

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS OLAS EN UN
TANQUE DE FORMA RECTANGULAR Y LA DISIPACIÓN
DE LA ENERGÍA CINÉTICA CON SIMULACIÓN DE
BARRERAS NATURALES Y ARTIFICIALES

Trabajo de graduación en modalidad de Informe presentado por

Evelyn Sucely Yuc Mota

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Tecnología

Industrial

Guatemala

2019

**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS OLAS EN UN
TANQUE DE FORMA RECTANGULAR Y LA DISIPACIÓN
DE LA ENERGÍA CINÉTICA CON SIMULACIÓN DE
BARRERAS NATURALES Y ARTIFICIALES”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS OLAS EN UN
TANQUE DE FORMA RECTANGULAR Y LA DISIPACIÓN
DE LA ENERGÍA CINÉTICA CON SIMULACIÓN DE
BARRERAS NATURALES Y ARTIFICIALES

Trabajo de graduación en modalidad de Informe presentado por

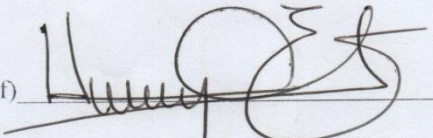
Evelyn Sucely Yuc Mota

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Tecnología
Industrial

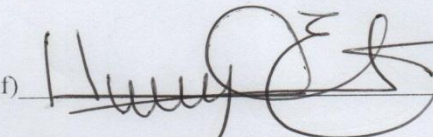
Guatemala

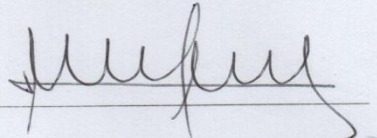
2019


Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Henry Armando Olcot Ejcalón

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Henry Armando Olcot Ejcalón

(f) 
Ing. Héctor Alfonso Monzón Guevara

(f) 
Ing. Ángel Manuel Santos Rivera

Fecha de aprobación: Guatemala (03 de octubre de 2019)

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. TEXTO O CUERPO DEL INFORME.....	4
A. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL OBSTÁCULO DE UN ROMPEOLAS	9
1. Medición de las olas.....	11
2. Cálculo de disipación de energía en un rompeolas.....	13
B. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL OBSTÁCULO DE UN MANGLAR.....	14
1. Medición de las olas.....	14
2. Cálculo de disipación de energía en un manglar:	17
C. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL OBSTÁCULO DE UN CONTRAFUERTE INCLINADO	17
1. Medición de las olas:.....	18
2. Cálculo de disipación de energía en un contrafuerte inclinado.....	20
V. RESULTADOS.....	22
A. VELOCIDAD DE LA OLA ANTES Y DESPUÉS DE LA BARRERA	23
B. PÉRDIDA DE ENERGÍA CINÉTICA	24
C. EFICIENCIA DE LA BARRERA	25
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	26
A. VELOCIDAD DESPUÉS DE LA BARRERA	26
B. PÉRDIDA DE ENERGÍA CINÉTICA	28
VII. CONCLUSIONES	30
VIII. RECOMENDACIONES	31
IX. BIBLIOGRAFÍA	32

X.	ANEXOS	34
A.	ANEXO 1.....	34
B.	ANEXO 2	35
XI.	GLOSARIO	37

LISTA DE CUADROS

Tabla 1 Promedio de la distancia y período entre la cresta de cada ola antes del impacto.....	4
Tabla 2 Elementos geométricos de una sección de canal rectangular.....	6
Tabla 3 Cantidad de agua impulsada en cada ola	8
Tabla 4 Cálculos antes del impacto con la barrera	8
Tabla 5 Promedio de altura de la olas usando un rompeolas	12
Tabla 6 Promedio de la longitud y período entre cada cresta después del rompeolas	13
Tabla 7 Cálculo de disipación de energía en un rompeolas con oleaje alto	13
Tabla 8 Promedio de la altura de las olas en un manglar	16
Tabla 9 Promedio de la distancia y período entre cada cresta después del manglar	16
Tabla 10 Cálculo de disipación de energía en un manglar en oleaje alto	17
Tabla 11 Promedio de la altura de las olas en un contrafuerte inclinado	19
Tabla 12 Promedio de la longitud y período entre cada cresta después del contrafuerte	20
Tabla 13 Cálculo de disipación de energía en un contrafuerte con oleaje alto	20
Tabla 14 Resultados de disipación de energía de las olas	22
Tabla 15 Costos de las barreras naturales y artificiales	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Longitud entre cada cresta de la ola	4
Figura 2 Gráfica de la longitud y período de tiempo de las ondas antes del impacto	4
Figura 3 Dimensiones del tanque y volumen del agua	4
Figura 4 Agua impulsada por la paleta de acrílico en cada ola.....	7
Figura 5 Prisma triangular que forma la paleta de acrílico	7
Figura 6 Diseño de un rompeolas.....	9
Figura 7 Estructuras con alambre y malla de tipo galvanizado	10
Figura 8 Bloque de rompeolas.	11
Figura 9 Rompeolas en oleaje lento	11
Figura 10 Rompeolas en oleaje rápido	12
Figura 11 Longitud y período entre cada onda después del rompeolas	13
Figura 12 Manglar en oleaje lento.....	15
Figura 13 Manglar en oleaje rápido	15
Figura 14 Distancia y período entre cada onda después del manglar	16
Figura 15 Diseño de un plano inclinado.....	18
Figura 16 Contrafuerte inclinado en oleaje lento	18
Figura 17 Contrafuerte inclinado en oleaje rápido	19
Figura 18 Longitud y período entre cada onda después del contrafuerte.....	20
Figura 19 Propiedades de los fluidos	35

RESUMEN

Este proyecto consistió en el estudio del comportamiento de las olas en un canal rectangular con dimensiones de 0.50 m de alto x 2.20 m de largo x 0.40 m de ancho. En un extremo del canal se encontraba el generador de oleaje mediante una paleta de acrílico y en la parte opuesta los simuladores de las barreras naturales y artificiales.

