre los factores de decisión mencionados anteriormente y las alternativas de proyectos.

Table 4.1 Descripción de las alternativas en función de cada factor de decisión

Factor de Decisión	Alternativa 1 (Enrocado)	Alternativa 2 (Rompeolas)	Alternativa 3 (No hacer proyecto)
Factor 1 Protección Costera	Medio. Debido a que la estructura protege el pie del acantilado; sin embargo, no interviene en los posibles procesos erosivos que puedan darse en la zona.	Alto. Al disminuir la energía del oleaje incidente dificultaría los posibles procesos erosivos.	Nulo. Debido que al no realizarse proyecto alguno, eventualmente el muro actual perderá total funcionalidad, dando paso a procesos de socavación al pie del acantilado.
Factor 2 Costo de Construcción	Medio. Debido a que la estructura esta ubicada en la costa, la logística de construcción es más sencilla.	Alto. Debido a que la estructura está ubicada costa afuera, la logística de construcción requerirá el transporte de equipos, maquinarias y personal calificado hacia el sitio de construcción mediante barcas.	Nulo. Debido a que no se realiza proyecto alguno.
Factor 3 Potencial beneficio económico	Nulo. Debido a que esta estructura esta diseñada solamente para proteger el acantilado y no altera las condiciones del oleaje.	Positivo. Debido a que esta estructura disminuye la energía del oleaje, generando una zona de agua calmas y facilitando la formación de salientes. Estas nuevas condiciones en Playa Bruja generarían un mayor atractivo turístico proporcionando beneficios económicos a la comuna.	Negativo. Debido que al no realizarse proyecto alguno, eventualmente el muro actual perderá total funcionalidad, dando paso a procesos de socavación al pie del acantilado, poniendo en riesgo la estabilidad del tramo de la carretera.

4.4 Metodología de Selección de la Alternativa Óptima

Para la elección de la alternativa más óptima se siguieron los siguientes pasos:

1. **Paso:** Asignación de pesos de importancia a los distintos factores de decisión realizando una comparación entre pares. Es decir, se compara un factor con cada uno de los factores restantes, adicionalmente se utiliza un factor de decisión extra, llamado variable “dummy”. Esta variable posee el menor peso de importancia en comparación con los demás valores.

Los pesos de importancia van a tener valores de 0, 0.5 y 1, se asigna un valor de 0 cuando un factor de importancia es menor que otro factor, 0.5 cuando el peso de importancia de ambos es igual y 1 cuando el peso de importancia de un factor es mayor que otro. Hay que tomar en cuenta que no se realizan comparaciones con los mismos factores de decisión por lo que la diagonal principal no contendrá valores.

Finalmente, se suman los valores obtenidos por cada fila y luego se procede a obtener los Coeficientes de importancia de cada factor de decisión (CIF), estos coeficientes se obtienen dividiendo las sumas parciales por columna para el total de las sumas parciales, para este proyecto se determinó el siguiente orden de importancia de los criterios de decisión:

- Factor 1 (protección costera) es el de mayor importancia entre todos los factores.
- Factor 2 (costo de construcción) tiene la menor ponderación debido a que el enfoque de este proyecto es beneficiar a la sociedad.
- Factor 3 (beneficio económico potencial) tiene mayor importancia que el factor 2 (costo de construcción).

Table 4.2 CIF por cada factor de decisión

	F1	F2	F3	F4	SUMA	CIF
F1	x	1	1	1	3	0,3
F2	0	x	1	1	2	0,2
F3	0	0	x	1	1	0,1
F5	0	0	0	x	0	0,6

2. **Paso:** De la misma manera, se procede a comparar cada una de las de las alternativas contras las demás de acuerdo con cada factor de decisión, el número de matrices resultantes será igual al número de factores de decisión, en nuestro caso son 4.

En la matriz se asignará un peso al comparar cada una de las alternativas variando 0, 0.5 y 1. Si una alternativa es menos preferible que otra, se le asigna el valor de 0; si no existe preferencia entre las alternativas, se asigna un valor de 0.5 y si una alternativa más preferible que otra se le asigna un valor de 1. No se realizan comparaciones entre alternativas, por lo que la diagonal principal no tendrá valores; además, de deberá incluir a cada matriz la variable “dummy” correspondiente a la alternativa 4.

Table 4.3 CEA para cada alternativa considerando el factor de protección costera

	A1	A2	A3	A4	SUMA	CEF
A1	x	0	1	1	2	0,333333
A2	1	x	1	1	3	0,500000
A3	0	0	x	1	1	0,166667
A4	0	0	0	x	0	0,000000

Table 4.4 CEA para cada alternativa considerando el factor de costos de construcción (menor costo de construcción).

	A1	A2	A3	A4	SUMA	CEF
A1	x	1	0	1	2	0,333333
A2	0	x	0	1	1	0,166667
A3	1	1	x	1	3	0,500000
A4	0	0	0	x	0	0,000000

Table 4.5 CEA para cada alternativa considerando el factor de beneficio económico.

	A1	A2	A3	A4	SUMA	CEF
A1	x	0	1	1	2	0,333333
A2	1	x	1	1	3	0,500000
A3	0	0	x	1	1	0,166667
A4	0	0	0	x	0	0,000000

3. **Paso:** Se realiza una tabla resumen en la cual las columnas representan cada alternativa y las filas los distintos factores de decisión sin considerar los factores “dummy”. Se incluye en la primera columna los coeficientes de importancia calculados en la

Table 4.6 Valores de CEA Y CIF por alternativa y por factor de decisión

	CIF	CEF A1	CEF A2	CEF A3
F1	0,3	0,333333	0,500000	0,166667
F2	0,2	0,333333	0,166667	0,500000
F3	0,1	0,333333	0,500000	0,166667

4. **Paso:** Luego se procede a multiplicar los valores de CIF correspondientes al factor de decisión indicado con los valores de las columnas de CEA de cada alternativa, finalmente se realizan las sumas de cada columna, estos valores representan la puntuación final de cada alternativa.

Table 4.7 Matriz de decisión resultante del análisis de compensaciones

	A1	A2	A3
F1	0,100000	0,150000	0,050000
F2	0,066667	0,033333	0,100000
F3	0,033333	0,050000	0,016667
TOTAL	0,200000	0,233333	0,166667

De acuerdo con los resultados obtenidos la alternativa con mayor puntaje es la alternativa 3, es decir que, de acuerdo con los factores de decisión escogidos, la alternativa más favorable es el sistema de rompeolas costa afuera.

CAPÍTULO 5

5. OLA DE DISEÑO

La selección de la ola de diseño es uno de los parámetros más importantes para el proceso de diseño, ya que a partir de esta se podrán definir las dimensiones, la ubicación y las condiciones de oleaje que va a soportar la estructura, así como el peso de roca en sus diferentes capas. En este capítulo se plantean diferentes criterios y métodos probabilísticos para la elección de la ola de diseño. Los criterios expuestos se basaron en el documento desarrollado por el Departamento del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos (USACE) “Design of Breakwaters and Jetties” y los métodos probabilísticos se desarrollaron en base a las metodologías de Drapper, Weibull y Log-log correspondiente a los períodos de retorno de 1, 10, 25, 50 y 100 años. Además, se mencionan los criterios utilizados para la obtención de la ola de diseño en diferentes proyectos desarrollados en la costa ecuatoriana.

5.1 Criterios de Altura de ola según USACE

Estructuras flexibles como los son las estructuras de enrocados, son usualmente diseñadas de acuerdo con la altura de ola significativa H_s , definida como el promedio de un tercio de las olas más altas; sin embargo, con la finalidad de alargar la vida útil de la estructura, se suele utilizar una ola menos frecuente como es la altura de ola ($H_{1/10}$), definida como el promedio del 10% de las alturas de olas más altas. En la tabla 6.1 se muestran los diferentes criterios de altura de ola que se pueden tomar en consideración para la elección de la altura de ola de diseño según USACE 1986 en su documento “Design Of Breakwaters And Jetties”.

Table 5.1 Criterios de Altura de ola USACE 1986

Altura de ola (H)	H a partir de H_s
Promedio de todas las olas (H_{prom})	0.63
Promedio de un tercio de las olas más altas ($H_{1/3}$ o H_s)	1
Promedio del 10% de las olas más altas ($H_{1/10}$)	1.27
Promedio del 1% de las olas más altas ($H_{1/100}$)	1.67
Altura máxima esperada en 500 olas ($H_{m\acute{a}x}$)	1.86

A partir de los datos obtenidos de la boya virtual (**véase capítulo 3**), se determinó una altura de ola significativa H_s de 1.4 m en aguas profundas, con la cual se calculó las distintas alturas de olas, tal como se observa en la siguiente tabla:

Table 5.2 Alturas de ola para el presente proyecto.

Altura de ola (H) -aguas profundas	H a partir de H_s
Promedio de todas las olas (H_{prom})	0.88
Promedio de un tercio de las olas más altas ($H_{1/3}$ o H_s)	1.40
Promedio del 10% de las olas más altas ($H_{1/10}$)	1.78
Promedio del 1% de las olas más altas ($H_{1/100}$)	2.33

Altura máxima esperada en 500 olas ($H_{m\acute{a}x}$)	2.60
--	------

5.2 Métodos probabilísticos para la elección de la Ola de diseño

Los métodos probabilísticos utilizados para calcular estadísticamente la altura de ola extrema correspondiente a los periodos de retorno de 1, 10, 25, 50 y 100 años fueron Drapper, Weibull y Log-log (véase capítulo 4 sección 6), a partir de los cuales se obtuvieron los resultados mostrados en la **tabla 5.3**.

Table 5.3 Resultados de alturas de olas extremas según los métodos probabilísticos de Drapper, Weibull y Log-log correspondientes a los periodos de retorno de 1, 10, 25, 50 y 100 años para el presente proyecto

Años	Drapper (m)	Weibull (m)	Log-log (m)
1	2.42	2.56	2.58
10	2.84	3.32	3.36
25	3.02	3.69	3.74
50	3.14	3.99	4..05
100	3.27	4.31	4.39

5.3 Ola de diseño en proyectos en la costa ecuatoriana

En la tabla a continuación se muestran diferentes proyectos de obras de protección costera realizados en el litoral ecuatoriano, con sus respectivos criterios para el cálculo de la ola de diseño. Se pudo observar que en algunos proyectos se tomó como referencia más de una ola de diseño, una de menor altura utilizada para determinar la ubicación de la estructura y sus dimensiones con el fin de que la estructura disminuya la energía del oleaje más frecuente, y una de mayor altura para determinar el peso de la roca con el fin de que la estructura resista el impacto de olas extremas.

Table 5.4 Ola de diseño para estructuras costeras en Ecuador

Estudio	Estructuras	Fuente de datos	Criterio	Ola de diseño
Estudios y Diseños de las Obras de Protección y Recuperación de la Playa de la Isla Jambelí Cantón Santa Rosa Provincia del Oro. (2010)	Sistemas de rompeolas y espigones	Wavewatch III 2008-2009	$H_{1/10}=1.27H_s$ Ola de retorno 50 años (Drapper)	$H_{1/10}=2.2$ (m) $H_{50}=3.1$ (m)
Estudios y Diseños Definitivos de las Obras de Protección y Recreación de la Playa del Sector de Bajo Alto Cantón del Guabo Provincia del Oro. (2013)	Sistemas de rompeolas y espigones	Wavewatch III	$H_{1/10}=1.27H_s$ Ola de retorno 50 años (Drapper)	$H_{1/10}=2.2$ (m) $H_{50}=3.0$ (m)
Diseño de Obras de Protección con su Correspondiente Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental en el Frente de Costa de la Población de Palmar. (2012)	Muro de protección	Wavewatch III	Ola de retorno 50 años (método no especificado)	$H_{50}=3.1$ (m)
Diseño de las Obras de Protección Costera del Malecón de la Libertad, Provincia del Guayas. (2003)	Malecón	INOCAR 1981-1984 (véase en Allauca y Cardín, 1987)	Ola de retorno 50 años (Drapper)	$H_{50}=3.0$ (m)
Alternativas de Obras de Protección Costera en La Libertad-Provincia de Santa Elena (1993)	Escolleras y Rompeolas	--	Ola de tormenta	2.00 (m)

5.4 Elección de la ola de diseño

Para la elección de la ola de diseño se deben tomar en cuenta varios factores, como el tipo de estructura, la función de la estructura, el tiempo de vida útil esperado, así como factores económicos, entre otros. De acuerdo con d' Angremond & van Roode, 2004, la ola de diseño se encuentra usualmente relacionada con la vida útil de la estructura. Para un rompeolas una vida útil de 50 años es muy común, por esta razón los tomadores de decisiones usualmente sugieren utilizar una ola de diseño que ocurra cada 50 años, esto no quiere decir que la ola vaya a ocurrir exactamente en 50 años, sino que va a existir la probabilidad de ocurrencia de 1/50 es decir el 2% de probabilidad de que esta ola ocurra cada año. (d' Angremond & van Roode, 2004)

Por esta razón, para el presente proyecto se tomaron en consideración dos alturas de ola de diseño, $H_{1/10}$ que corresponde a el promedio del 10% de las olas más altas (1,78 m) y la altura de ola para un período de retorno de 50 años de acuerdo con la metodología de Drapper (3,14 m). La primera será utilizada para determinar la ubicación y el dimensionamiento de la estructura con el fin de que esta sea capaz de disminuir la energía del oleaje incidente en condiciones frecuentes (como H_s) y hasta alturas iguales a $H_{1/10}$, y la segunda para determinar el peso de la roca de las diferentes capas de la estructura con el fin de que la misma sea capaz de resistir condiciones de oleaje extremo sin afectar su estabilidad.

5.5 Altura de Ola Rompiente (H_b)

De acuerdo con lo explicado previamente, de la estadística de olas se obtiene un valor de ola de diseño en agua profundas de $H_{1/10}=1.78$, y en este caso $H_{1/10}=H'_o$. Para poder obtener el valor de altura de ola rompiente se utiliza la **figura 5.1** encontrada en el Shore Protection Manual (SPM, 1984). Teniendo un valor de pendiente 1:37 es decir $m=0.027$ y un periodo significativo $T=14s$ (**véase capítulo 3**), se obtiene un valor de altura de rompiente $H_b=3.06m$.

5.6 Profundidad de rompiente (d_b)

Para determinar la profundidad de rompiente d_b se utiliza la **figura 5.2** encontrada en el Shore Protection Manual (SPM, 1984). Teniendo un valor de pendiente $m=0.027$, periodo significativo $T=14s$ y una altura de rompiente $H_b=3.06m$, se obtiene un valor de profundidad de rompiente d_b de 3.29m.

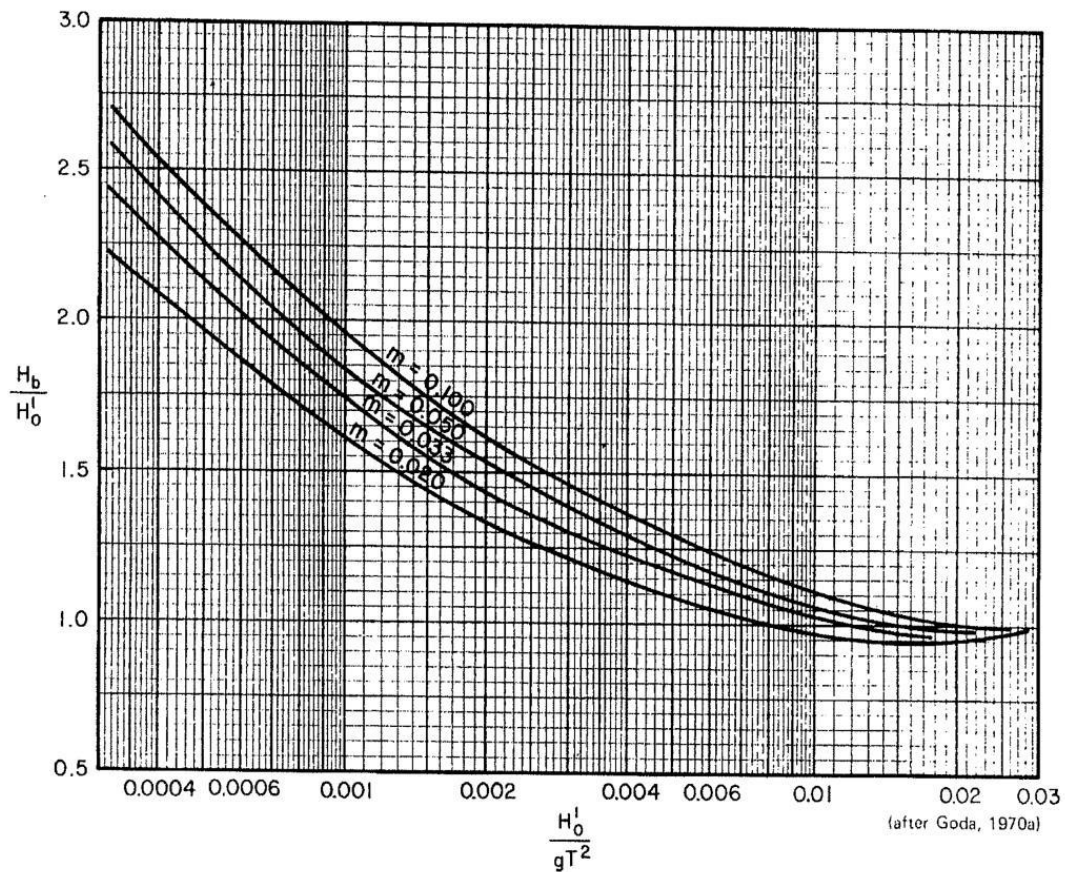


Figura 5.1 Relación altura de rompiente vs altura de ola en aguas profundas

Fuente: *Shore Protection Manual, Capítulo 7, 1984.*

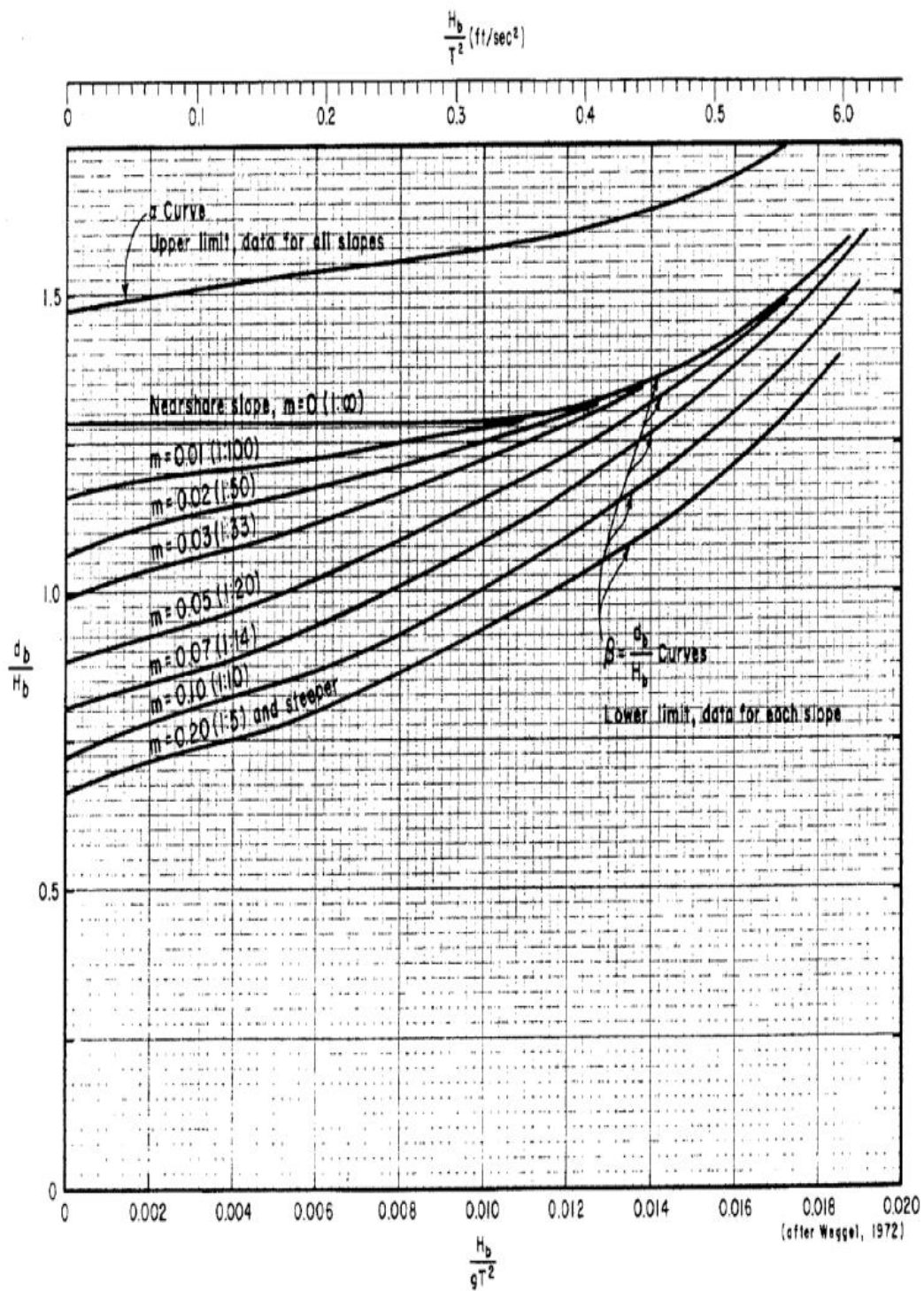


Figura 5.2 α y β vs H/gT^2

Fuente: *Shore Protection Manual*, Capítulo 7, 1987.