En el estero ubicado en las costas de Monterrico en el departamento de Escuintla se está analizando un estudio sobre la conservación de las barreras naturales, y de las consecuencias de la erosión a causa del oleaje del mar, causando riesgo en la subsistencia de las especies marinas que habitan en el lugar. Con la implementación del simulador y el estudio del oleaje se contribuyó a que los investigadores del problema puedan utilizarlo para implementar propuestas de solución a la destrucción del hábitat de las especies marinas del lugar.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron mediciones de la altura, período y distancia entre las crestas de las olas mediante el simulador para poder obtener los parámetros que produce el impacto de estas con las barreras. La propagación de las pequeñas olas fue controlada por medio del generador (motor) del oleaje que utilizaba dos velocidades diferentes con el fin de obtener una variación de datos de la ola con respecto a su velocidad, éstos datos fueron utilizados en los cálculos que proyectan la energía disipada, para que posteriormente la información se representara por medio de gráficas en el informe.

I. INTRODUCCIÓN

El oleaje es una consecuencia del rozamiento del aire sobre la superficie del mar, la intensidad del oleaje depende de la intensidad del viento, de su duración y de la longitud sobre la cual transmite energía a la ola. Se requieren estudios sobre el análisis de la implementación que poseen las barreras naturales y artificiales en las playas para la disipación de la energía del oleaje permitiendo así reducir la fuerza de impacto, evitando la erosión del suelo en las cercanías de la playa.

Existen diversos tipos de obstáculos artificiales para detener el impulso del oleaje y su energía cinética, como los rompeolas, que proporcionan una defensa ante la fuerza de las olas que golpean las costas, este tipo de estructuras basa su estabilidad en su propio peso y en la fricción que exista con la superficie terrestre, pueden clasificarse según el resultado esperado en dos categorías, entre ellos los que amortiguan el oleaje y los que impiden totalmente el paso del oleaje, la implementación de estos también depende del tipo de costa en donde el oleaje sacude.

También existen barreras naturales que proporciona el medio ambiente para disipar el impulso de las olas, como los bosques de mangle, los cuales además de brindar protección para la zona costera y su erosión, crean un excelente espacio para la reproducción y conservación de especies marinas. Los manglares, por lo general están ubicados en las costas con poco oleaje, sin embargo, cuentan con la ventaja de resistir los embates durante tormentas, huracanes y períodos de grandes vientos, de lo contrario las grandes ráfagas de viento y olas crecidas provocarían inundación en las cercanías. Estos manglares también poseen la ventaja de poder adaptarse a las condiciones de agua salada como la que hay en el mar, razón por la cual no cualquier tipo de árbol puede utilizarse como medida de reforestación de un área costera talada.

Otro tipo de barrera artificial son los contrafuertes inclinados para represas, estas estructuras son elaboradas de concreto y varillas reforzadas de acero, su diseño puede ser de manera hueca o sólida. El contrafuerte durante su funcionamiento es empujado por el agua haciendo que la estructura empuje en sentido contrario creando estabilidad contra el deslizamiento y volcamiento.

Para el estudio de este fenómeno se implementaron las barreras antes mencionadas (natural y artificiales), a pequeña escala dentro de un tanque rectangular ubicado en el tortugario de del zoológico La Aurora, utilizando materiales resistentes a la descomposición dentro del agua, tales como alambre y malla galvanizada.

Se desarrollaron los cálculos correspondientes a la velocidad de la ola y la disipación de la energía cinética dependiendo de la barrera implementada demostrando la eficiencia que cada barrera presenta en oleaje alto mediante gráficos.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

1. Realizar un estudio de los cálculos hidráulicos del oleaje que se produce en el océano a través de un tanque simulador de olas, utilizando diferentes barreras naturales y artificiales colocadas en un extremo de un canal para encontrar las características que presentan las olas e indicar la barrera que favorece a la conservación de las especies marinas.

B. ESPECÍFICOS

1. Elaborar un sistema de barreras artificiales con el uso de materiales que simulen las condiciones reales y la resistencia a la descomposición dentro del agua para el análisis de la pérdida de la energía cinética de las olas al impactar con estas barreras.
2. Identificar las diferentes características que adoptan las olas con la implementación de un generador de oleaje que tenga dos diferentes velocidades para observar la variación de la altura de la ola y la longitud entre cada cresta durante el recorrido y después del impacto con la barrera.
3. Calcular los efectos que se producen en el oleaje según el tipo de barrera utilizada con la utilización de la ecuación de la velocidad de una onda para realizar un análisis y comparación de la disipación de energía cinética antes y después de la barrera.
4. Presentar un análisis de gráficas de los resultados obtenidos sobre la utilización didáctica de un modelo en menor escala de barreras artificiales para la capacitación del personal que visite la reserva.

III. JUSTIFICACIÓN

Con la finalidad de dar seguimiento a la solución del problema de la destrucción de las barreras naturales que se encuentran en las costas, se realiza el estudio de la disipación de energía cinética que tiene el oleaje en un tanque simulador de olas de forma rectangular en donde se pueda demostrar la importancia de conservar los manglares mediante la construcción en escala menor de estas barreras naturales y artificiales; y colaborar en buscar soluciones al problema de las especies marinas.