CAPÍTULO 6

6. DISEÑO FUNCIONAL

6.1 Introducción

En este capítulo se describen las consideraciones, parámetros y criterios que se deben tomar en cuenta para el diseño funcional de un sistema de rompeolas costa afuera. El diseño propuesto deberá cumplir con las funciones establecidas en los objetivos del presente proyecto de tal manera que se reduzca la energía del oleaje incidente y se genere acreción en el área de estudio.

El punto de partida para el diseño de un sistema de rompeolas costa afuera, será definir la respuesta de playa que se desea obtener. De acuerdo con el manual “Guía de Diseño Ingenieril para Rompeolas Costa Afuera como Estructuras de Estabilización Costera” publicado por USACE, 1993, existen tres tipos generales de respuesta de la línea de costa debido a la presencia de estos sistemas, conocidas como: salientes, tómbolos y respuesta mínima. Si la línea de costa se ha conectado con el rompeolas, quiere decir que se ha formado un tómbolo, pero si la línea de costa presenta una forma sinusoidal es decir que se pueden observar acumulaciones de arena que no se conectan con la estructura, quiere decir que se han producido salientes. (EM 1110-2-1617, 1992).

6.2 Formación de saliente

La respuesta de línea de costa preferida para un sistema de rompeolas costa afuera, es la formación de salientes, debido a que no interrumpe el transporte litoral en el área del proyecto, ni el suministro de sedimentos a las playas adyacentes. Además, la acción del oleaje y las corrientes litorales evitan que la saliente se conecte con la estructura, previniendo de esta manera la formación de tómbolos. La formación de

salientes es más probable cuando el sistema de rompeolas se encuentra ubicado lo suficientemente lejos de la costa, si son cortos con respecto a la longitud de ola incidente y/o si son permeables.(Chasten et al. 1993).

Pope y Dean en 1986 clasificaron a las salientes como; salientes suaves y salientes bien desarrolladas. Las salientes suaves están caracterizadas por ser menos sinuosas pero uniformes a través del tiempo, pueden experimentar periodos en los que se incrementa la pérdida o ganancia de sedimentos, mientras que las salientes bien desarrolladas están caracterizadas por presentar un balance de sedimento y una línea de costa estable.

6.3 Formación de tómbolo

Existe mayor probabilidad de que la arena se acumule frente a la estructura formando un tómbolo cuando el rompeolas se encuentra ubicado cercano a la costa, cuando su longitud es mayor a la longitud de onda de la ola incidente, y si es lo suficientemente impermeable. La formación de un tómbolo puede bloquear el transporte litoral del sedimento a lo largo del área protegida, promoviendo la salida del sedimento mediante corrientes de resaca a través de las aberturas entre las estructuras, ocasionando la alteración del suministro de sedimento en playas adyacentes, causando erosión. (Chasten et al. 1993).

Si la energía del oleaje en el área protegida por la estructura es variable en el tiempo, pueden ocurrir tómbolos periódicos (Pope y Dean 1986), es decir, durante un periodo de oleaje de alta energía, los tómbolos se pueden desconectar de la estructura generando salientes, mientras que durante periodos de oleaje de baja energía, se va a producir acreción y nuevamente el tómbolo regresa.

La ventaja de la formación de tómbolos es que provee un área recreacional más ancha y se facilita el mantenimiento y monitoreo de la estructura, lo que a su vez puede ser peligroso, ya que se permite el acceso público a la estructura.

6.4 Parámetros y consideraciones para el diseño funcional

La respuesta de la línea de costa que se desea obtener estará condicionada por parámetros oceanográficos, estructurales y geomorfológicos, los mismos que se han listado en la **tabla 6.1**

Table 6.1 Parámetros oceanográficos, estructurales y geomorfológicos que influyen en el diseño funcional de un sistema de rompeolas

Parámetros oceanográficos	Parámetros estructurales	Parámetros geomorfológicos
Altura de ola Longitud y periodo de onda Ángulo de aproximación Rangos de mareas Profundidad de rompiente Transporte de sedimentos	Longitud de las estructuras Número de segmentos Distancia entre estructuras Orientación de la estructura Ubicación con respecto a la zona de rompiente Permeabilidad Altura de la estructura Diseño sección Transversal	Batimetría Perfil de playa Fallas geológicas Tipo de suelo
Otras consideraciones: económicas, sociales, ambientales, estéticas.		

Elaboración propia

Los parámetros oceanográficos y geomorfológicos que influyen en el diseño han sido analizados en capítulos anteriores (cap. 04 Procesos Costeros, cap. 06 Ola de diseño). Para este proyecto se ha utilizado la batimetría provista por el Instituto Nacional Oceanográfico de la Armada (INOCAR) en la carta náutica I.O.A.105 correspondiente a Bahía de Santa Elena Puerto Cayo (**ver ANEXO F**) sin embargo, si se desea realizar un diseño definitivo, se deberán llevar a cabo un levantamiento batimétrico, detección de fallas geológicas, un estudio del perfil y tipo de suelo en el área de implementación del proyecto.

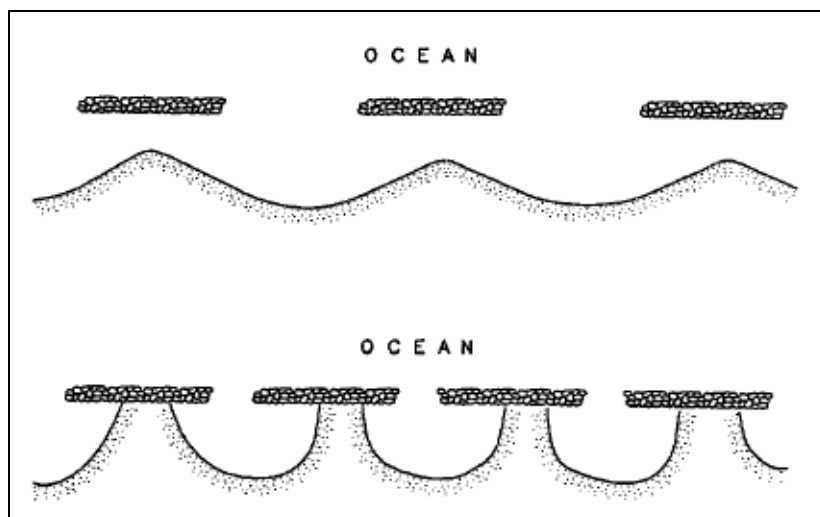
Los principales parámetros estructurales que influyen en el diseño funcional serán explicados a continuación.

6.4.1 Estructura única vs sistema múltiple segmentado

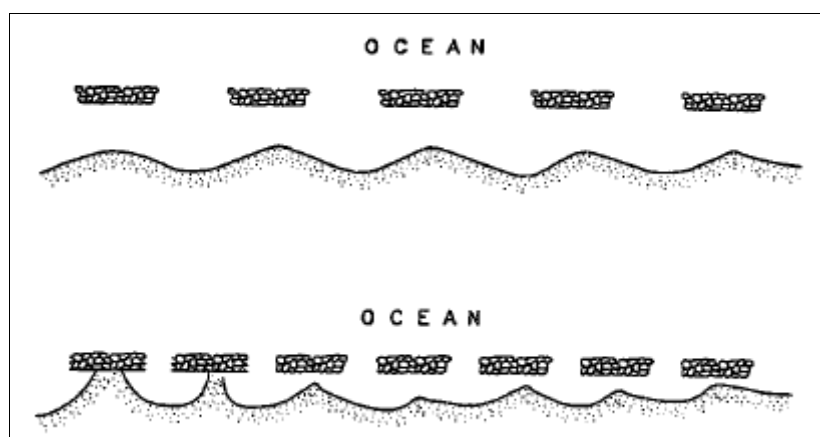
La decisión de usar un solo rompeolas o un sistema múltiple dependerá de la longitud de la línea de costa a proteger. Si el área a proteger es muy extensa y no se desea la formación de tómbolo, se recomienda diseñar un sistema múltiple segmentado, este sistema va a promover la formación de salientes sin interrumpir mayormente el transporte litoral que pasa a través del área del proyecto, minimizando así la erosión en las costas adyacentes; sin embargo, si se construye un solo rompeolas de gran longitud podría resultar en la formación de un tómbolo simple o doble, lo que puede tener impactos adversos en las playas adyacentes debido al bloqueo del suministro de sedimentos. Por otro lado, si la línea de costa a proteger es relativamente corta o la formación de tómbolo no es una preocupación, la construcción de un solo rompeolas puede ser apropiada. (Chasten et al. 1993).

6.4.2 Distancia entre las estructuras

La distancia entre las estructuras va a permitir que ingrese la energía del oleaje al área protegida por el rompeolas, el cual sufrirá procesos de difracción. Generalmente si se tienen pocos rompeolas, pero de gran longitud y la distancia entre ellos también es grande, es probable que se produzca una línea de costa sinuosa con salientes de gran amplitud, produciéndose tantas salientes como estructuras existentes. lo que quiere decir que existirán grandes salientes detrás de cada rompeolas; sin embargo, si la distancia entre las estructuras disminuye, habrá grandes posibilidades de que se produzcan tómbolos debido a que entrará menos energía al área protegida (**ver figura 6.1a**). Por otro lado, si se tienen numerosos segmentos cortos y menos separados van también a resultar en una línea de costa con sinuosidades, pero menos espaciadas y con pequeñas salientes. Así mismo si la distancia entre las estructuras disminuye, habrá la posibilidad de que se generen tómbolos. (**ver figura 6.1b**).



a. segmentos relativamente largos.



b. Segmentos cortos y más numerosos

Figura 6.1 Sistemas de rompeolas segmentados

Fuente: (EM 1110-2-1617)

6.4.3 Orientación de la estructura

La orientación de la estructura en referencia al ángulo de aproximación del oleaje incidente y a la orientación de la línea de costa en el pre-proyecto puede afectar el tamaño y forma de la respuesta de playa deseada. Usualmente los rompeolas se ubican paralelos a la línea de costa; sin embargo, si la energía del oleaje incidente llega de manera oblicua a la línea de costa, la orientación del rompeolas paralelo a las crestas de las olas va a proteger una mayor cantidad de la línea de costa y a reducir el socavamiento al pie del rompeolas. (Chasten et al. 1993).

6.4.4 Ubicación respecto a la zona de rompiente

La ubicación del rompeolas puede influenciar la respuesta de la playa dependiendo de su ubicación respecto a la zona de rompiente. Si el rompeolas se encuentra ubicado substancialmente pasando la zona de rompiente (entre la zona de rompiente y la costa), existe mayor probabilidad que se desarrolle un tómbolo; además, una desventaja de la ubicación de un rompeolas en la zona de rompiente puede ser la socavación substancial al pie de la estructura. (Chasten et al. 1993).

Si el sistema de rompeolas se encuentra ubicado a una gran distancia costa afuera, mayor energía llegará a la costa y esto puede resultar en una respuesta mínima o que no exista respuesta de la línea de costa apreciable.

6.4.5 Rebase y Permeabilidad

La energía del oleaje transmitida a la zona protegida del rompeolas debido al rebase y permeabilidad de la estructura puede afectar el desarrollo y estabilidad de la respuesta de la playa. El nivel de marea, la altura y periodo de las olas, la pendiente y rugosidad de la estructura, afectan la cantidad y la forma de la energía transmitida debido al rebase, (SPM, 1984). La formación de tómbolo se puede prevenir si se permite el paso de una cantidad adecuada de energía por encima y a través de la estructura. Si el rebase ocurre, la respuesta de la línea de costa tiende a aplanarse y extenderse lateralmente de manera uniforme. En diseño, las alturas de las olas debido al rebase son generalmente determinados por la elevación de la cresta; de la misma manera, la transmisión de las olas a través del rompeolas es determinado por la permeabilidad de la estructura.

6.5 Técnicas para el diseño de un rompeolas costa afuera

De acuerdo con el documento “Functional Design of Breakwaters for Shore Protection: Empirical Methods” (Rosati, 1990), las técnicas para diseñar un sistema de rompeolas desvinculado de la costa pueden ser clasificadas en tres categorías: modelos numéricos y físicos, métodos empíricos y desarrollo de prototipos, cada una de estas

opciones presenta sus ventajas y desventajas, a continuación, se explican cada una de ellas.

Los modelos numéricos y físicos nos permiten simular las condiciones de un diseño particular, representando una poderosa herramienta capaz de brindar información detallada acerca de la respuesta de la costa; sin embargo, para poder realizar la calibración, verificación y simulación del modelo, se requiere un conjunto de datos detallados; además, las pruebas para realizar los modelamientos físicos pueden llegar a ser muy demandantes en cuanto costo y tiempo, y las simulaciones de modelos numéricos podrían ser malinterpretadas por el diseñador debido a la inestabilidad del modelo o pueden dar soluciones precisas a condiciones de entrada inexactas. Las relaciones empíricas son métodos rápidos y poco costosos para la evaluación de la respuesta de la playa a un diseño determinado; sin embargo, a menudo estas relaciones simplifican en exceso las variables de diseño y por ende la respuesta esperada. Las relaciones empíricas rara vez son capaces de predecir fenómenos complicados inducidos por las estructuras como la formación de corrientes de resaca en las cercanías del proyecto o la extensión de la influencia del proyecto en las playas adyacentes. El mejor método para perfeccionar un diseño final es el desarrollo de un prototipo del diseño propuesto; sin embargo, la evaluación de un prototipo puede resultar excesivamente costosa. (Rosati,1990).

En este proyecto se harán uso de relaciones empíricas para llevar a cabo el prediseño de la estructura, las cuales nos permitirán predecir la respuesta morfológica de la playa. Estos métodos empíricos se basan en relaciones simples entre diferentes parámetros como la longitud de las estructuras (L_s) , su distancia a la costa (x), distancia entre las estructuras (L_g). (**ver figura 6.2**)

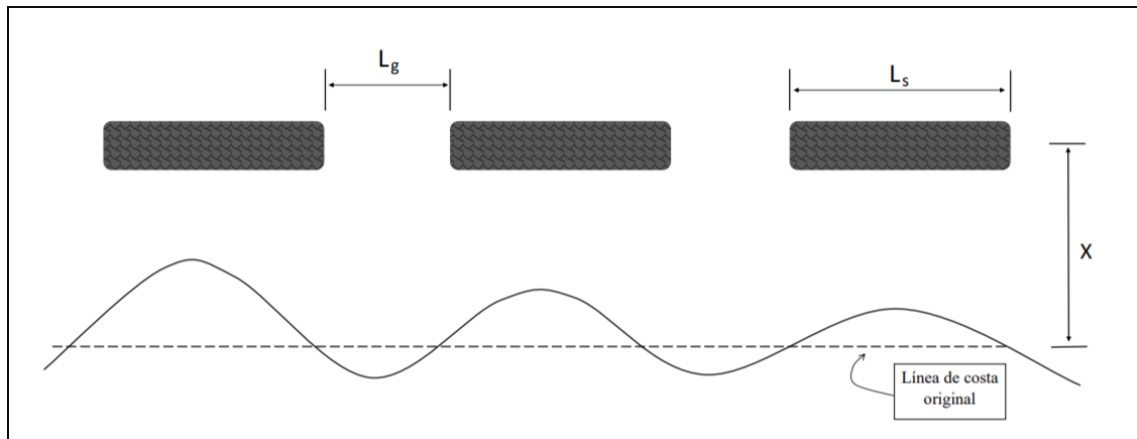


Figura 6.2 Parámetros utilizados en relaciones empíricas para el diseño de un sistema de rompeolas costa afuera

Elaboración propia

A continuación, se detallan diferentes relaciones empíricas recopiladas por Rosati (1990), las cuales son resultado del estudio de la respuesta de la playa debido a la instalación de sistemas de rompeolas alrededor del mundo.

6.5.1 Inman and Frautschy (1966)

Basado en las observaciones de respuesta de playa del rompeolas único de 434 metros de largo ubicado en Venice, Santa Monica, CA. Inman y Frautschy (1996) observaron que una acreción pronunciada no ocurre para la siguiente condición:

$$\frac{L_s}{X} \leq 0.17 - 0.33 \text{ no ocurre acreción pronunciada} \quad (6.1)$$

Donde, L_s es la longitud del segmento del rompeolas y X es la distancia desde la línea de costa hasta el segmento de rompeolas.

6.5.2 NIR (1982)

Basado en el desempeño de 12 proyectos de rompeolas en la costa israelí, Nir (1982) concluye que la acreción es muy baja o no ocurre si la proporción entre el largo de los segmentos del rompeolas y la distancia a la línea de costa tiene un valor de 0.5 o menos.

$$\frac{L_s}{X} \leq 0.5 \text{ (condición de no deposito)}$$

(6.2)

6.5.3 Gourlay (1981)

Gourlay (1981) presenta relaciones similares basadas en modelamiento físico y observaciones en campo. Basándose en los estudios de laboratorio de Sauvage de St. Mark y Vincent (1995), Adachi, Sawaragi y Ogo (1959), y Shinohara y Tssubaki (1967), Gourlay llega a las siguientes conclusiones para la respuesta del laboratorio para rompeolas aislados:

- a. Tómbolos pueden formarse solamente si la estructura se encuentra localizada en la zona de surf.
- b. Patrones de difracción sin interferirse entre si pueden resultar en dos sistemas de corrientes independientes (y posiblemente la formación de un tómbolo doble), esto puede ocurrir cuando:

$$\frac{L_s}{X} > 2.0 \quad (6.3)$$

- c. Patrones de difracción se interfieren y reducen las corrientes longitudinales cuando L_s/X es menor. Se observó que la respuesta de la playa era una saliente si el mecanismo de transporte longitudinal dominante se daba por arrastre de fondo (parámetro de velocidad de caída, $H_o/VT < 1.5$, donde H_o es la altura de ola en aguas profundas, V es la velocidad de caída de sedimento, y T es el periodo de la ola), o una características mas compleja si el transporte dominante se da por suspensión ($H_o/VT > 1.5$).

$$\frac{L_s}{X} > 0.4 - 0.5 \quad (6.4)$$

- d. Corrientes que no interfieren entre si suficientemente fuertes como para transportar material, resultando en la formación de tómbolo para un rango de valores entre:

$$\frac{L_s}{X} > 0.67 - 1.0 \quad (6.5)$$

Gourlay realizó las siguientes observaciones acerca de la respuesta de la playa debido a prototipos de rompeolas basados en el desempeño de estructuras en California, Japón, e Israel:

- a. La formación de tómbolo puede ocurrir solamente si la estructura se encuentra dentro de la zona de surf y cuando

$$\frac{L_s}{X} > 0.67 \quad (6.8)$$

- b. Para casos en los cuales la estructura se encuentra fuera de la zona de surf, la respuesta de la playa va a estar determinada por la ubicación de la zona de rompiente.