Los manglares tienen un problema de amenaza por parte de entidades ecológicas, salineras, industria camaronera, cultivos de palma africana y caña de azúcar; dando lugar así a que cada año se pierdan hectáreas de manglar para instalar estanques para salinas y para la cría del camarón causando la degradación irrecuperable de suelos y la desaparición de las especies marinas en las costas de Monterrico del departamento de Santa Rosa.

IV. TEXTO O CUERPO DEL INFORME

Para iniciar con los cálculos correspondientes a la disipación de la energía cinética al momento del impacto con una de las barreras naturales o artificiales fue necesario llenar el tanque rectangular con agua, hasta una altura de 22 cm, esto con el fin de que la ola se formara al momento de ser empujada por la paleta de acrílico y que la altura de las barreras sobrepasara el nivel del agua.

Se utilizaron dos cintas métricas para colocar el obstáculo que disipe la energía en medio de ellas y así observar la altura de ola antes y después del impacto con la barrera.

La Figura 1 muestra la distancia que tomaba la cresta de cada ola después de su impulso con la paleta de acrílico dentro del tanque rectangular.

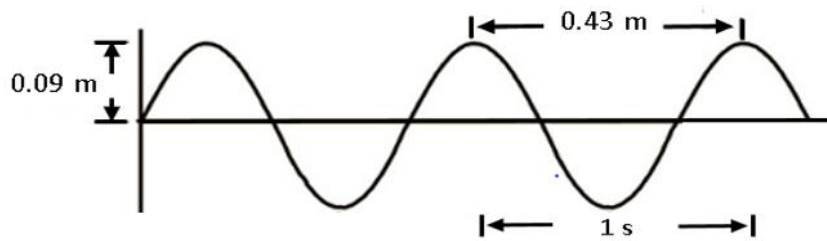
Figura 1 Longitud entre cada cresta de la ola



Fuente: propia

La Figura 2 es una representación gráfica de la Figura 1 en donde se toman en cuenta los datos de la longitud de onda (λ) y el período de tiempo (T) que éstas toman durante su recorrido, éstos datos se encuentran posteriormente en la Tabla 1.

Figura 2 Gráfica de la longitud y período de tiempo de las ondas antes del impacto



Fuente: propia

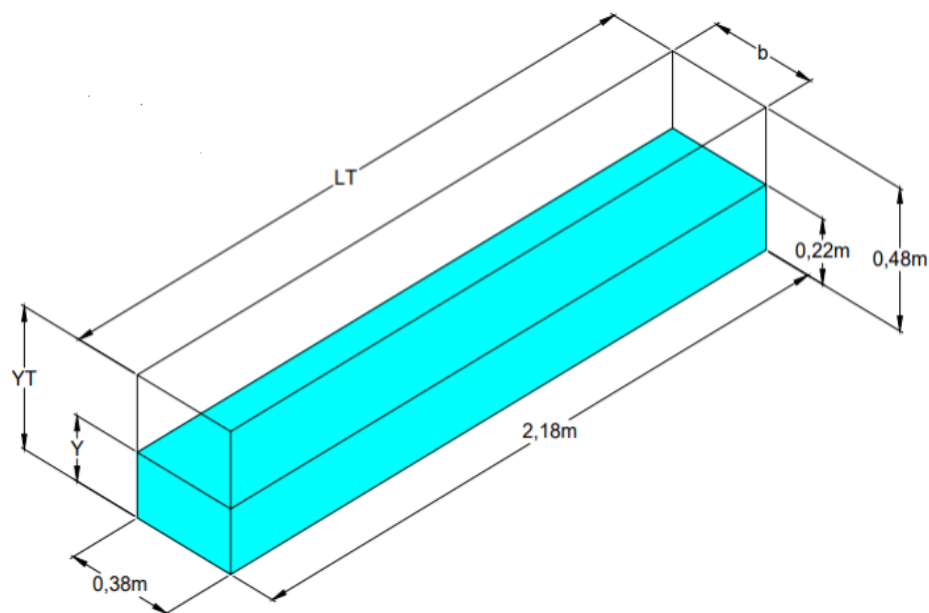
Tabla 1 Promedio de la distancia y período entre la cresta de cada ola antes del impacto

Recorrido 1	Recorrido 2	Recorrido 3	Promedio de distancia y período entre cada cresta de la ola
$\lambda_1 = 0.428 \text{ m}$	$\lambda_1 = 0.427 \text{ m}$	$\lambda_1 = 0.43 \text{ m}$	$\lambda_1 = 0.43 \text{ m}$
$T = 1.0 \text{ s}$	$T = 1.0 \text{ s}$	$T = 1.0 \text{ s}$	$T = 1.0 \text{ s}$

Fuente: propia

En la Figura 3 se aprecian las dimensiones del tanque rectangular y la cantidad de agua contenida en el mismo, las medidas que se proporcionaron del tanque son las dimensiones de espacio ocupadas únicamente por el agua, tomando en cuenta que se resta el espesor del vidrio de 10 mm.

Figura 3 Dimensiones del tanque y volumen del agua



Fuente: propia

La Tabla 2 muestra las variables correspondientes al tanque rectangular mostrado en la Figura 3, cuyos datos son utilizados para los cálculos antes del impacto que tendría la ola en cualquiera de las tres barreras a utilizar.