6.5.4 Shore Protection Manual (1984)

Basadas en los patrones de difracción de las crestas de las olas en la zona protegida por el rompeolas, el SPM recomienda que el largo de la estructura debe ser menos que su distancia a la costa, para de esta manera impedir la formación de tómbolo; el SPM también propone una relación en la cual la formación de tómbolo es segura

$$\frac{L_s}{X} < 1.0 \quad (\text{prevenir formación de tómbolo}) \quad (6.9)$$

$$\frac{L_s}{X} > 2.0 \quad (\text{formación de tómbolo segura}) \quad (6.10)$$

6.5.5 Dally y Pope (1986)

Recomiendan los límites para la proporción entre longitud de la estructura y distancia a la costa basada en el tipo de respuesta de playa deseada (no uniforme, donde las salientes o tómbolos ocurren o uniformes, en la cual ocurre un desarrollo parejo de la playa) y el largo de la playa a proteger. Para protección no uniforme en un proyecto de corta distancia, un único rompeolas impermeable desvinculado de la costa es recomendado, donde la longitud de la estructura es igual a la longitud total de sección a proteger. Si la profundidad de construcción obtenida a partir de la distancia a la costa es muy grande, Dally y Pope (1986) recomiendan mover la estructura un poco hacia la

costa a una profundidad donde la construcción de la estructura sea factible e incrementar la transmisibilidad de la estructura. Proyectos con líneas de costa más largas deberían ser protegidos con un sistema segmentado relativamente impermeable para un desarrollo de línea de costa no uniforme.

- a. Las siguientes relaciones entre el largo de la estructura y la distancia a la línea de costa (y distancia entre las estructuras para rompeolas segmentados) son recomendados para la formación de tómbolos.

$$\frac{L_s}{X} = 1.5 - 2.0 \text{ (rompeolas único)} \quad (6.11)$$

$$\frac{L_s}{X} = 1.5, \quad L \leq L_g \leq L_s \text{ (rompeolas segmentado)} \quad (6.12)$$

Donde L es igual a la longitud de onda en la estructura y L_g es la distancia entre las estructuras.

- b. La relación entre el largo de la estructura y la distancia a la costa se reduce para la formación de saliente.

$$\frac{L_s}{X} = 0.5 - 0.67 \text{ (rompeolas único y segmentado)} \quad (6.13)$$

- c. Para una protección uniforme, se recomienda que la estructura se ubique fuera de la zona surf frecuente. Una estructura permeable y parcialmente sumergida (se recomienda un 60 por ciento de permeabilidad) o una estructura impermeable, frecuentemente segmentada va a permitir que ingrese el adecuado grado de energía del oleaje a la zona de sombra de la estructura para un desarrollo uniforme de la playa. La relación adecuada entre la longitud de la estructura y la distancia a la costa es la siguiente:

$$\frac{L_s}{X} \leq 0.125 \quad (6.14)$$

6.5.6 Ahrens y Cox (1990)

Ahrens y Cox usaron el esquema del índice de clasificación de la respuesta de playa presentado por Pope y Dean (1986) para el desarrollo de una relación para la

respuesta morfológica esperada como función de la proporción entre la longitud de la estructura y la distancia a la costa.

$$I_s = e^{(1.72 - 0.41 \frac{L_g}{X})} \quad (6.15)$$

I_s es el índice de la respuesta de la playa, donde:

$I_s = 1$, tómbolo permanente

$I_s = 2$, tómbolo periódico

$I_s = 3$, salientes muy desarrolladas

$I_s = 4$, salientes suaves

$I_s = 5$, sin sinuosidad.

6.5.7 Seiji, Uda, Tanaka (1987)

Basados en el estudio de más de 1500 rompeolas en Japón, Seiji, Uda y Tanaka (1987) proponen las siguientes relaciones para predecir la erosión frente a las distancias entre las estructuras, esta erosión es definida como el retroceso de la línea de costa inicial (antes del proyecto).

$$\frac{L_g}{X} < 0.8 \quad (\text{sin erosión frente a la abertura}) \quad (6.16)$$

$$0.8 \leq \frac{L_g}{X} \leq 1.3 \quad (\text{posible erosión frente a la abertura}) \quad (6.17)$$

$$\frac{L_g}{X} \geq 1.3 \quad (\text{segura erosión frente a la abertura}) \quad (6.18)$$

6.5.8 Noble (1978)

Evaluó los efectos de estructuras costa a fuera a lo largo de la costa de California y de las cuales se discuten en la literatura, concluyendo que “los rompeolas desvinculados de la costa producen mínimo impacto solamente cuando la distancia de la estructura a la línea de costa es seis veces mayor que el largo del rompeolas”, es decir:

$$\frac{L_s}{X} \leq \frac{1}{6} \text{ (impacto mínimo)} \quad (6.19)$$

6.6 Dimensionamiento de las estructuras

Como se mencionó al comienzo del capítulo, el primer paso para el desarrollo del diseño funcional de un sistema de rompeolas es decidir la respuesta de la playa deseada, en nuestro caso y tal como se lo detalla en los objetivos del proyecto, la respuesta deseada es la formación de playa por medio de acreción. La respuesta morfológica escogida serán salientes, evitando la formación de tómbolos, puesto que estos podrían alterar el transporte litoral y el suministro de sedimentos de las playas adyacentes.

De acuerdo con Gourlay (1981) un tómbolo se formará si la estructura se encuentra ubicada en la zona de surf (pasando la zona de rompiente). La profundidad de rompiente para una ola de diseño de $H_o=1.78$ m (altura de ola en aguas profundas), es $d_b=3.29$ m con una altura $H_b=3.06$ m (altura de ola rompiente), (Véase Capítulo 6). Debido a la influencia de la marea esta profundidad se encontrará más cerca de la playa en marea alta y más lejos en marea baja. La estructura deberá ubicarse de tal manera que se encuentre antes de la zona de rompiente (mar adentro de la zona de rompiente) la mayor cantidad del tiempo; además, se decidió que este sistema de rompeolas será emergido y que el rebase, en caso de presentarse será insignificante.

En vista de lo anterior, se decidió ubicar el sistema de rompeolas a una distancia de 195 m de la costa, de tal manera que el eje del primer y segundo rompeolas se encuentren al veril de 3.00 m, el tercer rompeolas al veril de 2.50 m, y el cuarto y quinto rompeolas al veril 2.25 m, respecto al promedio de bajamares de sicigia (MLWS).

El siguiente paso será determinar la longitud de las estructuras, para esto se tomó como referencia los criterios desarrollados por Dally y Pope (1984), debido que relacionan la longitud de las estructuras con la distancia a la línea de costa, basándose en la respuesta de la costa deseada; en nuestro caso utilizaremos el criterio para la formación de salientes, $\frac{L_s}{X} = 0.5 - 0.67$, sabiendo la distancia a la línea de costa

podemos determinar los límites para establecer la longitud de los segmentos de las estructuras, obteniendo:

$L_s = 97.5 \text{ m} - 130.65 \text{ m}$, para el presente trabajo se escogió un valor intermedio de 120m.

Para verificar que esta longitud es adecuada, se revisaron los criterios establecidos por Inman y Frautschy (1966), Nir (1982), Gourlay (1981), SPM (1984), Ahrens y Cox (1990) y Noble (1978), validando así las dimensiones obtenidas.

A continuación que muestran Valores de L_s y L_g que cumplen con los criterios mencionados para un valor de $x = 195 \text{ m}$

Table 6.2 Relaciones Empíricas

Relaciones Empíricas		
Autores	Criterio	Resultados para $x= 195 \text{ m}$
Inman y Frautschy (1966)	$L_s/x \leq 0.17 - 0.33$ (No ocurre pronunciada acreción)	$L_s \leq 33,15-64,35$ En este caso $L_s=120 \text{ m}$, por lo que si existiera acreción
Nir (1982)	$L_s/x \leq 0,5$ (Acreción muy baja o no ocurre)	$L_s \leq 97,5$ En este caso $L_s=120 \text{ m}$, por si se espera acreción
Gourlay (1981)	Tómbolo se forma solamente si la estructura se encuentra ubicada en la zona de surf y $L_s/x > 0,67$	$L_s > 130,65$ En este caso la estructura no se encuentra en la zona de surf y $L_s = 120$, por ende, no se formarían tómbolos
	$L_s/x > 0,4 - 0,5$ (Formación de saliente)	$L_s > 78 - 97,5$ En este caso $L_s = 120$, por lo que se espera la formación de salientes
	$L_s/x > 0,67 \text{ a } 1,0$	$L_s > 130,65 - 195$ En este caso $L_s = 120$, por lo que no se espera la formación de tómbolo
Shore Protection Manual (SPM) (1984)	$L_s/X < 1,0$ (Se previene la formación de tómbolo)	$L_s < 195$ En este caso $L_s = 120$, por lo que no se espera la formación de tómbolo
	$L_s/X > 2,0$ (Formación de tómbolo segura)	$L_s > 390$ En este caso $L_s = 120$, por lo que se espera la formación de salientes
Ahrens y Cox	$l_s = e (1.72 - 0.41 L_s / L_g)$	$l_s = 4$ (sinuosidades suaves)

Noble (1978)	$L_s/x \leq 1/6$ (Impacto mínimo)	$L_s \leq 32,5$ En este caso $L_s = 120$ por lo que se espera impacto sobre la costa (en forma de saliente)
Seiji, Uda y Tanaka (1987)	$L_g/x < 0.8$ (Sin erosión frente al espacio entre las estructuras)	$L_g < 156m$ En este caso $L_g = 120$, por lo que no existirá erosión frente al espacio entre las estructuras.
	$0.3 \leq L_g/x \leq 0.8$ (Posible erosión frente al espacio entre las estructuras)	$156 \leq L_g \leq 253.5m$ En este caso $L_g = 120$, por lo que habrá una menor probabilidad de que exista erosión frente al espacio entre las estructuras.
	$L_g/x > 0.8$ (Erosión segura frente al espacio entre las estructuras)	$L_g > 253.5 m$ En este caso $L_g = 120$, por lo que no existirá erosión frente al espacio entre las estructuras.

CAPÍTULO 7

7. DISEÑO ESTRUCTURAL

El objetivo principal del diseño estructural de un rompeolas costa afuera es garantizar que la estructura se mantenga estable tanto en condiciones de oleaje normales como extremas. La estabilidad de una estructura de enrocado puede verse influenciada por una serie de parámetros que incluyen las condiciones del oleaje, el nivel del agua, características de la armadura (tamaño, forma, métodos de colocación, etc.), elevación de la cresta, ancho de la cresta, pendiente, y permeabilidad general de la estructura. (Chasten et al., 1993).

Con la finalidad de tomar en cuenta las condiciones de oleaje extremo u oleaje de tormenta que puedan poner en peligro la estabilidad de la estructura, se utilizó una ola de diseño de 3.14 m correspondiente a un período de retorno de 50 años. (Véase Capítulo 08).

De acuerdo con Chasten et al. (1993), un rompeolas de enrocado convencional se encuentra normalmente compuesto por una capa base o replantillo, un núcleo, una o dos capas intermedias y una capa exterior o coraza. (ver **Figura 7.1**). Para el presente proyecto se ha decidido que la estructura va a estar compuesta por una capa base, un núcleo, dos capas intermedias y una capa exterior o coraza.

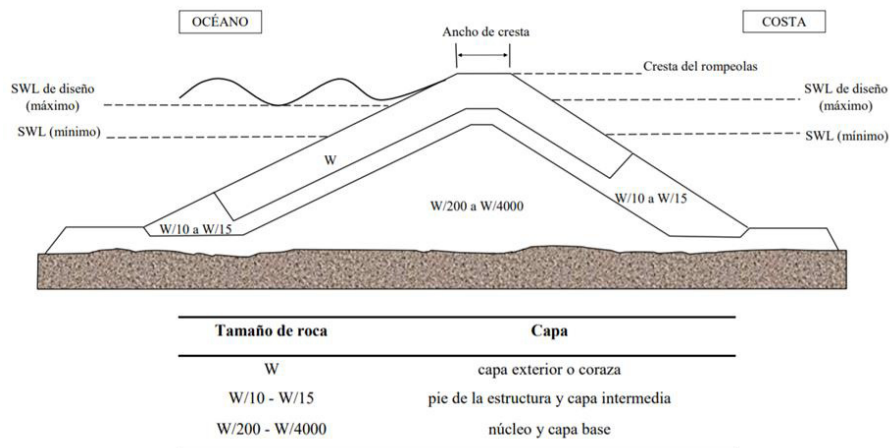


Figura 7.1 Vista transversal de un enrocado convencional

Fuente: Las autoras, 2018

Para el diseño de la sección transversal de la estructura se determinó: el peso de la roca, la altura y el ancho de cresta y el espesor de las diferentes capas, tomando en cuenta los requerimientos necesarios (altura de ola de diseño H , densidad de la roca W_R , coeficiente de estabilidad K_D , pendiente de la estructura) para proveer la estabilidad y el rendimiento deseado, bajo las condiciones de oleaje y niveles de agua para las cuales se hizo el diseño.

7.1 Peso de la roca

Para calcular el peso de la roca se utilizó la fórmula desarrollada por Hudson en 1984 (SPM 7-116), la cual toma en cuenta dos asunciones; **(1)** cero daños (menos del 5% de daño estructural) y **(2)** rebase mínimo. El peso de la roca de coraza (W) se encontrará entre un rango de $0.75W - 1.25W$, donde al menos el 50% de las rocas debería pesar más de W (SPM, 1984). Partiendo de W se puede calcular el peso de la roca de la capa intermedia ($W/15 - W/10$) y el peso de la roca del núcleo ($W/4000 - W/200$), así como el ancho de la cresta y el espesor de las diferentes capas.

Fórmula de estabilidad Hudson:

$$W = \frac{w_r * H^3}{K_D * (S_r - 1)^3 * \cot\theta} \quad (7.1)$$

Donde,

W = peso de individual de la roca en la capa superior [Tn]

w_r = densidad de la roca [kg/ m³]

H = altura de ola de diseño en el sitio de la estructura [m]

K_D = coeficiente de estabilidad (SPM, Figura 7.8)

S_r = gravedad específica de la roca en relación la densidad del agua, ($S_r = w_r/w_w$)

θ = ángulo de la pendiente de la estructura con respecto a la horizontal

7.1.1 Pendiente de la estructura

El sistema de rompeolas que se ha diseñado para proteger Playa Bruja presenta distintas pendientes en sus diferentes lados, lo cual influye en la estabilidad de la estructura debido a que al tener una pendiente más suave o más tendida el alcance horizontal de la estructura va a permitir que la ola disipe mayor energía antes de llegar a la cresta, comparado con una estructura que tenga una pendiente más empinada como se observa en la **Figura 7.2**.

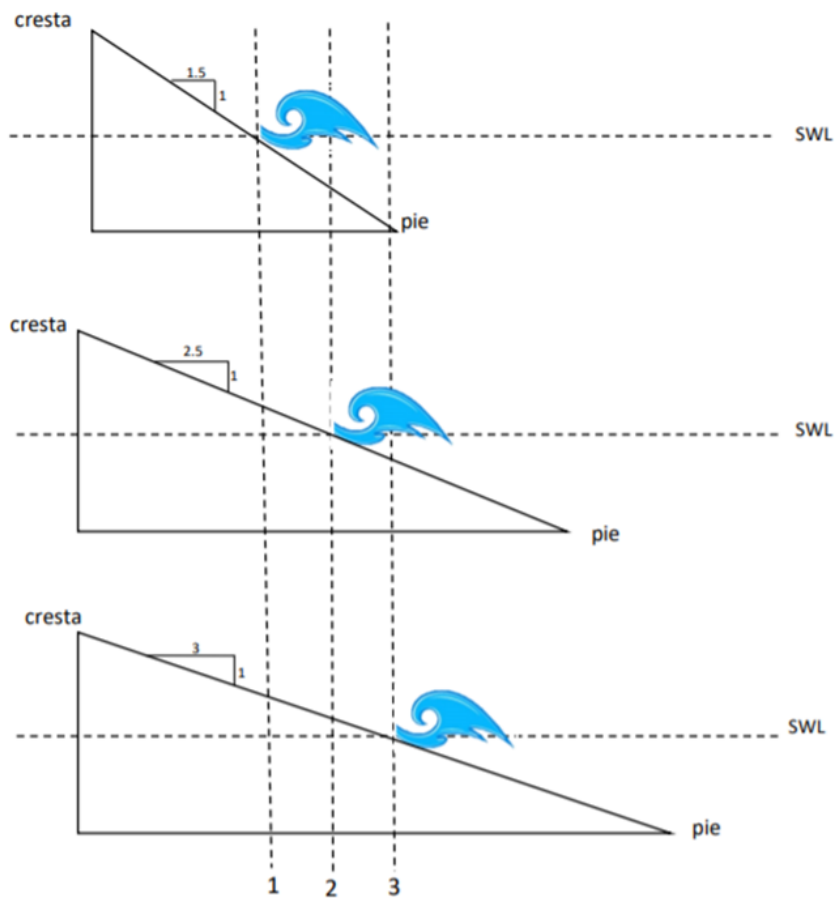


Figura 7.2 Alcance de la ola respecto a diferentes tipos de pendiente.

Fuente: Las autoras, 2018

Por esta razón, se utilizó una menor pendiente para los lados de la estructura que se encuentran más expuestos al oleaje y una mayor pendiente para el lado protegido.

Coraza del cabezal de la estructura: pendiente de 3:1

Coraza del lado expuesto al oleaje: pendiente de 2.5:1

Coraza del lado protegido de la estructura: pendiente de 1.5:1

(Ver Figura 7.3)

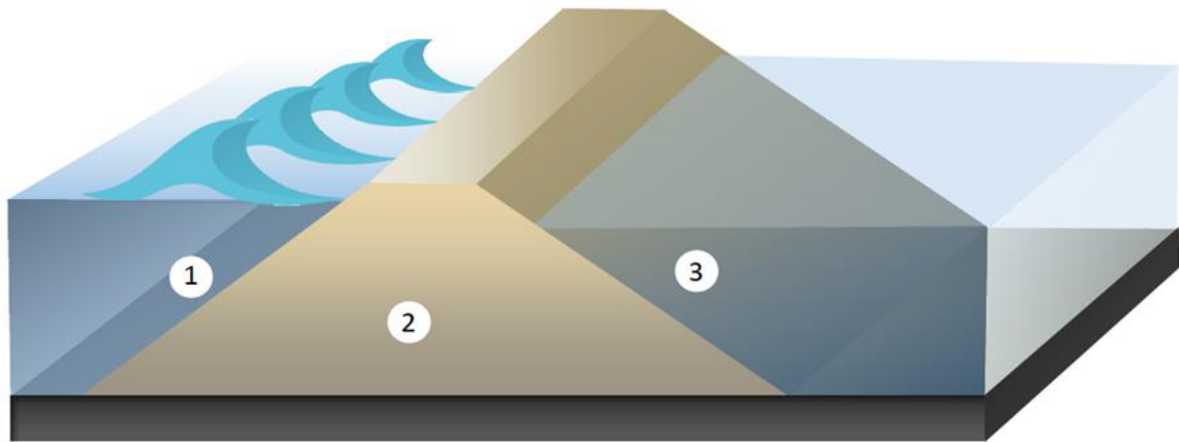


Figura 7.3 Lados y pendientes de la estructura.