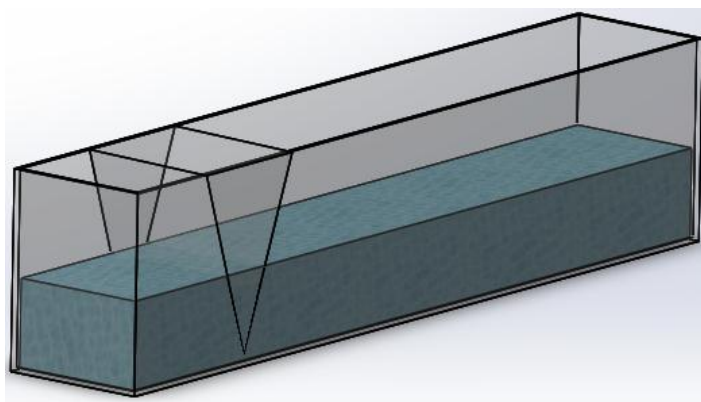
Tabla 2 Elementos geométricos de una sección de canal rectangular

a. Ancho superficial o espejo del agua	$\mathbf{b} = 0.38 \text{ m}$
b. Longitud del tanque	$\mathbf{L_T} = 2.18 \text{ m}$
c. Altura del tanque	$\mathbf{Y_T} = 0.48 \text{ m}$
d. Altura del fluido	$\mathbf{Y} = 0.22 \text{ m}$
e. Longitud de onda (tomada de la tabla 1)	$\mathbf{\lambda_1} = 0.43 \text{ m}$
f. Gravedad (constante).	$\mathbf{g} = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
g. Área Transversal	$\mathbf{A_T} = b * y$ $\mathbf{A_T} = 0.38 * 0.22 = 0.084 \text{ m}^2$
h. Volumen total de agua en el tanque rectangular (V_T)	$\mathbf{V_T} = L_T * b * Y$ $\mathbf{V_T} = (2.18 \text{ m})(0.38 \text{ m})(0.22 \text{ m})$ $\mathbf{V_T} = 0.18 \text{ m}^3$

Fuente: propia

A continuación, la Figura 4 muestra la paleta de acrílico al momento en que daba el impulso de agua que forma la ola, de manera que la figura ejemplifica un prisma triangular que formaba la paleta de acrílico durante su movimiento, mostrando la cantidad de volumen de agua transportado cada vez que el tanque se colocaba en funcionamiento, ya sea con velocidad lenta o rápida. También es importante mencionar que se tomaron datos de la temperatura promedio que mantiene el agua en Monterrico permitiendo encontrar la densidad y viscosidad cinemática.

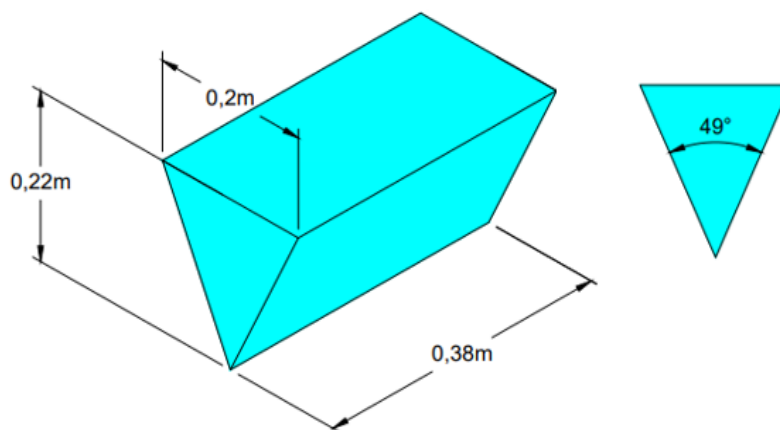
Figura 4 Agua impulsada por la paleta de acrílico en cada ola



Fuente: propia

La Figura 5 muestra las dimensiones del prisma que forma la paleta de acrílico junto a su ángulo cuando se encontraba dando el impulso al agua que forma la ola. Las dimensiones de esta figura son utilizadas en la Tabla 3 para determinar la cantidad de agua impulsada hacia cualquiera de las barreras.

Figura 5 Prisma triangular que forma la paleta de acrílico



Fuente: propia

En donde:

Profundidad (b) = 0.2 m

Altura (h) = 0.22 m

Ancho (H) = 0.38 m

Tabla 3 Cantidad de agua impulsada en cada ola

a. Volumen de agua impulsado por la paleta de acrílico (se crea la figura de un prisma triangular).	$\text{Área (A)} = \frac{b * h}{2} = \frac{0.2 \text{ m} * 0.22 \text{ m}}{2} = 0.022 \text{ m}^2$ $\text{Volumen (V)} = A * H$ $\text{Volumen (V)} = (0.022 \text{ m}^2)(0.38 \text{ m}) = 0.0084 \text{ m}^3$
b. Temperatura (Monterrico) y densidad del agua.	$T = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_{\text{agua}} = 997.6 \text{ kg/m}^3$
c. Masa del agua impulsada por la paleta de acrílico.	$m = (\rho_{\text{agua}})(v)$ $m = \left(997.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)(0.0084 \text{ m}^3) = 8.38 \text{ kg}$

Fuente: propia

La Tabla 4 indica los cálculos sobre el impacto que tiene el agua durante su recorrido por el tanque rectangular hasta golpear con cualquiera de las tres barreras.