(1) Lado expuesto al oleaje, (2) Cabezal de la estructura y (3) Lado protegido de la estructura.

Fuente: Google Earth, 2018

7.1.2 Densidad de la roca w_r

Para determinar la cantera de la cual se va a realizar la extracción del material para el presente proyecto, se utilizó el análisis de rocas realizado en el estudio “*Diseño de Obras de Protección con su Correspondiente Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental en el Frente de Costa de la Población de Palmar, 2014*” (Ver **Tabla 10.1**), en el cual se analizaron las rocas de las canteras más cercanas a la comunidad de Palmar, la misma que se encuentra ubicada a aproximadamente 14 km de Playa Bruja. Se analizaron los materiales provenientes de cuatro lugares: (1) Entrada a Playa Rosada, (2) Playa Rosada, (3) Cerro el Tablazo Santa Elena, (4) Cantera Atahualpa, los cuales fueron evaluados en base a las especificaciones técnicas establecidas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP). La densidad de roca escogida es $w_r = 2300 \text{ kg/m}^3$ perteneciente a la cantera “*Tablazo*”

Table 7.1 Tabla de resultados de laboratorios de los sitios de interés evaluados

ALTERNATIVA RESULTADOS	(1) ENTRADA A PLAYA ROSADA	(2) PLAYA ROSADA	(3) CERRO EL TABLAZO SANTA ELENA	(4) CANTERA ATAHUALPA	ESPECIFICA CIONES TECNICAS SEGÚN MOP*
Densidad (gr/cm ³)	1,9	2,1	2,3	2,3	≥ 2.3
Absorción (%)	9,8	5,9	2,8	5,4	≤ 8%
Abrasión Los Angeles (%)	64,83	35,98	29,43	29,96	≤ 40%
Durabilidad con Sulfato de Sodio (%)	35,98	4,94	2,36	1,76	≤ 12%

Fuente: Diseño de Obras de Protección con su Correspondiente Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental en el Frente de Costa de la Población de Palmar, 2014”

7.1.3 Coeficiente de estabilidad K_D

El coeficiente de estabilidad K_D dependerá del tipo de ola que llegue a la estructura (es decir si son rompientes o no rompientes), de la rugosidad de la estructura y de la forma de las rocas. En la **tabla 7.2** se muestran los valores de K_D para rocas de cantera sugeridos por el Shore Protection Manual, (1984), los cuales varían según los factores mencionados anteriormente. Los valores de K_D para este proyecto serán igual a 4 y 2.3, para el tronco y cabezales respectivamente.

Table 7.2 Valores sugeridos de K_D para el determinar el peso de la unidad de la armadura

Criterio de no daño y Rebase mínimo							
Unidades de coraza	n	Colocación	Estructura del tronco		Estructura del Cabezal		Pendiente
			K_D^2		K_D		
			Olas rompientes	Olas no rompientes	Olas rompientes	Olas no rompientes	$cot\theta$
Piedra de cantera							
Lisa redondeada	2	Aleatorio	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5 a 3.0
Lisa redondeada	>3	Aleatorio	1.6	3.2	1.4	2.3	
Rugosas y angulares	1	Aleatorio		2.9		2.3	
Rugosas y angulares	2	Aleatorio	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
					1.6	2.8	2.0
					1.3	2.3	3.0
Rugosas y angulares	>3	Aleatorio	2.2	4.5	2.1	4.2	
Rugosas y angulares	2	Especial	5.8	7.0	5.3	6.4	
Paralelepípedo	2	Especial	7.0 - 20.0	8.5 - 24.0	-	-	

Fuente: Tabla 7-8 del Shore Protection Manual, 1984.

7.1.4 Cálculo del peso de la roca

A. Coraza del lado expuesto al oleaje

$$w_r = 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 3.14 \text{ m}$$

$$K_D = 4 \text{ (SPM, 1984)}$$

$$S_r = (w_r/w_w = 2300/1027) = 1.24$$

$$\cot\theta = 2.5$$

$$W = 3.8 \text{ Tn}$$

B. Coraza del cabezal de la estructura

$$w_r = 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 3.14 \text{ m}$$

$$K_D = 2.3 \text{ (SPM, 1984)}$$

$$S_r = (w_r/w_w = 2300/1027) = 1.24$$

$$\cot\theta = 3$$

$W=5.5 \text{ Tn}$ -- Debido a que piedras de este peso significan una mayor complejidad en la extracción, transporte y colocación, además de ser más costosas, se decidió escoger una piedra de **$W=3.8 \text{ Tn}$** y mantener la pendiente de 3:1 para así asegurar la estabilidad de la estructura.

C. Coraza del lado protegido del oleaje

Para determinar el peso de la roca en el lado protegido de la estructura, se debe determinar la altura de ola que se difracta hacia la estructura, la cual estaría dada por $H = k' H_i$, donde k' es el coeficiente de difracción y H_i la altura de ola incidente, para esto se siguió la metodología de difracción del Shore Protection Manual, (1984), tomando como referencia el diagrama de difracción para una distancia entre las estructuras igual a una longitud de onda y una dirección de aproximación del oleaje perpendicular a las estructuras (Figura 2-44, SPM, V-I), obteniéndose así los coeficientes de difracción k' en el área de estudio. Aunque se obtuvieron valores de k' entre 0.2 y 0.3 en el lado protegido del rompeolas, se decidió utilizar un coeficiente $k'=0.7$ debido a que este se encontraba próximo a la estructura y representa un mayor factor de seguridad al momento de calcular el peso de la roca.

Por lo tanto,

$$w_r = 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$H = k' H_i = 0.7 * 3.14 = 2.2 \text{ m}$$

$$K_D = 4 \text{ (SPM, 1984)}$$

$$S_r = (w_r / w_w = 2300 / 1027) = 1.24$$

$$\cot \theta = 1.5$$

$$\mathbf{W} = \mathbf{2.20 \text{ Tn}}$$

D. Capa intermedia y núcleo

Como se explicó al inicio del capítulo, el peso de la roca en la capa intermedia se encuentra entre un rango de $(W/15 - W/10)$ y el peso de la roca del núcleo y la capa base se encuentra entre un rango de $(W/4000 - W/200)$. A continuación, en la **tabla 7.3**, se muestra un resumen de los pesos de las rocas de los diferentes lados y capas de la estructura.

Table 7.3 Resumen de los pesos de las rocas

Capa	Rango de pesos	Peso [kg]
Coraza del lado expuesto al oleaje	0.75W – 1.25 W	2850 – 4750
Coraza del cabezal		2850 – 4750
Coraza de lado protegido		1650 – 2750
Capa intermedia	W/15 – W/10	253 – 380
Núcleo	W/4000 – W/200	0.95 – 19

7.2 Elevación y ancho de cresta

7.2.1 Elevación de la cresta

Para determinar la altura de la estructura de tal manera que la cresta siempre se encuentre emergida entre los veriles de 3.00 m y 2,25 m respecto al MLWS, se deberá sumar el rango de mareas de sicigia (2.18 m) y el aumento del nivel del mar por los efectos del fenómeno de El Niño en nuestras costas de 0.5 m; por lo tanto, la elevación de cresta será igual a:

Elevación de cresta = Profundidad con respecto al MLWS + Rango de marea + Aumento por el fenómeno de El Niño.

Finalmente, las alturas de las estructuras son las siguientes (de sur a norte):

Rompeolas 1 = $2.25 + 2.18 + 0.5 = 4.93 \rightarrow 5.00$ m

Rompeolas 2 = $2.25 + 2.18 + 0.5 = 4.93 \rightarrow 5.00$ m

Rompeolas 3 = $2.50 + 2.18 + 0.5 = 5.18 \rightarrow 5.20$ m

Rompeolas 4 = $3.00 + 2.18 + 0.5 = 5.68 \rightarrow 5.70$ m

Rompeolas 5 = $3.00 + 2.18 + 0.5 = 5.68 \rightarrow 5.70$ m

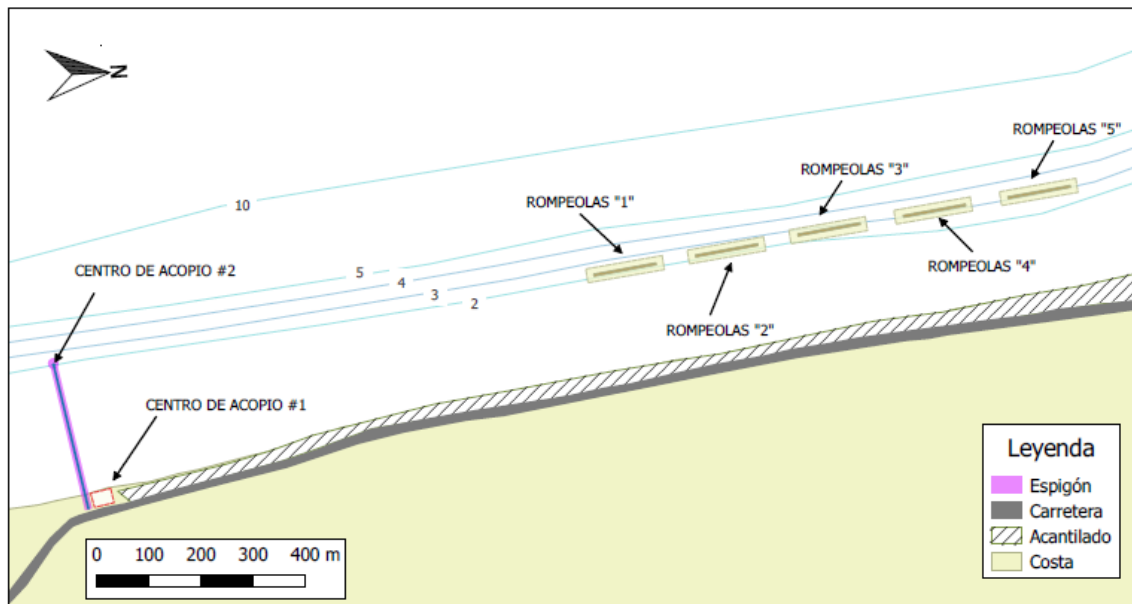


Figura 7.4 Esquema general del proyecto

Elaboración: Las autoras, 2018

7.2.2 10.2.2 Ancho de la cresta

Para el ancho de la cresta se utilizó la siguiente fórmula encontrada en el Shore Protection Manual (1984), ecuación 7-120.

$$B = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{w_r} \right)^{\left(\frac{1}{3} \right)} \quad (7.2)$$

donde:

B = Ancho de la cresta [m]

n = Número de rocas (SPM recomienda mínimo $n=3$)

W = Peso de la roca de la capa [Tn]

w_r = Densidad de la roca – 2,3[Tn/m³]

k_{Δ} = Coeficiente de capa (SPM, Tabla 7.13)

Para esta estructura, $n=3$, $W=3.80$ Tn, $w_r= 2.30$ Tn/m³ y $k_{\Delta}= 1$, por lo tanto:

$$B = 3.55 \text{ m} \sim 4.00 \text{ m}$$

7.3 Espesor de la coraza, capa intermedia y número de unidades

El espesor de la coraza y la capa secundaria se calculó con la siguiente fórmula encontrada en el Shore Protection Manual (1984), ecuación 7-121.

$$r = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{w_r} \right)^{\left(\frac{1}{3} \right)} \quad (7.3)$$

donde:

r = Espesor promedio de la capa [m]

n = Número de rocas que comprimen la capa

W = Peso de la roca de la capa [Tn]

w_r = Densidad de la roca – 2,3 [Tn/m³]

k_{Δ} = Coeficiente de capa (SPM, Tabla 7.13)

7.3.1 Cálculo de los espesores de capa

A. Espesor de la coraza expuesta al oleaje

$n =$
2

$W =$
3.8 Tn

$W_1 =$
2,3 Ton/m³

$k =$
1

$r = 2.36m$

B. Espesor de la coraza protegida del oleaje

$$n = 2$$

$$W = 1.6 \text{ Ton}$$

$$W_1 = 2,3 \text{ Ton/m}^3$$

$$k = 1$$

$$r = 1.77m$$

C. Espesor de la capa intermedia

$$n = 2$$

$$W = 0.38 \text{ Ton}$$

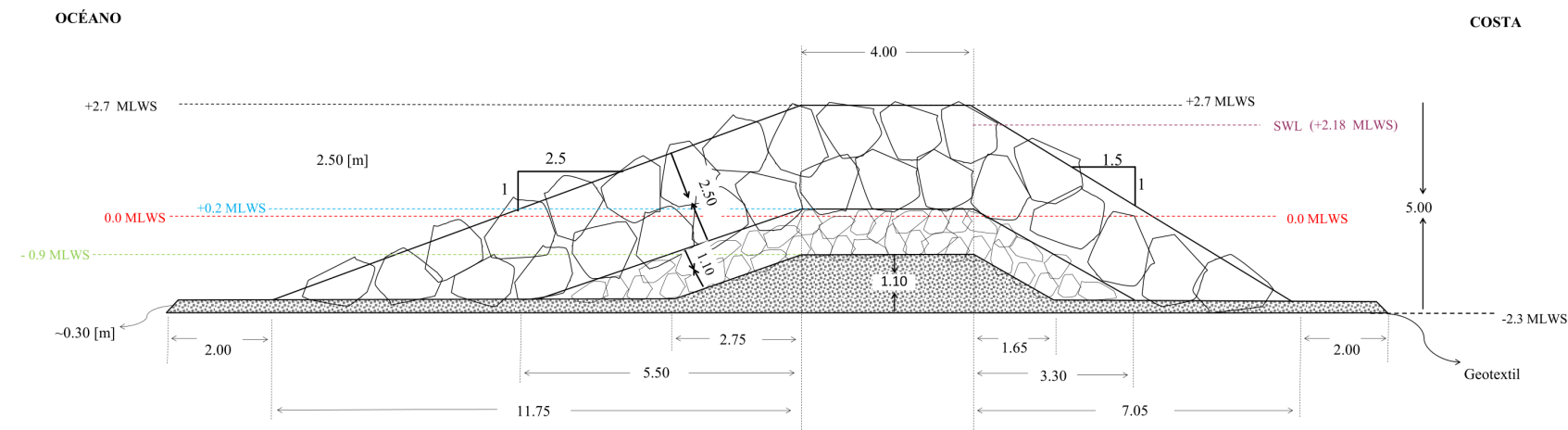
$$W_1 = 2.30 \text{ Ton/m}^3$$

$$k = 1$$

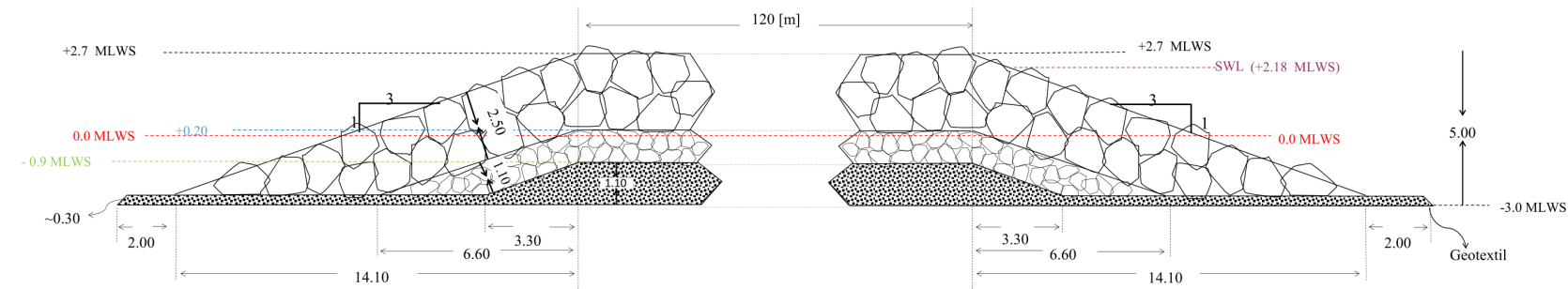
$$r = 1.10m$$

7.4 Vista transversal y longitudinal de las estructuras

CORTE TRANSVERSAL ESCOLLERA 1

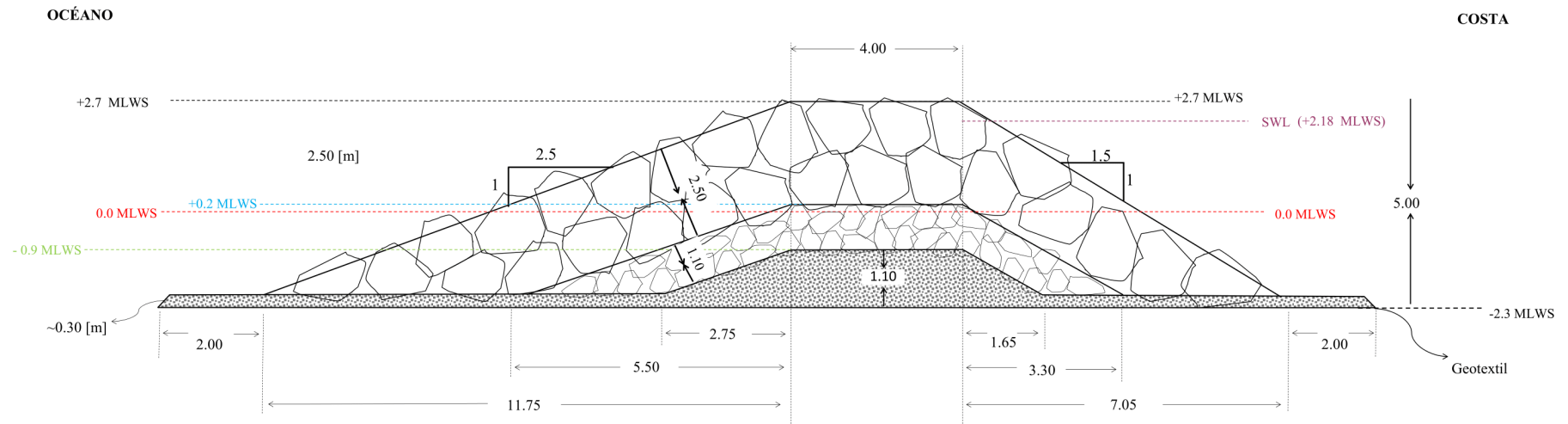


CORTE LONGITUDINAL ESCOLLERA 1

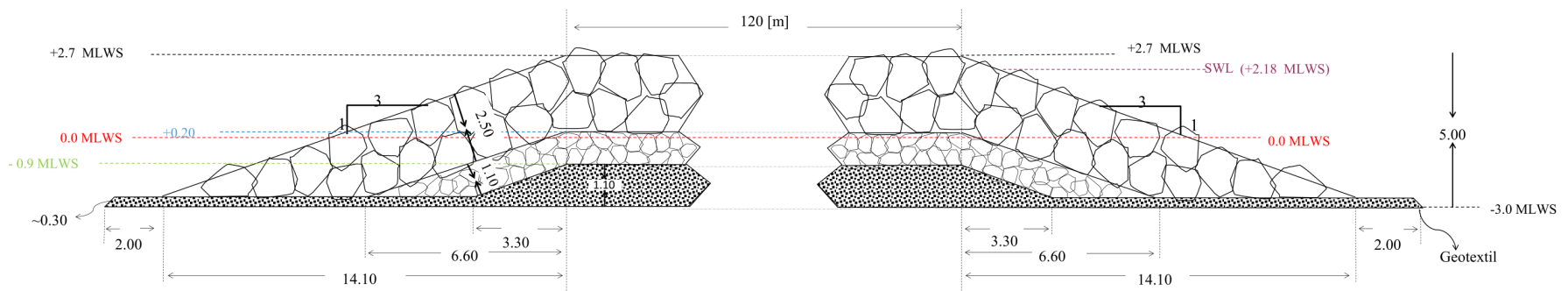


PLANO 1 Vista transversal y longitudinal de escollera 1

CORTE TRANSVERSAL ESCOLLERA 2

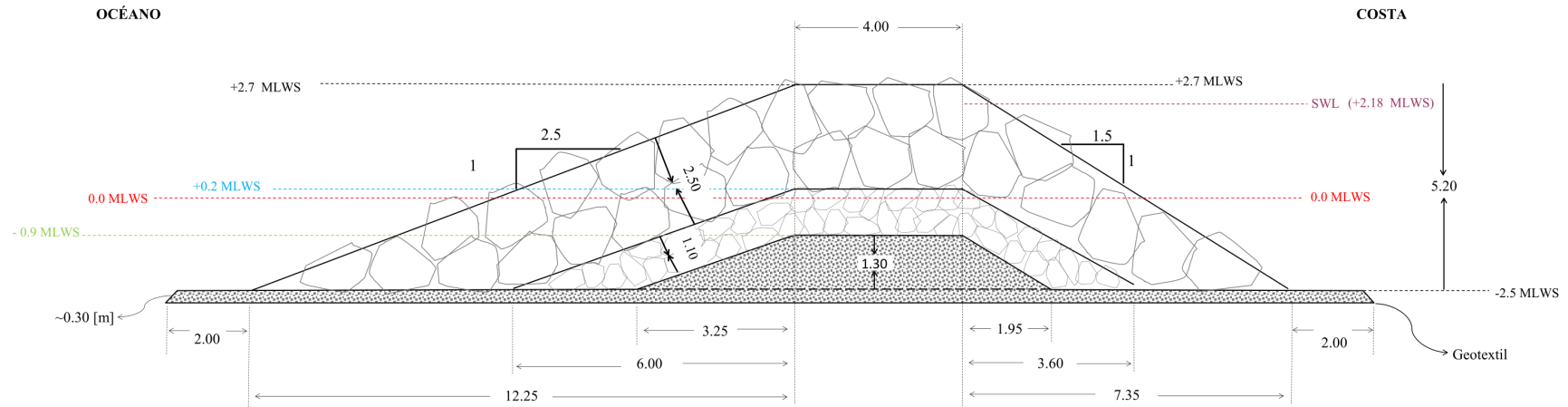


CORTE LONGITUDINAL ESCOLLERA 2

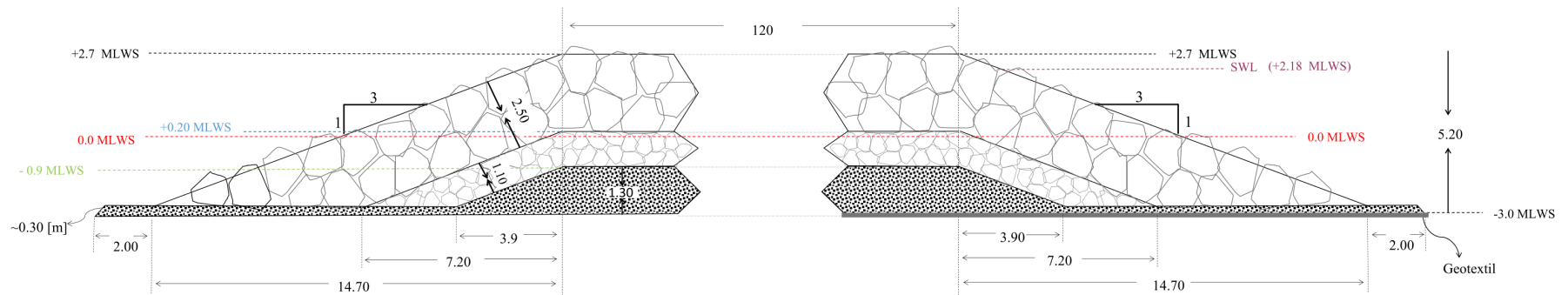


PLANO 2 Vista transversal y longitudinal de escollera 2

CORTE TRANSVERSAL ESCOLLERA 3



CORTE LONGITUDINAL ESCOLLERA 3

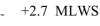


PLANO 3 Vista transversal y longitudinal de escollera 3

OCÉANO

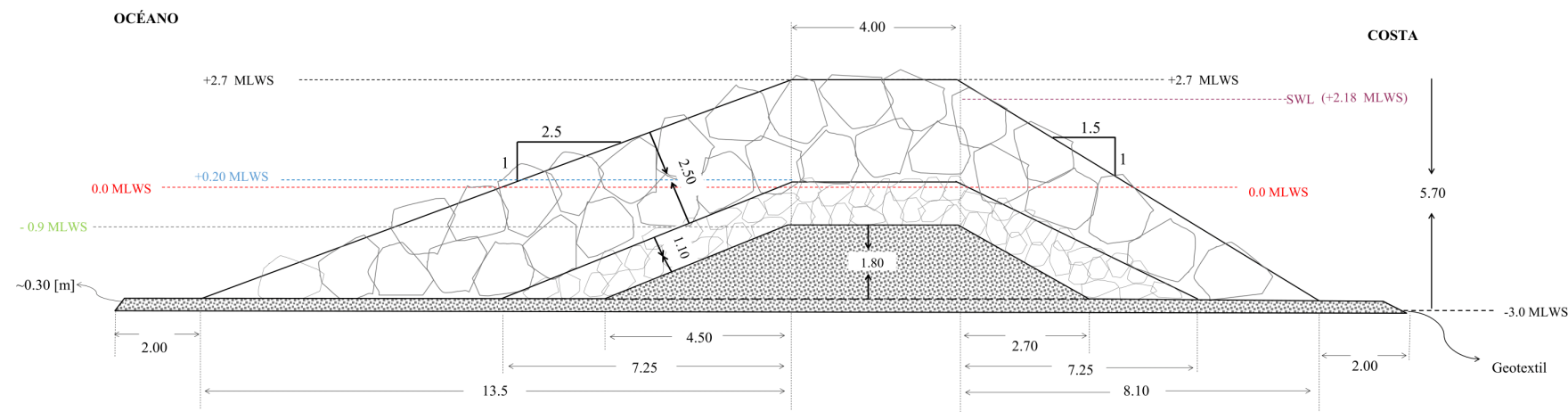


+2.7 MLWS

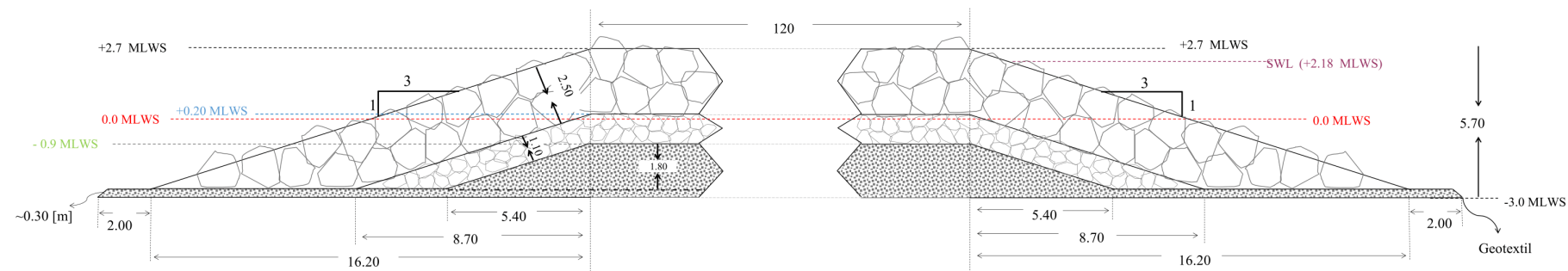


120

CORTE TRANSVERSAL ESCOLLERA 5

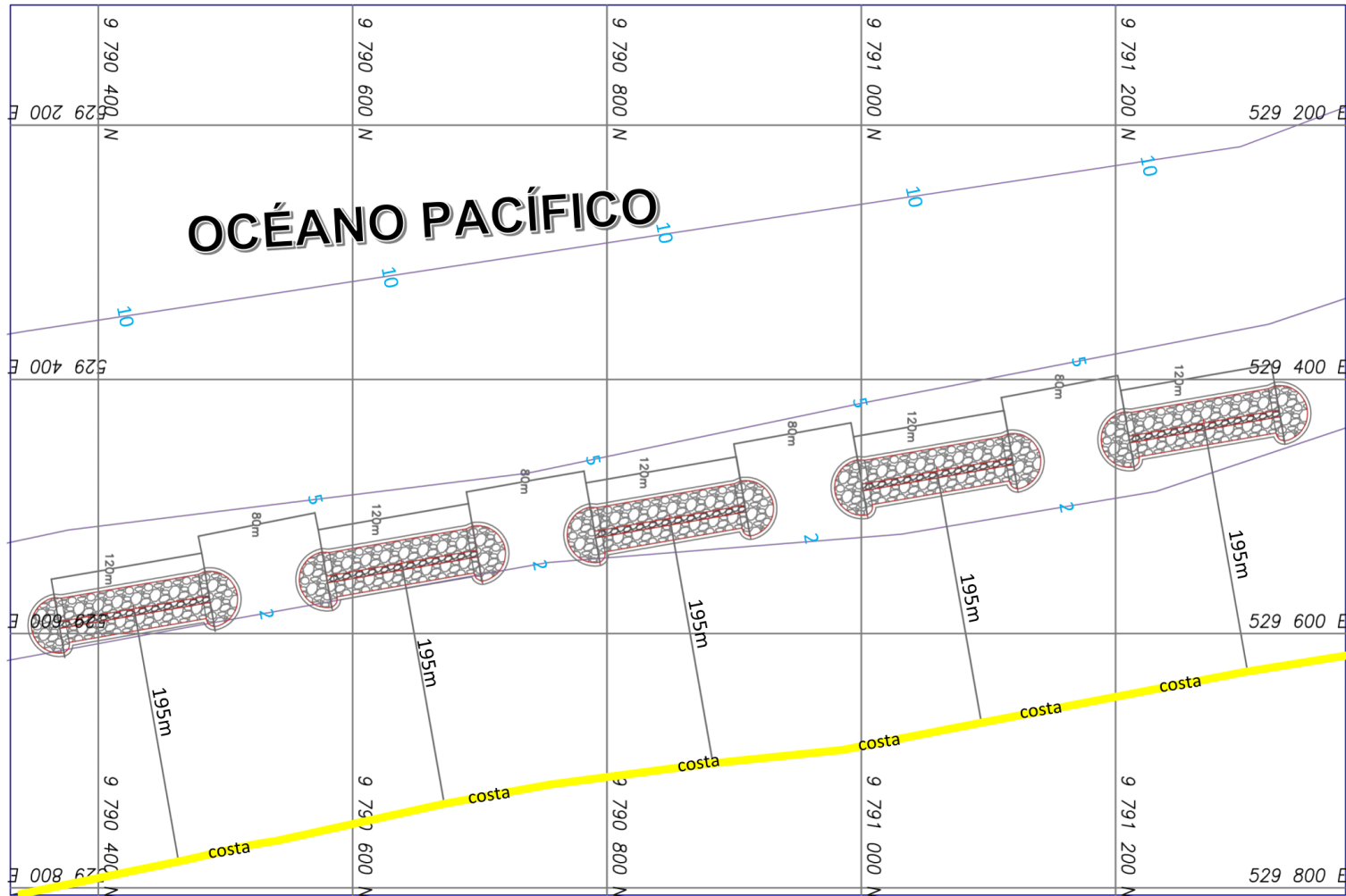


CORTE LONGITUDINAL ESCOLLERA 5



PLANO 5 Vista transversal y longitudinal de escollera 5

7.5 Vista en planta de las estructuras



PLANO 6 Vista en planta de las estructuras

CAPÍTULO 8

8. METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN

En De acuerdo con el manual “The Rock Manual” (CIRIA, 1991), existen dos principales métodos de constructivos para un rompeolas costa afuera, el primero es por tierra, mediante la construcción de terraplenes temporales que servirán de vía de acceso hasta el área de construcción, y el segundo método se realiza mediante el uso de maquinarias que funcionen desde una barcaza en agua.

Debido a limitaciones en el sitio de construcción como lo son la distancia desde la costa hasta el sitio de construcción, la altura en la se encuentra el núcleo (en nuestro caso bajo el nivel 0.0 MLWS, lo cual impediría el movimiento de la maquinaria sobre la estructura) y la longitud de la estructura, se ha escogido como método constructivo el uso de maquinaria desde barcaza.

De manera de general se propone que este proyecto se desarrolle en 12 fases, las cuales se listan a continuación:

Fase 0 – Canteras

Fase 1 – Adecuación de vías de acceso, centro de acopio 1 y transporte del material

Fase 2 – Construcción de espigón y centro de acopio 2

Fase 3 – Transporte de material al centro de acopio 2

Fase 4 – Construcción de rompeolas 1

Fase 4.1 – Señalización

Fase 4.2 – Colocación de geotextil

Fase 4.3 – Colocación del replantillo y núcleo

Fase 4.4 – Colocación de capa intermedia

Fase 4.5 – Colocación de coraza

Fase 4.6 – Señalización

Fase 5 – Construcción de rompeolas 2 (repetir fase 4.1 – 4.6)

Fase 6 – Construcción de rompeolas 3 (repetir fase 4.1 – 4.6)

Fase 7 – Construcción de rompeolas 4 (repetir fase 4.1 – 4.6)

Fase 8 – Construcción de rompeolas 5 (repetir fase 4.1 – 4.6)

Fase 9 – Retiro de espigón

Fase 10 – Reutilización de material para la reconstrucción del muro de contención existente

Fase 11 – Monitoreo

Fase 0. Canteras

La cantera escogida para la realización de este proyecto es la cantera El Tablazo, ubicada aproximadamente a 46 km del área del proyecto. De esta cantera se extraerá el material se servirá tanto para la construcción del espigón como para la construcción de los rompeolas y de sus diferentes capas. Para el replantillo y núcleo se utilizará una roca con un peso entre 10-20 kg, para la capa intermedia se utilizará una roca con un peso entre 250-400 kg y para la capa de coraza se utilizará una roca con un peso entre 3000-4500 kg.

Fase 1. Adecuación de vías de acceso, centro de acopio 1 y transporte del material

El centro de acopio 1 tendrá el principal objetivo de acumular el material que será utilizado para la construcción del espigón, este centro de acopio se encuentra ubicado finalizando el acantilado de Playa Bruja (al sur) y cuenta con un área aproximada de 1600 m², la adecuación del centro de acopio involucra la limpieza de especies arbustivas no protegidas.



Figura 8.1 Centro de Acopio 1

Fuente: Google Earth, 2018

Fase 2. Construcción de espigón y centro de acopio 2

Este espigón tendrá una longitud de 200 m costa afuera, por lo que servirá como vía de acceso para las maquinarias hacia la barcaza, y a su vez servirá como centro de acopio 2 (ver figura). Este centro de acopio facilitará el abastecimiento del material hacia la barcaza utilizando una retroexcavadora.

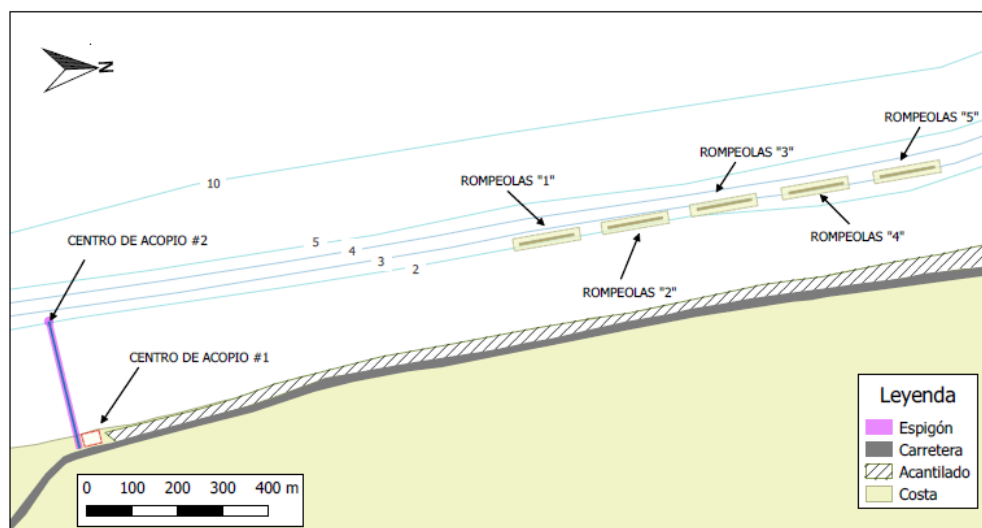


Figura 8.2 Vista de planta del proyecto

Elaboración: Las autoras, 2018

Fase 3. Transporte de material al centro de acopio 2

El transporte del material hacia el centro de acopio se realizará gradualmente (de acuerdo con el avance de la construcción), las rocas serán trasladadas en camiones directamente desde la cantera hasta el centro de acopio 2 (finalizando el espigón)

Fase 4. Construcción de rompeolas 1

Fase 4.1 Señalización

Previo a la construcción, se deberán determinar las coordenadas en las cuales estarían ubicadas las esquinas de las estructuras, luego se deberá llegar al sitio mediante el uso de un GPS y proceder a anclar las boyas al fondo para así asegurar que estas no se muevan durante los procesos de constructivos, esto servirá de guía para establecer los límites de construcción de las estructuras.

Fase 4.2. Colocación de geotextil

El geotextil se desenrollará en el fondo del mar con la ayuda de buzos, tratando de que los bordes de este coincidan con la ubicación de las boyas.

Fase 4.3. Colocación del replantillo y núcleo

El replantillo y el núcleo será constituido por el mismo tipo de roca, este será introducido al mar por medio de volteo, siguiendo en lo posible las cotas y pendientes establecidas en el diseño.

Fase 4.4. Colocación de capa intermedia

De la misma manera, la capa intermedia será construida por medio de volteo del material desde una pala cargadora ubicada en la barcaza

Fase 4.5. Colocación de coraza

La coraza de la estructura será construida por el método de acomodación, es decir con la ayuda de una grúa que opere desde la barcaza, de esta manera se asegura que las unidades de coraza encajen lo mejor posible entre sí, y de esta manera se aumenta la estabilidad de la estructura.

Fase 4.6. Señalización

Terminada la construcción de los rompeolas, se procederá a colocar boyas de alerta de peligro, para prevenir a las personas y pescadores del sector.

Fase 5 - Fase 8

Para la construcción de los rompeolas restantes se seguirán los pasos 4.1 – 4.6

Fase 9. Retiro de espigón

Luego de terminada la construcción de los rompeolas se esperará un periodo de 3 meses para observar la adaptación de la estructura al oleaje y realizar alguna

acomodación en caso de ser necesario. Terminado este periodo de espera, se procederá al retiro de las rocas externas que conforman el espigón, las rocas restantes se irán erosionando con el tiempo hasta formar parte del sistema.

Fase 10. Reutilización de material para la reconstrucción del muro de contención existente

Las rocas retiradas del espigón serán usadas para la reconstrucción del muro de contención que actualmente existe en Playa Bruja, se dará prioridad a las secciones del muro que se encuentren frente al inicio, final y aberturas del sistema de rompeolas.

Fase 11. Monitoreo y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

El objetivo del monitoreo y EIA es que determine si la estructura ha producido algún impacto sobre el medio biótico, abiótico o antrópico, por lo cual se sugiere que se realice al cumplir el primer año de funcionamiento de la estructura y luego cada tres años.