Tabla 4 Cálculos antes del impacto con la barrera

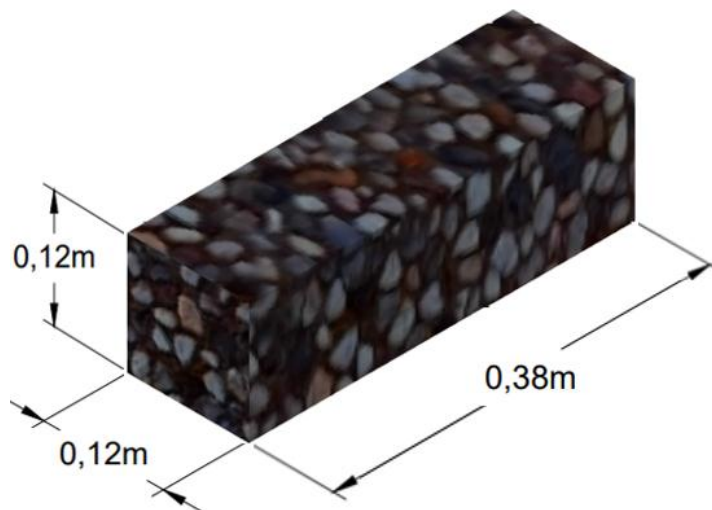
a. Velocidad	$V_1 = \frac{\lambda}{T}$ $V_1 = \frac{0.43 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 0.43 \text{ m/s}$
b. Energía cinética	$E_{c1} = \frac{1}{2} m v_1^2$ $E_{c1} = \frac{1}{2} (8.38 \text{ kg})(0.43 \text{ m/s})^2 = 0.77 \text{ Joules}$
c. Caudal	$Q = A_T V_1$ $Q = (0.084 \text{ m}^2)(0.43 \text{ m/s})$ $Q = 0.036 \text{ m}^3/\text{s}$

Fuente: propia

A. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL OBSTÁCULO DE UN ROMPEOLAS

La Figura 6 muestra el diseño de un rompeolas con su respectiva acotación en metros mostrando una textura de piedras, ejemplificando de manera física un rompeolas atenuando la energía del oleaje.

Figura 6 Diseño de un rompeolas



Fuente: propia

En la elaboración física del rompeolas se utilizó alambre galvanizado calibre 6 (5.16 mm), para evitar la corrosión que puede causar el agua en los materiales de las barreras, así mismo el cedazo utilizado para forrar cada rectángulo de alambre también era del mismo tipo. Cada uno de los rectángulos de alambre y cedazo de tipo galvanizado fueron elaborados en una prensa de banco debido a que contribuía a ejercer presión sobre el material para que quedara de una manera rígida sin necesidad de utilizar otro tipo de material para el ensamble.

Figura 7 Estructuras con alambre y malla de tipo galvanizado



Fuente: propia

Algunos inconvenientes presentados al momento de la elaboración fueron:

- Existía dificultad al elaborar un solo rompeolas pues al ser insertadas las piedras, éstas podrían generar abultamiento en una sola parte, por lo que se diseñaron dos bloques de 12 cm de altura, 38 cm de ancho y 12 cm de profundidad para ser colocados uno sobre otro, lo que a su vez facilitaba la introducción de cada bloque en el tanque porque tenía menos peso a diferencia de insertar un solo bloque de 24 cm de altura.
- En cada cubo que conformaba la barrera del rompeolas existía demasiado peso rellenándolos únicamente de piedra teniendo como riesgo rajaduras o rayones en el vidrio, por lo que se procedió a llenarlos de piedra tipo pómez, sin embargo, aún generaba el inconveniente de despedir residuos de ella misma. Razón por la que estos cubos fueron culminados utilizando piedras por el contorno dejando el centro con un relleno de duroport de esta manera el peso disminuía dando como ventaja que a la hora de tomar las mediciones el rompeolas tuviera un peso adecuado.

La Figura 8 muestra un cubo de rompeolas culminado para cumplir con la disipación de energía de forma eficiente dentro del tanque rectangular.

Figura 8 Bloque de rompeolas.



Fuente: propia

1. Medición de las olas.

A continuación, la Figura 9 muestra el momento cuando las olas golpeaban contra el rompeolas, cuando se encontraban en oleaje lento y rápido, la disipación de la energía que pierde la ola cuando golpeaba contra el rompeolas se refleja de una mejor manera cuando el tanque se estaba funcionando en oleaje rápido.

Figura 9 Rompeolas en oleaje lento



Fuente: propia

Figura 10 Rompeolas en oleaje rápido



Fuente: propia

a. Altura de la ola.

Los datos que registraba el tanque rectangular sobre la altura que tenían las olas antes y después del impacto se observan en la Tabla 5 junto al promedio de los datos después de tres intentos. Después de su paso por el rompeolas se hacía notorio que la barrera cumplía con la función de disminuir la altura y velocidad que llevaba la ola durante su recorrido por el tanque rectangular.

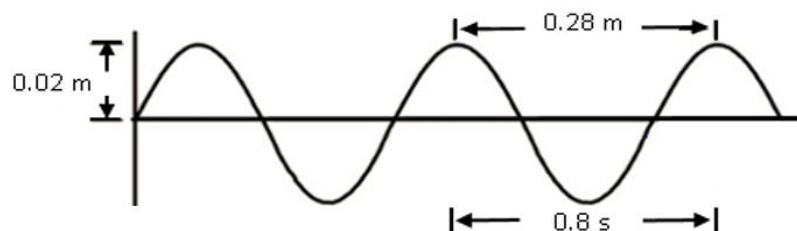
Tabla 5 Promedio de altura de la olas usando un rompeolas

Oleaje alto (a)		Oleaje bajo (b)	
Antes del impacto con el rompeolas (Y_{1a})	Después del impacto con el rompeolas (Y_{2a})	Antes del impacto con el rompeolas (Y_{1b})	Después del impacto con el rompeolas (Y_{2b})
0.31 m	0.24 m	0.245 m	0.23 m
0.30 m	0.245 m	0.24 m	0.225 m
0.31 m	0.23 m	0.25 m	0.23 m
Promedio: 0.31 m	Promedio: 0.24 m	Promedio: 0.245 m	Promedio: 0.23 m

Fuente: propia

A continuación la Figura 11 y la Tabla 6 proporcionan el promedio de los datos de la longitud entre cada cresta (λ) y el periodo (T) de tiempo en segundos después del impacto con el rompeolas.