CAPÍTULO 9

9. COSTOS REFERENCIALES DEL PROYECTO

Para determinar el costo estimado del presente proyecto, se han realizado cotizaciones, análisis de proyectos previos de estructuras de protección costera en el litoral ecuatoriano, y consultado con profesionales con experiencia en el área. Como resultado, se presenta un desglose de los principales costos del proyecto (ver tabla 9.1), los cuales incluyen: compra de maquinaria, estudios preliminares, construcción del espigón temporal, construcción de cada rompeolas, retiro del espigón, reconstrucción del muro de contención actual, y honorarios profesionales; adicionalmente se estimó un valor de gastos administrativos y logísticos del 2%.

9.1 Maquinaria y Medios de Transporte

Se ha considerado la compra de dos excavadoras de cadenas con una capacidad de carga de 20 toneladas, se tiene previsto que una excavadora funcione para las actividades de carga desde el centro de acopio #2 hacia la barcaza y otra que encuentre permanentemente en la de la barcaza; además, se ha considerado un rubro del 10% del valor de las maquinarias, lo cual representa los gastos de repuestos, mantenimiento y combustible.

Para el transporte del material al sitio de construcción será necesario el uso de una barcaza, para este proyecto se recomienda una con dimensiones de 20 metros de eslora por 6-7 metros de ancho; la cual podría tener un precio aproximado de \$190.000; Además, se prevé la compra de bote con motor fuera de borda de 5 metros de largo por 1.5 metros de ancho para las actividades como monitoreo de la obra, movilización de la obra entre otros.

Table 9.1 Costos referenciales maquinaria

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Excavadora		2	\$170.000,00	\$340.000,00
2	Barcaza		1	\$190.000,00	\$190.000,00
3	Bote		1	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
	Subtotal				\$ 532.500,00

9.2 Estudios previos

Los estudios de básicos de ingeniería servirán como método de comparación y/o confirmación de la información recolectada y analizada en los primeros capítulos de este proyecto, para lo cual se propone que se realicen dos salidas en sicigia y 2 salidas en cuadratura, con tres estaciones por salidas, y adicionalmente dos salidas de veleteo (sicigia y cuadratura) donde se cubran los cambios de marea.

Para esto se necesitará una persona por estación y otra para veleteo, a las cuales se les reconocerá \$150 por salida, además se toma en cuenta el alquiler del bote que se encuentra alrededor \$100, el análisis de la información recolocada y preparación de informe \$2000 y otros gastos imprevistos \$200.

Se requiere realizar el estudio batimétrico y topográfico del área de estudio

Table 9.2 Costos referenciales Estudios Previos

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
4	Batimetria y topografia				\$ 25.000,00
5	Estudios Basicos de Ingenieria				\$ 4.500,00
	Subtotal				\$ 29.500,00

9.3 Construcción del espigón temporal

Para el costo aproximado del espigón temporal se tomó referencia los costos obtenidos para la construcción de los rompeolas en el presente proyecto, se estima que la construcción del espigón esté en \$650000

9.4 Construcción del sistema de rompeolas costa afuera

Se estima que la construcción de cada rompeolas tenga una duración de un mes, donde será necesario la contratación de:

- Tres buzos (\$2000/mes, c/u)
- Un capitán de barcaza (\$1200/mes)
- Dos conductores de maquinaria (\$800/mes, c/u)
- Dos ingenieros supervisores (\$2500/mes, c/u)
- Un conductor de bote (\$400/mes)

Table 9.3 Costos referenciales Rompeolas 1

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
6	Geotextil NT 3000	m2	5822	\$ 3,71	\$ 21.599,62
7	Transporte material para replantillo y núcleo (46 km)	m3*km	106635,36	\$ 0,21	\$ 22.393,43
8	replantillo y nucleo	m3	1,783.2	\$ 24,45	\$ 43.599,24
9	materia para reposicion por perdida (30%)	m3	534,96	\$ 24,45	\$ 13.079,77
10	Transporte material para capa intermedia	m3*km	77235,84	\$ 0,25	\$ 19.308,96
11	capa intermedia	m3	1399,2	\$ 16,58	\$ 23.198,74
12	materia para reposicion por perdida (20%)	m3	279,84	\$ 16,58	\$ 4.639,75
13	Transporte de material para capa de coraza	m3*km	290411,89	\$ 0,36	\$ 104.548,28
14	capa de coraza	m3	5605,08	\$ 45,83	\$ 256.880,82
15	materia para reposicion por perdida (15%)	m3	840,762	\$ 45,83	\$ 38.532,12
16	Honorarios profesionales				\$ 14.200,00
	Subtotal				\$ 561.980,72

Table 9.4 Costos referenciales Rompeolas 2

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
17	Geotextil NT 3000	m2	5822	\$ 3,71	\$ 21.599,62
18	Transporte material para replantillo y núcleo (46 km)	m3*km	106635,36	\$ 0,21	\$ 22.393,43
19	replantillo y nucleo	m3	1,783.2	\$ 24,45	\$ 43.599,24
20	materia para reposicion por perdida (30%)	m3	534,96	\$ 24,45	\$ 13.079,77
21	Transporte material para capa intermedia	m3*km	77235,84	\$ 0,25	\$ 19.308,96
22	capa intermedia	m3	1399,2	\$ 16,58	\$ 23.198,74
23	materia para reposicion por perdida (20%)	m3	279,84	\$ 16,58	\$ 4.639,75
24	Transporte de material para capa de coraza	m3*km	290411,89	\$ 0,36	\$ 104.548,28
25	capa de coraza	m3	5605,08	\$ 45,83	\$ 256.880,82
26	materia para reposicion por perdida (15%)	m3	840,762	\$ 45,83	\$ 38.532,12
27	Honorarios profecionales				\$ 14.200,00
	Subtotal				\$ 561.980,72

Table 9.5 Costos referenciales Rompeolas 3

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
28	Geotextil NT 3000	m2	5993,44	\$ 3,71	\$ 22.235,66
29	Transporte material para replantillo y núcleo (46 km)	m3*km	120975,4	\$ 0,21	\$ 25.404,83
30	replantillo y nucleo	m3	2023	\$ 24,45	\$ 49.462,35
31	materia para reposición por perdida (30%)	m3	606,9	\$ 24,45	\$ 14.838,71
32	Transporte material para capa intermedia (46 km)	m3*km	83064,96	\$ 0,25	\$ 20.766,24
33	capa intermedia	m3	1504,8	\$ 16,58	\$ 24.949,58
34	materia para reposición por perdida (20%)	m3	300,96	\$ 16,58	\$ 4.989,92
35	Transporte de material para capa de coraza (46 km)	m3*km	310423,55	\$ 0,36	\$ 111.752,48
36	capa de coraza	m3	5868,12	\$ 45,83	\$ 268.935,94
37	materia para reposición por perdida (15%)	m3	880,218	\$ 45,83	\$ 40.340,39
38	Honorarios profecionales				\$ 14.200,00
	Subtotal				\$ 597.876,10

Table 9.6 Costos referenciales Rompeolas 4

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
39	Geotextil NT 3000	m2	6431,04	\$ 3,71	\$ 23.859,16
40	Transporte material para replantillo y núcleo (46 km)	m3*km	161890,56	\$ 0,21	\$ 33.997,02
41	replantillo y nucleo	m3	2707,2	\$ 24,45	\$ 66.191,04
42	materia para reposición por perdida (30%)	m3	812,16	\$ 24,45	\$ 19.857,31
43	Transporte material para capa intermedia (46 km)	m3*km	97637,76	\$ 0,25	\$ 24.409,44
44	capa intermedia	m3	1768,8	\$ 16,58	\$ 29.326,70
45	materia para reposición por perdida (20%)	m3	353,76	\$ 16,58	\$ 5.865,34
46	Transporte de material para capa de coraza (46 km)	m3*km	345432,77	\$ 0,36	\$ 124.355,80
47	capa de coraza	m3	6529,92	\$ 45,83	\$ 299.266,23
48	materia para reposición por perdida (15%)	m3	979,488	\$ 45,83	\$ 44.889,94
49	Honorarios profecionales				\$ 14.200,00
	Subtotal				\$ 686.217,98

Table 9.7 Costos referenciales Rompeolas 5

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
50	Geotextil NT 3000	m2	6431,04	\$ 3,71	\$ 23.859,16
51	Transporte material para replantillo y núcleo (46 km)	m3*km	161890,56	\$ 0,21	\$ 33.997,02
52	replantillo y nucleo	m3	2707,2	\$ 24,45	\$ 66.191,04
53	materia para reposición por perdida (30%)	m3	812,16	\$ 24,45	\$ 19.857,31
54	Transporte material para capa intermedia (46 km)	m3*km	97637,76	\$ 0,25	\$ 24.409,44
55	capa intermedia	m3	1768,8	\$ 16,58	\$ 29.326,70
56	materia para reposición por perdida (20%)	m3	353,76	\$ 16,58	\$ 5.865,34
57	Transporte de material para capa de coraza (46 km)	m3*km	345432,77	\$ 0,36	\$ 124.355,80
58	capa de coraza	m3	6529,92	\$ 45,83	\$ 299.266,23
59	materia para reposición por perdida (15%)	m3	979,488	\$ 45,83	\$ 44.889,94
60	Honorarios profecionales				\$ 14.200,00
	Subtotal				\$ 686.217,98

9.5 Retiro de espigón y reconstrucción de muro de contención actual

Se tiene previsto que el retiro y reconstrucción del espigón tengan una duración de un mes cada uno, donde será necesario la contratación de:

- Dos conductores de maquinaria (\$800/mes, c/u)
- Un ingeniero supervisor (\$2500/mes)
- Seis obreros (\$400/mes, c/u)

Además, se prevé que será necesario la compra de una nueva excavadora, debido a que el desgaste de las que se compraron al iniciar proyecto las dejará obsoletas; teniéndose un total de \$183.000,00

Se consideró un 15% del costo total del proyecto como costos indirectos, los cuales incluyen los costos administrativos, de logística y cualquier otro gasto adicional. Finalmente, el costo total referencial del proyecto es \$5.162.664,52

Table 9.8 Costo total del proyecto

Subtotal	\$4.489.273,50
Costos Indirectos (15%)	\$ 673.391,02
Total	\$5.162.664,52

CAPÍTULO 10

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 Conclusiones

- De acuerdo con la información recolectada durante las salidas de campo e información secundaria se determinó que: (1) las alturas de olas en aguas profundas se encuentran entre un rango de 0.60 -2.8 m, siendo las más frecuentes 1.0m-1.6m; el oleaje proveniente del norte (300°) se acerca a la costa sin mayores efectos de refracción (es decir la altura de las olas no cambia significativamente al acercarse a aguas someras); durante las salidas de campo se observaron olas de hasta 2.0m; el tipo de suelo es homogéneo, y su tipo de sedimento es arena gruesa, el transporte litoral es predominante hacia la derecha (norte); las pendientes en Playa Bruja son tipo suave y moderada; el rango de marea se establece como 2.18m; , se observa la presencia de un flujo de agua dominante en dirección N-NO en etapa flujo y NE-SE en etapa refluo
- La solución propuesta en el presente proyecto para proteger la sección de carretera que se encuentra sobre el acantilado de Playa Bruja, así como la infraestructura ubicada en su frente costero, consiste en la construcción de un sistema de rompeolas costa afuera compuesto por cinco estructuras de 120 metros cada uno y separadas entre sí 80 metros, protegiendo un frente costero de unos 920 metros.

- Las estructuras fueron diseñadas de tal manera que disipen la energía del oleaje incidente, lo que generaría una zona de calma y en el futuro, la acreción de sedimentos en forma de salientes
- El método constructivo se basa en la construcción espigón temporal en cuyo extremo (lado que da al mar) se encuentre un centro de acopio que servirá para abastecer a la barcaza. El costo estimado para este proyecto es de \$5.162.664,52

10.2 Recomendaciones

- Se recomienda que para el diseño final de las estructuras se realice un levantamiento batimétrico y una detección de fallas geológicas a fin de determinar acertadamente la ubicación de las escolleras.
- Se recomienda que para determinar un preciso nivel de asentamiento de las estructuras se realice un estudio de perfil de suelo en la zona de construcción.
- Antes de la retirada del espigón se recomienda esperar un periodo 3 meses para observar la adaptación de la estructura al oleaje y realizar alguna acomodación en caso de ser necesario.
- Realizar campañas de socialización antes, durante y después del proyecto, no solamente en la comunidad de Libertador Bolívar, sino en las comunidades aledañas.

BIBLIOGRAFÍA

Allauca, S., & Cardin, V. (1987). *Análisis de las olas en la costa central del Ecuador*. Ecuador: Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR.

Allauca, S., & Lucero, M. (1992). *Estudio de la Circulación Costera Frente al Puerto de la Libertad (Ecuador) utilizando flotadores*. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Guayaquil-Ecuador.

Afonso de Almedia, P., & Silva Casarin, R. (2004). Infraestructura de Protección Costera. En E. Rivera Arriaga, G. Villalobo Zapata, I. Azuz Adeath, & F. Rosado May, *El Manejo Costero en Mexico*. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo.

Andrade, G. (2012). *Diseño de Obras de Protección con su Correspondiente Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental en el Frente de Costa de la Población de Palmar*. Guayaquil.

Atlantic Network for Coastal Risk Management (ANCORIM). (2017). *Riesgos Costeros: cómo reconocerlos y enfrentarse a ellos*.

Autoridad Portuaria de Manta (APM). (2016). *Autoridad Portuaria de Manta*. Obtenido de <http://www.puertodemanta.gob.ec/wp-content/uploads/2016/12/Instalaciones.pdf>

Cedeño, J., & Donoso, M. (2010). *Atlas pluviométrico*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura. Documentos Técnicos del PHILAC, N°21

Chasten, M., Rosati, J., & John, M. (1993). *Engineering Design Guidance for Deattached Breakwaters as Shoreline Stabilizaion Structures*. US Corps of Engineers, Civil Engineering Department, Washington, DC.

CIRIA, CUR, & CETMEF. (2007). *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering*. C683, CIRIA, London.

Cornejo Rodríguez, M. P., & Cardin, V. (1990). *Análisis de viento en la provincia de Manabí*. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR.

Cornejo, P. (1989-1999). *Climatología de la zona costera ecuatoriana*.

Corporación Andina de Fomento. (s.f.). *Las Lecciones de El Niño - El Fenómeno El Niño 1997 - 1998 Memoria, Retos Y Soluciones*.

Dally, W., & Pope, J. (1986). *Deattached Breakwaters for Shore Protection*. US Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington, DC.

Espinoza, J. (1996). *El Niño y sus implicaciones sobre el medio ambiente*. Acta Oceanográfica del Pacífico- INOCAR, INOCAR, Guayaquil.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Manglaralto. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural manglaralto 2014 - 2019*.

Gonzales Linares, C. (2017). *Caracterización de la Ola de diseño en el flume del laboratorio de la Universidad Ricardo Palma*. Lima: Universidad Ricardo Palma.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador. (s.f.). *INAMHI*. Obtenido de Características generales del clima en el Ecuador:

Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). (2017). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU)*. Quito.

Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI). (2006). *Anuario Metereológico 2003*. Guayaquil. Obtenido de

<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202003.pdf>

Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI). (2006). *Anuario Metereológico 2004*. Quito. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202004.pdf>

Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI). (2006). *Anuario Metereológico 2005*. Quito. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202005.pdf>

Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI). (2008). *Anuario Metereológico 2006*. Quito. Obtenido de <https://docplayer.es/49089688-Anuario-meteorologico-2006.html>

Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI). (2010). *Anuario Metereológico 2007*. Quito. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202007.pdf>

Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI). (2010). *Anuario Metereológico 2008*. Quito. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202008.pdf>

Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI). (2012). *Anuario Metereológico 2009*. Quito. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202009.pdf>

Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI). (2012). *Anuario Metereológico 2010*. Quito. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202010.pdf>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2014). *Anuario Meteorológico 2011*. Quito. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2015). *Anuario Meteorológico 2012*. Quito. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2017). *Anuario Meteorológico 2013*. Quito. Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf

Larasati, A., & Wacano, D. (2013). *Emery Method for Beach Profiling*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/322274881_Emergy_Method_for_Beach_Profiling

Mindiola Robayo, M., & Recalde Mosquera, S. (2008). *Análisis de metodologías para la evaluación ambiental de la construcción del terminal marítimo en el sector de Monteverde, Provincia de Santa Elena*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Moreano, H., Zambrano, E., Rocio, S., & Paredes, N. (1986). *El Niño 82-83 su formación, su desarrollo y sus manifestaciones en aguas ecuatorianas*. Acta Oceanografica del Pacífico, INOCAR, Vol.3 No.1.

Nicholls, R. J. (2004). *Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: changes under the SRES climate and socio-economic scenarios*. Enfield, UK: Flood Hazard Research Centre, Middlesex University, .

NOAA. (2018). *Environmental Modeling Center*. Obtenido de Wavewatch III: <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch/>

Rosati, J. D. (1990). *Functional Design of Breakwaters For Shore Protection: Empirical Methods*. US Corps of Engineers, Department of the Army, Washington DC.

Rossel, F., Cadier, E., & Gomez, G. (1996). *LAS INUNDACIONES EN LA ZONA COSTERA ECUATORIANA: CAUSAS, OBRAS DE PROTECCION EXISTENTES y PREVISTAS*. Quito: INSEQ.

Sánchez Cuadros, E. (2003). *Diseño de las obras de protección costera del malecón de la Libertad, Provincia del Guayas*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Silva, G. (1992). *Análisis de la variabilidad climática de la zona costera ecuatoriana utilizando componentes principales*. . Guayaquil: Tesis de Grado Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Silva, R., Moreno, P., & Mendoza, E. L. (noviembre de 2017). *INECOL*. Obtenido de http://proyectos.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/RecomendacionesGralesManejoZonaCostera_PMoreno.pdf

Stewart, R. H. (2008). *Introduction to Physical Oceanography*. (A. & University, Ed.) Texas.

Training and Doctrine Command (TRADOC). (1993). *Army Water Transport Operations*. Field Manual, Department of the Army, Washington, DC.

US Army Corps of Engineer (USACE). (1992). *Coastal Groins and Nearshore Breakwaters*. Washington, DC.

US Army Corps of Engineers. (1984). *Shore Protection Manual (SPM)* (Vol. I). Washington, DC.

US Army Corps of Engineers. (1984). *Shore Protection Manual (SPM)* (Vol. II). Washington, DC.

US Army Corps of Engineers. (2003). *Coastal Engineering Manual (CEM)*. Washington, DC.

Vera, L., Lucero, M., & Mindiola, M. (2009). *Caracterización oceanográfica de la costa central ecuatoriana entre la punta del Morro y Jaramijó, Ecuador*. Guayaquil: ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO VOL.15, N°1. .

William R. Dally, J. P. (1986). *Deattached Breakwaters for Shore Protection*. US Army Corps of Engineers, Department of the Army, Washington, DC.