Figura 11 Longitud y período entre cada onda después del rompeolas



Fuente: propia

Tabla 6 Promedio de la longitud y período entre cada cresta después del rompeolas

Recorrido 1	Recorrido 2	Recorrido 3	Promedio
$\lambda_2 = 0.275 \text{ m}$	$\lambda_2 = 0.28 \text{ m}$	$\lambda_2 = 0.27 \text{ m}$	$\lambda_2 = 0.28 \text{ m}$
$T = 0.8 \text{ s}$	$T = 0.8 \text{ s}$	$T = 0.8 \text{ s}$	$T = 0.8 \text{ s}$

Fuente: propia

2. Cálculo de disipación de energía en un rompeolas.

Con los datos proporcionados sobre el oleaje alto se calculó la disipación de energía en la siguiente tabla, en donde también se calculó la disipación de energía cinética logrando determinar el porcentaje de eficiencia que tenía la barrera.

Tabla 7 Cálculo de disipación de energía en un rompeolas con oleaje alto

a. Velocidad después del rompeolas	$v_2 = \frac{\lambda}{T}$ $v_2 = \frac{0.28 \text{ m}}{0.21 \text{ s}} = 0.35 \text{ m/s}$
b. Energía cinética	$E_{c2} = \frac{1}{2} m v_2^2$ $E_{c2} = \frac{1}{2} (8.38 \text{ kg}) (0.35 \text{ m/s})^2$ $E_{c2} = 0.51 \text{ Joules}$
c. Eficiencia del rompeolas	$\frac{E_{c2}}{E_{c1}} = \frac{0.51}{0.77} = 0.66 * 100 = 66\%$ $100\% - 66\% = 34\%$

Fuente: propia

B. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL OBSTÁCULO DE UN MANGLAR

Durante el proceso de elaboración del manglar se utilizaron plantas que dieran la forma y simulación del mismo utilizando macetas con hojas de plástico para ser insertadas dentro de un cubo de piedras similar al utilizado en el rompeolas, teniendo en cuenta que las raíces y la ramazón serían las que disiparían la energía de las olas en el tanque rectangular.

Figura 5 Elaboración de manglar



Fuente: propia

1. Medición de las olas.

La medición de las olas se llevó a cabo de la misma manera que utilizando el rompeolas, era necesario colocar el oleaje con velocidad baja por 30 segundos y luego colocarlo con una velocidad mayor por un mismo lapso de tiempo.

En el oleaje con velocidad baja utilizando el rompeolas se mostraba que solamente había una pequeña variación por la poca profundidad hidráulica que se formaba al momento del impulso, en cambio utilizando la velocidad alta, la ola golpeaba directamente con la barrera, mostrando de una manera más clara la disipación de la energía.

Figura 12 Manglar en oleaje lento



Fuente: propia

Figura 13 Manglar en oleaje rápido



Fuente: propia

a. Altura de la ola.

La Tabla 8 muestra los datos recopilados utilizando la barrera artificial de un manglar, esta barrera contribuía a disminuir la altura y velocidad de la ola debido a las ramas de plástico que simulan el funcionamiento de un manglar en la vida real.

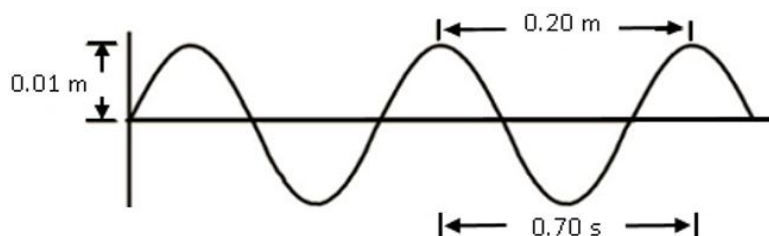
Tabla 8 Promedio de la altura de las olas en un manglar

Oleaje alto (a)		Oleaje bajo (b)	
Antes del choque con el manglar (Y_{1a})	Después del choque con el manglar (Y_{2a})	Antes del choque con el manglar (Y_{1b})	Después del choque con el manglar (Y_{2b})
0.31 m	0.23 m	0.25 m	0.24 m
0.30 m	0.225 m	0.245 m	0.23 m
0.31 m	0.23 m	0.245 m	0.245 m
Promedio: 0.31 m	Promedio: 0.23 m	Promedio: 0.25 m	Promedio: 0.24 m

Fuente: propia

La Figura 14 y la Tabla 9 indican los datos correspondientes a la longitud de onda (λ) posterior a su paso por el manglar y así mismo el período (T) de tiempo que demora la ola.

Figura 14 Distancia y período entre cada onda después del manglar



Fuente: propia

Tabla 9 Promedio de la distancia y período entre cada cresta después del manglar

Recorrido 1	Recorrido 2	Recorrido 3	Promedio
$\lambda_2 = 0.19$ m	$\lambda_2 = 0.20$ m	$\lambda_2 = 0.20$ m	$\lambda_2 = 0.20$ m
$T = 0.70$ s	$T = 0.69$ s	$T = 0.70$ s	$T = 0.70$ s

Fuente: propia

2. Cálculo de disipación de energía en un manglar.

Con los datos proporcionados en las dos tablas anteriores se procede a calcular la disipación de energía utilizando un manglar.