ANEXOS

ANEXO A

Tablas de resultados circulación off-shore

16 julio 2018 Sicigia 10h16-15h12

a. Siembra 1

Veleta	Negra	Roja	Azul	Amarillo-Roja	Azul-Roja
Tipo	SS	S	SS	S	SS
Hora	10:16-11:01	10:20-11:00	10:22-10:59	10:24-10:57	10:27-10:55
Distancia (m)	153,32	90,79	53,01	79,56	28,07
Dirección (grados)	59	49	91	15	4
Velocidad (cm/s)	5,68	3,78	2,39	4,02	1,67
Hora	11:01-11:13	11:00-11:16	10:59-11:18	10:57-11:20	10:55-11:21
Distancia (m)	48,80	56,86	49,65	102,65	40,50
Dirección (grados)	45,83	56	99	42	327
Velocidad (cm/s)	6,78	5,92	4,36	7,44	2,60
Vel prom(cm/s)	6,23	4,85	3,37	5,73	2,13
Promedio Veletas Superficiales					5,29
Promedio Veletas Subsuperficiales					3,91

b. Siembra 2

Veleta	Negra	Roja	Azul	Amarillo-Roja	Azul-Roja
Tipo	SS	S	SS	S	SS
Hora	11:31-11:56	11:29-11:58	11:28-11:59	11:27-12:00	11:25-12:01
Distancia (m)	145,06	102,08	95,04	119,64	126,05
Dirección (grados)	92	88	82	74	59
Velocidad (cm/s)	9,67	5,87	5,11	6,04	5,84
Hora	11:56-12:37	11:58-12:36	11:59-12:35	12:00-12:34	12:01-12:32
Distancia (m)	213,71	170,05	164,30	135,37	122,67
Dirección (grados)	83	91	87	77	61
Velocidad (cm/s)	8,69	7,46	7,61	6,64	6,60
Hora	12:37-13:00	12:36-13:04	12:35-13:05	12:34-13:09	12:32-13:11
Distancia (m)	110,29	124,04	132,97	123,48	122,59
Dirección (grados)	86	83	83	65	56
Velocidad (cm/s)	7,99	7,38	7,39	5,88	5,24
Vel prom(cm/s)	8,78	6,90	6,70	6,19	5,89
Promedio Veletas Superficiales					6,54
Promedio Veletas Subsuperficiales					7,12

c. Siembra 3

Veleta	Negra	Roja	Azul	Amarillo-Roja	Azul-Roja
Tipo	SS	S	SS	S	SS
Hora	13:19-13:45	13:17-13:46	13:16-13:47	13:15-13:48	13:13-13:49
Distancia (m)	95,89	120,35	92,18	127,32	102,34
Dirección (grados)	82	62	61	33	56
Velocidad (cm/s)	6,15	6,92	4,96	6,43	4,74
Hora	13:45-14:12	13:46-14:10	13:47-14:08	13:48-14:07	13:49-14:05
Distancia (m)	114,54	127,46	70,49	89,83	69,89
Dirección (grados)	78	63	58	44	56
Velocidad (cm/s)	7,07	8,85	5,59	7,88	7,28
Vel prom(cm/s)	6,61	7,88	5,28	7,15	6,01
Promedio Veletas Superficiales					7,52
Promedio Veletas Subsuperficiales					5,96

d. Siembra 4

Veleta	Negra	Roja	Azul	Amarillo-Roja	Azul-Roja
Tipo	SS	S	SS	S	SS
Hora	14:14-14:48	14:15-14:47	14:17-14:45	14:18-14:44	14:20-14:43
Distancia (m)	151,46	161,47	86,49	131,61	88,12
Dirección (grados)	82,03	55	79	36	28
Velocidad (cm/s)	7,42	8,41	5,15	8,44	6,39
Hora	14:48-15:06	14:47-15:08	14:45-15:09	14:44-15:11	14:43-15:12
Distancia (m)	97,25	78,82	67,60	133,54	107,35
Dirección (grados)	85,87	54	61	23	25
Velocidad (cm/s)	9,00	6,26	4,69	8,24	6,17
Vel prom(cm/s)	8,21	7,33	4,92	8,34	6,28
Promedio Veletas Superficiales					7,84
Promedio Veletas Subsuperficiales					6,47

Salida 7 Julio 2017 -Cuadratura 10h21-15h47

a. Siembra 1

Veleta	Roja	Azul Franjas	Azul	Amarillo-Roja
Tipo	S	SS	SS	S
Hora	10:26-10:57	10:24-10:59	10:29-10:55	10:21-11:01
Distancia (m)	46,10	36,88	58,69	18,11
Dirección (grados)	94,00	131	134	84
Velocidad (cm/s)	2,48	1,76	3,76	0,75
Hora	10:57-11:27	10:59-11:26	10:55-11:29	11:01-11:25
Distancia (m)	32,25	15,03	59,46	17,20
Dirección (grados)	83,00	86	138	36
Velocidad (cm/s)	1,79	0,93	2,91	1,19
Hora	11:27-12:02	11:26-12:04	11:29-11:59	11:25-12:06
Distancia (m)	57,27	24,08	52,47	64,66
Dirección (grados)	65,00	85	98	51
Velocidad (cm/s)	2,73	1,06	2,91	2,63
Velocidad promedio (cm/s)	2,33	1,25	3,20	1,53
Promedio Veletas Superficiales				1,93
Promedio Veletas Subsuperficiales				2,22

b. Siembra 2

Veleta	Roja	Azul Franjas	Azul	Amarillo-Roja
Tipo	S	SS	SS	S
Hora	12:13-12:45	12:11-12:47	12:15-12:43	12:09-12:48
Distancia (m)	91,24	48,76	34,71	103,45
Dirección (grados)	46,00	75	49	30
Velocidad (cm/s)	4,75	2,26	2,07	4,42
Hora	12:45-13:19	12:47-13:17	12:43-13:21	12:48-13:14
Distancia (m)	97,59	60,54	68,26	78,89
Dirección (grados)	46,00	59	32	30
Velocidad (cm/s)	4,78	3,36	2,99	5,06
Velocidad promedio (cm/s)	4,77	2,81	2,53	4,74
Promedio Veletas Superficiales				4,75
Promedio Veletas Subsuperficiales				2,67

c. Siembra 3

Veleta	Roja	Azul Franjas	Azul	Amarillo-Roja
Tipo	S	SS	SS	S
Hora	13:26-14:01	13:28-13:59	13:24-14:02	13:30-13:58
Distancia (m)	123,04	56,22	120,42	104,24
Dirección (grados)	44,00	39	48	28
Velocidad (cm/s)	5,86	3,02	5,28	6,20
Hora	14:01-14:27	13:59-14:29	14:02-14:26	13:58-14:31
Distancia (m)	81,32	39,60	50,54	106,79
Dirección (grados)	45,00	45	63	44
Velocidad (cm/s)	5,21	2,20	3,51	5,39
Velocidad promedio (cm/s)	5,54	2,61	4,40	5,80
Promedio Veletas Superficiales				5,67
Promedio Veletas Subsuperficiales				3,50

d. Siembra 4

Veleta	Roja	Azul Franjas	Azul	Amarillo-Roja
Tipo	S	SS	SS	S
Hora	14:39-15:02	14:38-15:04	14:41-15:00	14:35-15:05
Distancia (m)	77,90	33,73	48,17	125,18
Dirección (grados)	61	78	42	44
Velocidad (cm/s)	5,64	2,16	4,23	6,95
Hora	15:02-15:22	15:04-15:21	15:00-15:24	15:05-15:19
Distancia (m)	84,20	25,50	55,44	49,58
Dirección (grados)	53,00	48	39	48
Velocidad (cm/s)	7,02	2,50	3,85	5,90
Hora	15:22-15:43	15:21-15:45	15:24-15:41	15:19-15:47
Distancia (m)	88,41	62,36	45,61	132,94
Dirección (grados)	52	74	52	44
Velocidad (cm/s)	7,02	4,33	4,47	7,91
Velocidad promedio (cm/s)	6,56	3,00	4,18	6,92
Promedio Veletas Superficiales				6,74
Promedio Veletas Subsuperficiales				3,59

21 Julio 2018 Cuadratura 11H33-14h10

a. Siembra 1

Veleta	Azul-Roja-Ploma	Amarillo-Rojo	Negra	Roja	Azul	Azul-Roja
Tipo	SS	S	SS	S	SS	S
Hora	11:33-12:25	11:36-12:23	11:39-12:21	11:41-12:21	11:43-12:20	11:45-12:19
Distancia (m)	114,49	128,00	119,57	119,64	102,88	111,63
Dirección (grados)	334	0,45	346	344	339	350
Velocidad (cm/s)	3,67	4,54	4,74	4,99	4,63	5,47
Hora	12:25-12:50	12:23-12:52	12:21-12:53	12:21-12:54	12:20-12:55	12:19-12:57
Distancia (m)	59,62	58,00	94,37	113,99	102,96	130,86
Dirección (grados)	337	350	347	352	349	353
Velocidad (cm/s)	3,97	3,38	4,91	5,76	4,90	5,74
Hora	12:50-13:32	12:52-13:30	12:53-13:28	12:54-13:27	12:55-13:23	12:57-13:21
Distancia (m)	106,28	56,00	80,06	81,02	82,76	85,38
Dirección (grados)	340	342	351	359	348	346
Velocidad (cm/s)	4,22	2,58	3,81	4,09	4,93	5,93
Velocidad promedio (cm/s)	3,95	3,50	4,49	4,94	4,82	5,71
Promedio Veletas Superficiales						4,72
Promedio Veletas Subsuperficiales						4,42

b. Siembra 2

Veleta	Azul-Roja-Ploma	Amarillo-Rojo	Negra	Roja	Azul	Azul-Roja
Tipo	SS	S	SS	S	SS	S
Hora	13:37-14:22	13:39-14:20	13:41-14:19	13:43-14:17	13:45-14:16	13:47-14:14
Distancia (m)	81,41	82,38	66,48	88,10	47,89	76,92
Dirección (grados)	332	350	339	334	331	344
Velocidad (cm/s)	3,02	3,35	2,92	4,32	2,57	4,75
Hora	14:22-14:46	14:20-14:48	14:19-14:49	14:17-14:51	14:16-14:53	14:22-14:54
Distancia (m)	46,32	54,92	67,47	94,09	67,05	104,31
Dirección (grados)	327	350	348	358	343	356
Velocidad (cm/s)	3,22	3,27	3,75	4,61	3,02	4,35
Velocidad promedio (cm/s)	3,12	3,31	3,33	4,47	2,80	4,55
Promedio Veletas Superficiales						4,11
Promedio Veletas Subsuperficiales						3,08

c. Siembra 3

Veleta	Azul-Roja-Ploma	Amarillo-Roja	Negra	Roja	Azul	Azul-Roja
Tipo	SS	S	SS	S	SS	S
Hora	15:07-15:30	15:05-15:32	15:04-15:33	15:02-15:34	15:01-15:35	14:59-15:36
Distancia (m)	53,34	74,15	56,89	46,24	58,69	103,47
Dirección (grados)	354	10	10	22	23	35
Velocidad (cm/s)	3,87	4,58	3,27	2,41	2,88	4,66
Hora	15:30-16:10	15:32-16:09	15:33-16:07	15:34-16:05	15:35-16:03	15:36-16:01
Distancia (m)	76,84	67,19	81,39	31,95	44,55	73,82
Dirección (grados)	18	4	26	20	46	36
Velocidad (cm/s)	3,20	3,03	3,99	1,72	2,65	4,92
Velocidad promedio (cm/s)	3,53	3,80	3,63	2,06	2,76	4,79
Promedio Veletas Superficiales						3,55
Promedio Veletas Subsuperficiales						3,31

14 agosto 2018 Sicigia 11h01 – 13h05

	Azul	Roja	Negra	Amarillo	Rojo-Azul
Tipo	SS	S	SS	S	SS
Hora	11:01-11:53	11:06-11:53	11:09-11:52	11:10-11:50	11:12-11:49
Distancia (m)	165,60	203,57	124,34	161,25	174,41
Dirección (grados)	61	74	64	44	63
Velocidad (cm/s)	5,31	7,22	4,82	6,72	7,86
Hora	11:53-12:23	11:53-12:24	11:52-12:26	11:50-12:37	11:49-12:29
Distancia (m)	116,39	164,07	101,77	No hay dato por "perdida" de veleta	215,33
Dirección (grados)	72	81	67		61
Velocidad (cm/s)	6,47	8,82	4,99		8,97
Hora	12:23-13:05	12:24-13:05	12:26-13:03	12:37-13:02	12:29-13:00
Distancia (m)	179,67	207,87	126,57	137,44	162,37
Dirección (grados)	70	70	64	52	49
Velocidad (cm/s)	7,13	8,45	5,70	9,16	8,73
Velocidad promedio (cm/s)	6,30	8,16	5,17	7,10	8,52
Promedio Veletas Superficiales					7,63
Promedio Veletas Subsuperficiales					6,66

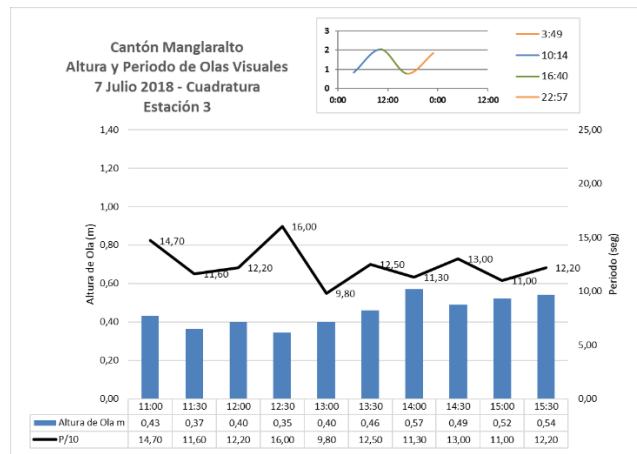
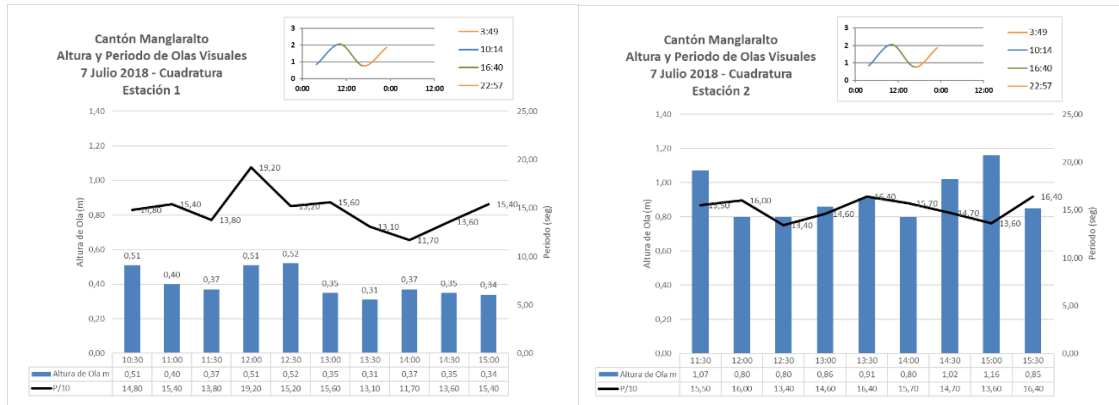
ANEXO B

a. Primera Salida de Campo – 16 de Junio del 2018 (sicigia)



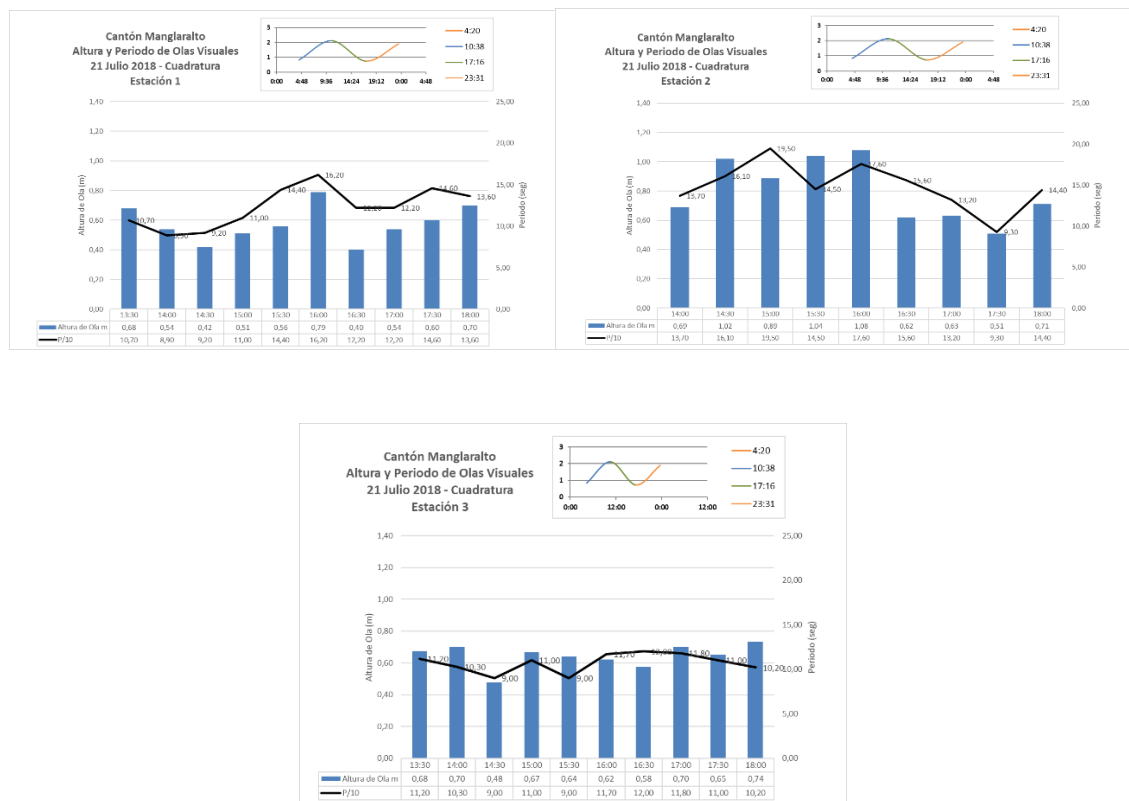
En la estación 2 en general se presentan los mayores valores de alturas promedio de olas visuales ubicadas en un rango entre 0,50 y 0,95 m, mientras que en la estación 3 se puede observar un decrecimiento en las alturas de ola con un rango entre 0,44 y 0,90 m.

b. Segunda Salida de Campo – 7 Julio del 2018 (cuadratura)



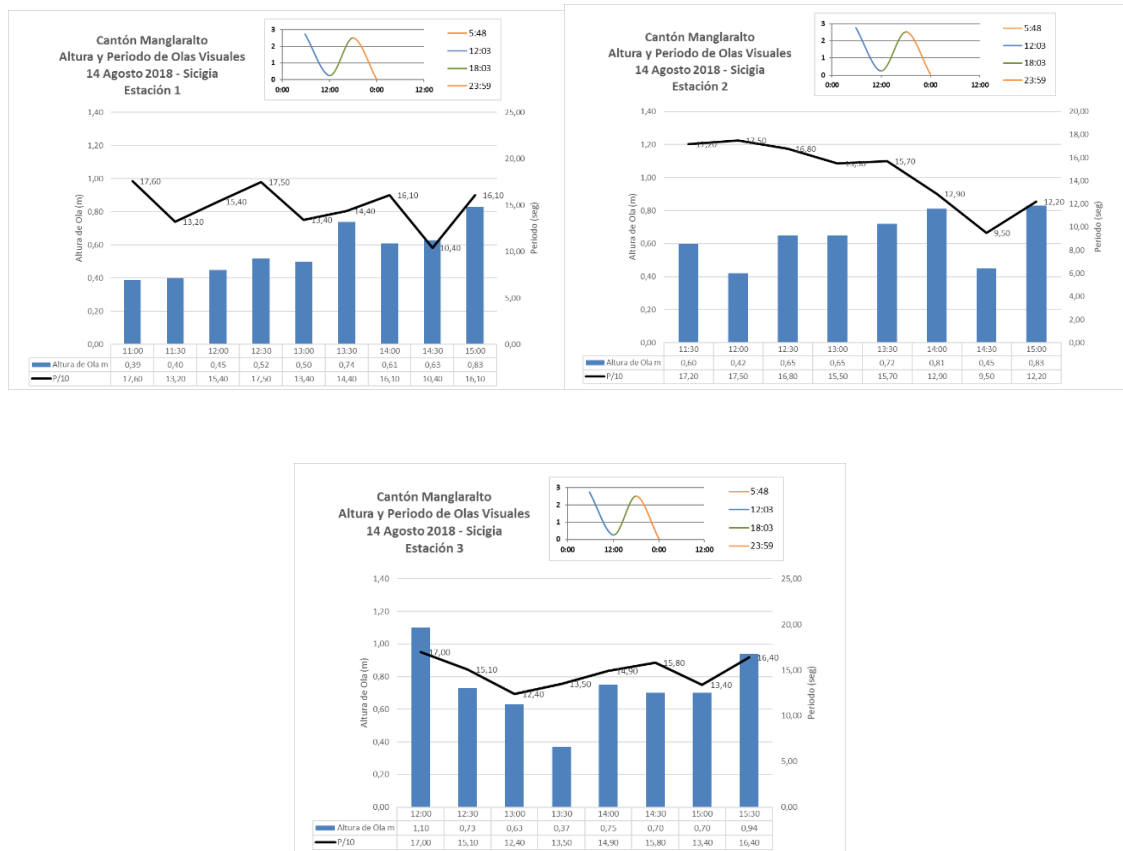
En la estación 2 en general se presentan los mayores valores de alturas promedio de olas visuales ubicadas en un rango entre 0,80 y 1,16 m, mientras que en la estación 1 se puede observar un decrecimiento en las alturas de ola con un rango entre 0,31 y 0,52 m.

c. Tercera Salida de Campo – 21 de Julio del 2018 (cuadratura)



En la estación 2 en general se presentan los mayores valores de alturas promedio de olas visuales ubicadas en un rango entre 0,51 y 1,08 m, mientras que en la estación 1 se puede observar un decrecimiento en las alturas de ola con un rango entre 0,42 y 0,79 m.

d. Cuarta Salida de Campo – 14 de Agosto del 2018 (Sicigia)



En la estación 3 en general se presentan los mayores valores de alturas promedio de olas visuales ubicadas en un rango entre 0,37 y 1,10 m, mientras que en la estación 1 se puede observar un decrecimiento en las alturas de ola con un rango entre 0,39 y 0,83 m.