Tabla 10 Cálculo de disipación de energía en un manglar en oleaje alto

a. Velocidad después de la barrera	$v_2 = \frac{\lambda}{T}$ $v_2 = \frac{0.20 \text{ m}}{0.70 \text{ s}} = 0.29 \text{ m/s}$
b. Energía cinética	$E_{c2} = \frac{1}{2} m v_2^2$ $E_{c2} = \frac{1}{2} (8.38 \text{ kg})(0.29 \text{ m/s})^2$ $E_{c2} = 0.35 \text{ Joules}$
c. Eficiencia del manglar	$\frac{E_{c2}}{E_{c1}} = \frac{0.35}{0.77} = 0.45 * 100 = 45\%$ $100\% - 45\% = 55\%$

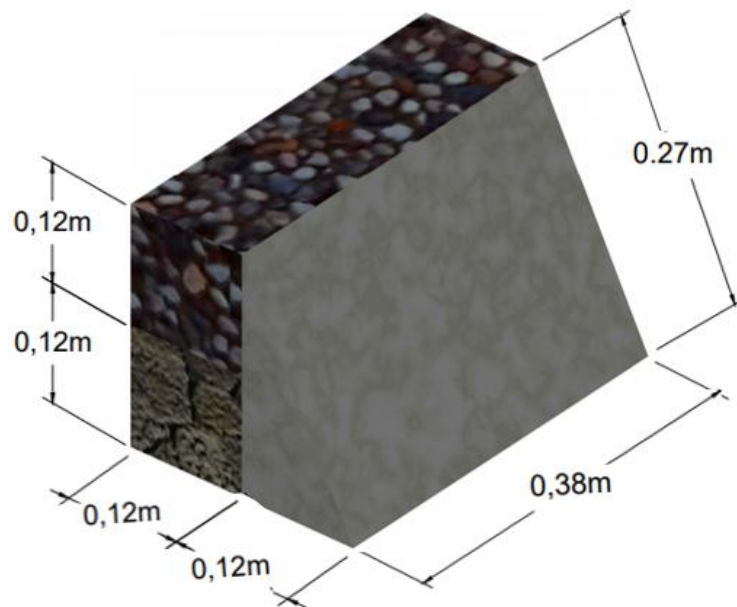
Fuente: propia

C. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL OBSTÁCULO DE UN CONTRAFUERTE INCLINADO

Consistió en la elaboración de un triángulo de cemento con cierto grado de inclinación, el bloque de cemento poseía un hueco por dentro para evitar que todo el peso del concreto causara rajaduras en el vidrio, sin embargo, al ser insertado presentaba problemas de baja densidad, por lo que se abrieron pequeños agujeros por todo el contorno con el fin de que el agua se filtrara y no flotara, aun así, cuando nuevamente se volvió a insertar en el tanque, el bloque era movido por las olas debido a la falta de peso, razón por la que se le añadieron dos cubos en el lado reverso para que al momento de golpear el oleaje el contrafuerte tuviera estabilidad dentro del agua.

La Figura 15 muestra el diseño de un contrafuerte o plano inclinado junto a los dos cubos de 0.12 m^2 similares a los del rompeolas en el respaldo y sus respectivas acotaciones.

Figura 15 Diseño de un plano inclinado



Fuente: propia

1. Medición de las olas.

Cuando el plano o contrafuerte inclinado ya se tiene elaborado de manera física se insertan en el tanque rectangular observando su comportamiento al momento de colocar el motor en velocidad lenta y velocidad rápida.

Figura 16 Contrafuerte inclinado en oleaje lento



Fuente: propia

Figura 17 Contrafuerte inclinado en oleaje rápido



Fuente: propia

a. Altura de la ola.

La Tabla 11 muestra resultados que se obtuvieron utilizando el contrafuerte inclinado, esta es una barrera artificial que tenía como objetivo disipar la energía como las dos anteriores, sin embargo, en los resultados puede apreciarse que fue el que menos disipó la altura de la ola, principalmente en el oleaje alto.

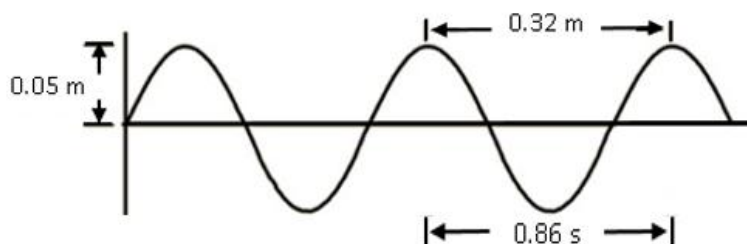
Tabla 11 Promedio de la altura de las olas en un contrafuerte inclinado

Oleaje alto (a)		Oleaje bajo (b)	
Antes del choque con el contrafuerte (Y_{1a})	Después del choque con el contrafuerte (Y_{2a})	Antes del choque con el contrafuerte (Y_{1b})	Después del choque con el contrafuerte (Y_{2b})
0.31 m	0.27 m	0.265 m	0.242 m
0.30 m	0.265 m	0.27 m	0.24 m
0.31 m	0.27 m	0.26 m	0.235 m
Promedio: 0.31 m	Promedio: 0.27 m	Promedio: 0.265 m	Promedio: 0.24 m

Fuente: propia

La Figura 18 y la Tabla 12 muestran la longitud (λ) entre cada cresta después del paso de ola por la barrera del contrafuerte inclinado junto a su período de tiempo (T).