ANEXO C

Tabla C1. Valores C1/C2; T =14 con una Lo = 305,76 m

D [metros]	d/Lo	$\tanh ((2 \pi d)/L)$	C1/C2
200	0,6541	0,9994	1,029
100	0,3271	0,9713	1,032
80	0,2616	0,9412	1,065
60	0,1962	0,8839	1,051
50	0,1635	0,8411	1,075
40	0,1308	0,7824	1,112
30	0,0981	0,7039	1,073
25	0,0818	0,6558	1,101
20	0,0654	0,5954	1,355
10	0,0327	0,4395	1,410

Tabla C2. Valores C2/C1; T =16 con una L= 399,36

D [metros]	d/Lo	$\tanh ((2 \pi d)/L)$	C1/C2
200	0,5008	0,9964	1,068
100	0,2504	0,9332	1,050
80	0,2003	0,8884	1,086
60	0,1502	0,8183	1,063
50	0,1252	0,77	1,086
40	0,1002	0,7093	1,122
30	0,0751	0,6324	1,084
25	0,0626	0,5834	1,099
20	0,0501	0,531	1,376
10	0,0250	0,386	

ANEXO D

```
% hacer cero todos los valores de direccion que no estan entre 200-240
for i=1:length(dpcc)
    if dpcc(i,1)<240 && dpcc(i,1)>=200;
        dpcc1(i,1)=dpcc(i,1);
    else
        dpcc1(i,1)=0;
        i=i+1;
    end
end

% hacer cero todos los valores de periodo que corresponden a un dpcc de
% cero
tpcc1=tpcc;
for i=1:length(tpcc)
    if dpcc1(i,1)==0;
        tpcc1(i,1)=0;
    else
        i=i+1;
    end
end
tpcc2=tpcc1;

% hacer cero a todos los valores de tpcc que no estan entre 13 y 15
for i=1:length(tpcc)
    if tpcc1(i,1)<15 && tpcc(i,1)>=12;
        tpcc1(i,1)=tpcc1(i,1);
    else
        tpcc1(i,1)=0;
        i=i+1;
    end
end

% hacer cero a todos los valores de tpcc que no estan entre 15 y 17
for i=1:length(tpcc)
    if tpcc2(i,1)<17 && tpcc(i,1)>=15;
        tpcc2(i,1)=tpcc2(i,1);
    else
        tpcc2(i,1)=0;
        i=i+1;
    end
end

%hacer cero todas los valores de hsccl que corresponden a dpcc1 y tpcc1 cero
hsccl1=hsccl;
for i=1:length(tpcc)
    if tpcc1(i,1) ~=0 && dpcc1(i,1) ~=0;
        hsccl1(i,1)=hsccl(i,1);
    else
        hsccl1(i,1)=0;
        i=i+1;
    end
end
```

```

%hacer cero todas los valores de hsccl que corresponden a dpcc1 y tpcc2 cero
hsccl=hsccl;
for i=1:length(tpcc)
    if tpcc2(i,1) ~=0 && dpcc1(i,1) ~=0;
        hsccl(i,1)=hsccl(i,1);
    else
        hsccl(i,1)=0;
        i=i+1;
    end
end

%Este es el Kr para un angulo que este entre 200-240 y un periodo de 13.5 y
%14.5
hsccl(hsccl==0)

%M(M==0) = []

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% hacer cero todos los valores que no estan entre 290-310
for i=1:length(dpcc)
    if dpcc(i,1)<290 && dpcc(i,1)>=310;
        dpcc2(i,1)=dpcc(i,1);
    else
        dpcc2(i,1)=0;
        i=i+1;
    end
end

% hacer cero todos los valores de periodo que corresponden a un dpcc de
% cero
tpcc3=tpcc;
for i=1:length(tpcc)
    if dpcc2(i,1)==0;
        tpcc3(i,1)=0;
    else
        i=i+1;
    end
end
tpcc4=tpcc3;

% hacer cero a todos los valores de tpcc que no estan entre 13 y 15
for i=1:length(tpcc)
    if tpcc3(i,1)<13 && tpcc3(i,1)>=15;
        tpcc3(i,1)=tpcc3(i,1);
    else
        tpcc3(i,1)=0;
        i=i+1;
    end
end

% hacer cero a todos los valores de tpcc que no estan entre 15 y 17
for i=1:length(tpcc)
    if tpcc4(i,1)<15 && tpcc4(i,1)>=17;
        tpcc4(i,1)=tpcc4(i,1);
    else

```

```

        tpcc4(i,1)=0;
        i=i+1;
    end
end

%hacer cero todas los valores de hsccl que corresponden a dpcc1 y tpcc1 cero
hsccl3=hsccl;
for i=1:length(tpcc)
    if tpcc3(i,1) ~=0 && dpcc2(i,1) ~=0;
        hsccl3(i,1)=hsccl(i,1);
    else
        hsccl3(i,1)=0;
        i=i+1;
    end
end

%hacer cero todas los valores de hsccl que corresponden a dpcc1 y tpcc2 cero
hsccl4=hsccl;
for i=1:length(tpcc)
    if tpcc4(i,1) ~=0 && dpcc2(i,1) ~=0;
        hsccl4(i,1)=hsccl(i,1);
    else
        hsccl4(i,1)=0;
        i=i+1;
    end
end

%%%
hsccl1(hsccl1==0) = [];
hsccl2(hsccl2==0) = [];
hsccl3(hsccl3==0) = [];
hsccl4(hsccl4==0) = [];

% crear vectores kr para cada hsccl
kr1(length(hsccl1),1)=zeros; %kr direccion 200-240, t= 13-15
kr1(:)=0.559;

kr2(length(hsccl2),1)=zeros; %kr direccion 200-240, t=15-17
kr2(:)=0.2686;

kr3(length(hsccl2),1)=zeros; %kr direccion 290-310, t=13-15
kr3(:)=0.953;

kr4(length(hsccl2),1)=zeros; %kr direccion 290-310, t=15-17
kr4(:)=0.9045;

%crear vectores ks para cada hsccl
ks1(length(hsccl1),1)=zeros; %t=14
ks1(:)=1.24;

ks2(length(hsccl2),1)=zeros; %t=16
ks2(:)=1.315;

% H*Kr*Ks

for i=1:length(hsccl1);

```

```

    H1(i,1)=(hsccl(i,1))*(kr1(i,1))*(ks1(i,1));
end

for i=1:length(hscc2);
    H2(i,1)=(hsccl(i,1))*(kr2(i,1))*(ks2(i,1));
end

for i=1:length(hscc3);
    H3(i,1)=(hsccl(i,1))*(kr3(i,1))*(ks1(i,1));
end

for i=1:length(hscc4);
    H4(i,1)=(hsccl(i,1))*(kr4(i,1))*(ks2(i,1));
end

%unir H1..
Hsum=vertcat(H1,H2,H3,H4);

figure
hist(Hsum)
hold on,
hist(hscc)

```

ANEXO E

Jueves 9 de agosto 2018

Taller de Socialización de los Proyectos en Playa Bruja

OBJETIVOS DEL TALLER

- Determinar las necesidades de la comunidad de Libertador Bolívar respecto a su relación con la playa ~~Playa~~ Bruja
- Evaluar las posibles soluciones junto con la comunidad y determinar cuál es su posición ante ellas.

BLOQUE 1 - Presentación

- ✓ Presentación de los participantes (facilitadores).
- ✓ Dinámica para romper el hielo. (Nombre, ocupación)
- ✓ Presentar los objetivos del taller y una descripción breve de los puntos a tratar.

- ✓ Explicación la situación actual de Playa Bruja y muro de contención.
- ✓ Explicación de las alternativas de solución a los problemas identificados.

BLOQUE 2 – Punto de Vista de la Comunidad

- ✓ Identificar las actividades realizadas y los beneficios que brinda a la comunidad la playa de Playa Bruja.
- ✓ Identificar problemas causados por los efectos del oleaje, mareas y fenómenos naturales (El Niño).

BLOQUE 4 – Retroalimentación

- ✓ Opinión de la comunidad respecto a las alternativas de solución expuestas.
- ✓ Identificar beneficios y desventajas.

BLOQUE 3 – Propuestas de las Posibles Soluciones

BLOQUE 5 – Compromisos

- ✓ Mantener una comunicación fluida y constante para tratar sobre los avances del proyecto.
- ✓ Facilitadores: Tomar en cuenta la opinión y necesidades de la comunidad para el desarrollo del Proyecto.

Elaborado por: Cansing A. Sara
Mena N. Grace

El taller esta diseñado para durar 2 horas y será impartido por 2 personas (las que hablan) y 2 personas más estarán presentes como ayudantes

HORA	ACTIVIDAD	BLOQUE	GUIÓN
5:00 – 6:00	Llegada de facilitadores a la comunidad y preparación del lugar		
6:00 – 6:15	Llegada de los participantes		
6:15 – 6:20	Presentación de los facilitadores	1	Facilitador 1: “Buenas tardes a todos, le agradecemos a todos por esta aquí, mi nombre es <i>*nombre facilitador 1*</i> y ella es mi compañera <i>*nombre de facilitador 2*</i> , somos estudiantes de la ESPOL de la carrera de Ing. Oceánica y Ciencias Ambientales, a lo largo de los últimos 2 años hemos venido trabajando en distintas comunidades costeras de la provincia de Santa Elena y actualmente estamos enfocándonos en la comunidad de Libertador Bolívar específicamente en Playa Bruja”.
6:20 – 6:40	Dinámica: Se pedirá a cada asistente que indique su nombre y al menos una manera en la cual se siente beneficiado por la playa	1	Facilitador 2: “Bueno, ahora vamos a hacer una pequeña dinámica, nos gustaría que cada uno ustedes digan en voz alta su nombre y alguna manera en la cual se siente beneficiado por la playa”.
6:40 – 6:50	Presentación de objetivos del taller y descripción de los puntos a tratar.	1	Facilitador 1: “El taller que vamos a realizar tiene como objetivo hablar de las necesidades de comunidad y como se relacionan sus actividades con Playa Bruja, para poder nosotros seguir trabajando en los proyectos de los que vamos a hablar más adelante. Vamos a comenzar identificando las actividades y los beneficios que brinda a la comunidad la playa de Playa Bruja, seguido por Identificación de problemas causados por los efectos del oleaje, mareas y fenómenos naturales (El Niño), luego nosotras vamos a hablar acerca de la situación actual de la playa, del muro y de las posibles soluciones que nosotros tenemos preparadas, luego se realizará una retroalimentación donde ustedes tendrán la oportunidad de contarnos que les parece las opciones”.

Elaborado por: Cansing A. Sara
Mena N. Grace

6:50 – 7:05	Actividad 1: Identificar las actividades cotidianas y productivas en los que intervenga la playa y los beneficios que le brinda a la comunidad.	2	Facilitador 2: “Entonces como primer paso, nos gustaría conocer más acerca de sus actividades cotidianas y como estas se relacionan directa o indirectamente con la dinámica de la playa”. (Utilizar pizarrón).
7:05 – 7:10	Actividad 2: Identificación de los problemas generados en la comunidad por los efectos del oleaje, mareas y fenómenos naturales (El Niño). (Participantes y facilitadores).	2	Facilitador 1: “Una vez identificadas las actividades involucradas y los beneficios obtenidos de la playa, se nos hará mucho más fácil poder determinar las causas de que estas actividades o estos beneficios se vean interrumpidos, para esto nos ayudaremos con una lluvia de ideas”. (Utilizar pizarrón).
7:10 – 7:20	Realizar una breve explicación de la situación actual de Playa Bruja en cuanto al muro de contención. (Facilitadores).	3	Hablar sobre el muro de contención con el que cuenta Playa Bruja actualmente y cuál es su situación respecto al estado de la estructura y su tiempo de vida útil.
7:20 – 7:35	Explicación de las alternativas de solución a los problemas identificados. (Facilitadores).	3	Explicar de forma didáctica, las dos alternativas de protección, cuál sería la función de cada uno y que ventajas y desventajas generarían a la comunidad. Alternativas: 1. El muro de Protección y 2. Rompeolas. 3. Mixta.
7:35 – 7:50	Obtener la opinión de la comunidad respecto a las alternativas de solución expuestas.	4	Preguntar a los participantes cuál es su opinión respecto a las dos alternativas expuestas, y cual ellos consideran, como la mejor alternativa para la solución de sus problemas.
7:50 – 8:00	Establecer compromisos entre los participantes y facilitadores que ayuden a un mejor desarrollo del proyecto.	5	Facilitador: “Ahora que ya conocemos cual sería la solución más apropiada para los problemas que se están presentando en esta comunidad a causa de los efectos de la playa, es necesario para nosotros mantener una comunicación fluida y constante con ustedes, para así, poder desarrollar este proyecto de la mejor manera, tomando en cuenta sus opiniones y necesidades en cada etapa del proyecto”.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

SOCIALIZACIÓN PROYECTO LIBERTADOR BOLIVAR

Fecha: 9 de agosto 2018 Hora: 21:00 pm

Nombre y Apellidos	Actividad	Teléfono	Firma
Juan Carlos Tomala	COMERCIO	098946777	<i>[Firma]</i>
Juan Carlos Tomala	Seguridad	0919743374	<i>[Firma]</i>
MANUELA YAGUAL		0997014115	MANUELA YAGUAL
Dany Pilo + lora		0990271624	<i>[Firma]</i>
Flaminia Balón			Flaminia Balón
Eduardo Gonzales		0993636023	Eduardo Gonzales
Tania Rodríguez Ovala		0992024765	Tania Rodríguez
Francisco Suarez Bogue		0920348661	Francisco Suarez
Nativida Suarez B.		<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>
Yadira Filomeno G.			<i>[Firma]</i>
Reinaldo Oñate F.	Corridor Turístico	0988123555	<i>[Firma]</i>
Wilson de la Cruz		980195851	Wilson de la Cruz
Tanniri Lainez		0967955983	Tanniri Lainez
Roxana Reyes		celular 09941165802 0995554440	Roxana Reyes
Vanessa Suarez Gilda		0986116445	Vanessa Suarez
Guilherme Angel	Artigiano	0969518957	Guilherme Angel
Eduardo de la Cruz	Atbanil	0922775153	Eduardo de la Cruz
Haris Carlos Vargas		0988959115	Haris Carlos Vargas
Bartha Lainez Tomala		0920752400	<i>[Firma]</i>



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

SOCIALIZACIÓN PROYECTO LIBERTADOR BOLIVAR

Fecha: 9 de agosto 2018 Hora: 21:00 pm

Nombre y Apellidos	Actividad	Teléfono	Firma
Anderson Remache	Operario en laboratorio de la casa		<i>[Firma]</i>
Guillermo Angel	Artesano	0969518954	<i>[Firma]</i>
Gloria Martinez	Ama de casa		Gloria Martinez
Hanuxi Suarez	Ama de Casa	0986581486	<i>[Firma]</i>
Gabriela Yagual	Ama de Casa	0968461200	<i>[Firma]</i>
Marionela Herchón	Adm. del Hogar		Marionela H.H.B.
Libeth Herchón	Adm. del Hogar		<i>[Firma]</i>
P. Javier Suarez			P. Javier Suarez
Wilson	OBRERO	0960556204	<i>[Firma]</i>
Rosa Alejandria	Ama de casa	0993285474	Rosa Alejandria
Gelia Floreano	Ama de casa	0968387670	Gelia Floreano
Monica Lainez	Ama de casa		Monica Lainez
Roxana Suarez	Ama de casa	0939215555	<i>[Firma]</i>
Gabriela Yagual	Ama de casa	0967188658	<i>[Firma]</i>
Miriam Angel	Ama de casa		Miriam Angel
Shirley Barber de la Cruz	Ama de casa	0969642451	Shirley Barber
Elvira Matias Reyes	Ama de Casa	0967248319	Elvira Matias Reyes
Danielle Reyes de la Cruz	ama de casa	245055128-4	<i>[Firma]</i>
Wilson Orrota Gomez	Artesano	2400114450	Wilson Orrota



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

SOCIALIZACIÓN PROYECTO LIBERTADOR BOLIVAR

Fecha: 9 de agosto 2018 Hora: 21:00 pm

Nombre y Apellidos	Actividad	Teléfono	Firma
Santiago Ruiz	ARTESANO		
Elizabetta Torres	DOMESTICA	099122946-1	
Christian Barrios	ARTESANO		
William Remeche	COMERCIO		
Angel Torres	ALBAÑIL	0986037901	
Mayra Del Pozo R	DOMESTICA		
HUGO MATIAS F	COMERCIO	0980774367	Hugo Matias Florencio
Angel Reyes	PISCINAS	0922172375	
Ingrid Lainez P.	ADM. DE HOGAR	092217187-1	
Pedro Lainez Yula	PESCA	0986781272	
Antonio Angel Fuyon	HOSPEDAJE	0959230091	
Ana Banzola Rodriguez	Ejecutiva de hogar	092217187-1	
Pablo de la Cruz	SECTOR		
Fanny Lainez Nejarandis			
Jenny Lainez Barrios			
Zuley Barrios Suarez	Ejecutiva del Hogar	0987947090	
Agustina Angel Lainez	LABORAL		
Liliana Lainez Silvestre	Ejecutiva del hogar	0994183366	Liliana Lainez
Rosa de la Cruz	DOMESTICA	09718887720	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

SOCIALIZACIÓN PROYECTO LIBERTADOR BOLIVAR

Fecha: 9 de agosto 2018 - Hora: 21:00 pm

Presentación de la propuesta del proyecto integrador:

Sara Alejandra Cansing Andrade

Grace Maria Mena Naranjo

Resoluciones:

- Se presentaron las actividades realizadas y los resultados obtenidos.
- Se presentaron las alternativas presentadas hasta ahora.
- Se recibieron recomendaciones, observaciones y preguntas sobre las propuestas presentadas.

Participantes:

Nombre y Apellido	Cargo	Teléfono	Firma
RITA MARÍAS ARJUNDELLO	PRESIDENTE	0993571599	
SANTI DOMINGO YAGUAL	TESORERO	0991750401	
JUAN FLOREANO DE LA CRUZ	SINDECO	0983393997	
SANTO ORRALP	Vice Presidente	0981549443	

ANEXO F