Figura 18 Longitud y período entre cada onda después del contrafuerte



Fuente: propia

Tabla 12 Promedio de la longitud y período entre cada cresta después del contrafuerte

Recorrido 1	Recorrido 2	Recorrido 3	Promedio
$\lambda_2 = 0.32 \text{ m}$	$\lambda_2 = 0.31 \text{ m}$	$\lambda_2 = 0.32 \text{ m}$	$\lambda_2 = 0.32 \text{ m}$
$T = 0.86 \text{ s}$	$T = 0.86 \text{ s}$	$T = 0.86 \text{ s}$	$T = 0.86 \text{ s}$

Fuente: propia

2. Cálculo de disipación de energía en un contrafuerte inclinado.

La siguiente tabla muestra los datos correspondientes a la barrera del contrafuerte, son cálculos con el mismo procedimiento realizado en las otras dos barreras.

Tabla 13 Cálculo de disipación de energía en un contrafuerte con oleaje alto

a. Velocidad después de la barrera	$v_2 = \frac{\lambda}{T}$ $v_2 = \frac{0.32 \text{ m}}{0.86 \text{ s}} = 0.37 \text{ m/s}$
b. Energía cinética	$E_{c2} = \frac{1}{2} m v_2^2$ $E_{c2} = \frac{1}{2} (8.38 \text{ kg}) (0.37 \text{ m/s})^2$ $E_{c2} = 0.57 \text{ Joules}$

c. Eficiencia del manglar	$\frac{Ec_2}{Ec_1} = \frac{0.57}{0.77} = 0.74 * 100 = 74\%$ $100\% - 74\% = \mathbf{26\%}$
---------------------------	--

Fuente: propia

V. RESULTADOS

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los cálculos de disipación de energía cinética obtenidos en cada una de las barreras implementadas, la tabla muestra una comparación de la velocidad y energía cinética de la ola antes y después de la implementación de las barreras con el fin de observar de ésta manera la eficiencia de las mismas.

Tabla 14 Resultados de disipación de energía de las olas

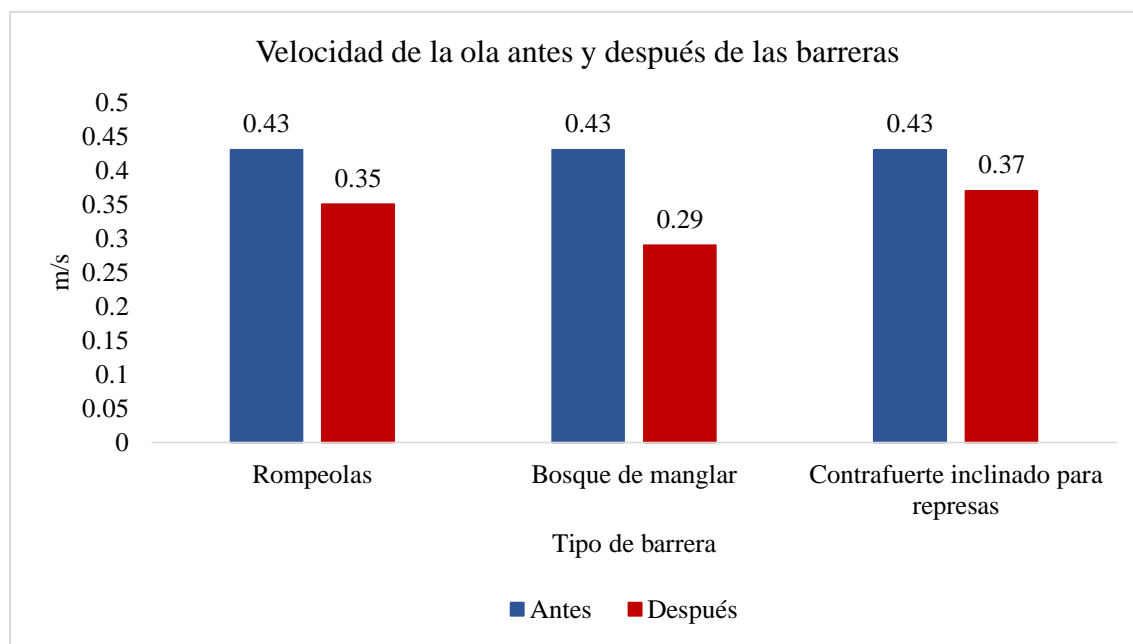
Tipo de barrera	Velocidad de la ola		Energía cinética		Eficiencia de la barrera
	Antes	Después	Antes E_{c1}	Después E_{c2}	%
Rompeolas	0.43 m/s	0.35 m/s	0.77 J	0.51 J	34%
Bosque de manglar	0.43 m/s	0.29 m/s	0.77 J	0.35 J	55%
Contrafuerte inclinado para represas	0.43 m/s	0.37 m/s	0.77 J	0.57 J	26%

Fuente: propia

Los datos mostrados en la Tabla 14 son implementados en la elaboración de los gráficos que se muestran más adelante en donde se reflejan los resultados de la disipación de la energía que involucra el agua durante un pequeño recorrido y el cambio que tiene al sobrepasar por cualquiera de las tres barreras logrando cumplir el objetivo de determinar la barrera más eficiente para la conservación de las especies marinas.

A. VELOCIDAD DE LA OLA ANTES Y DESPUÉS DE LA BARRERA

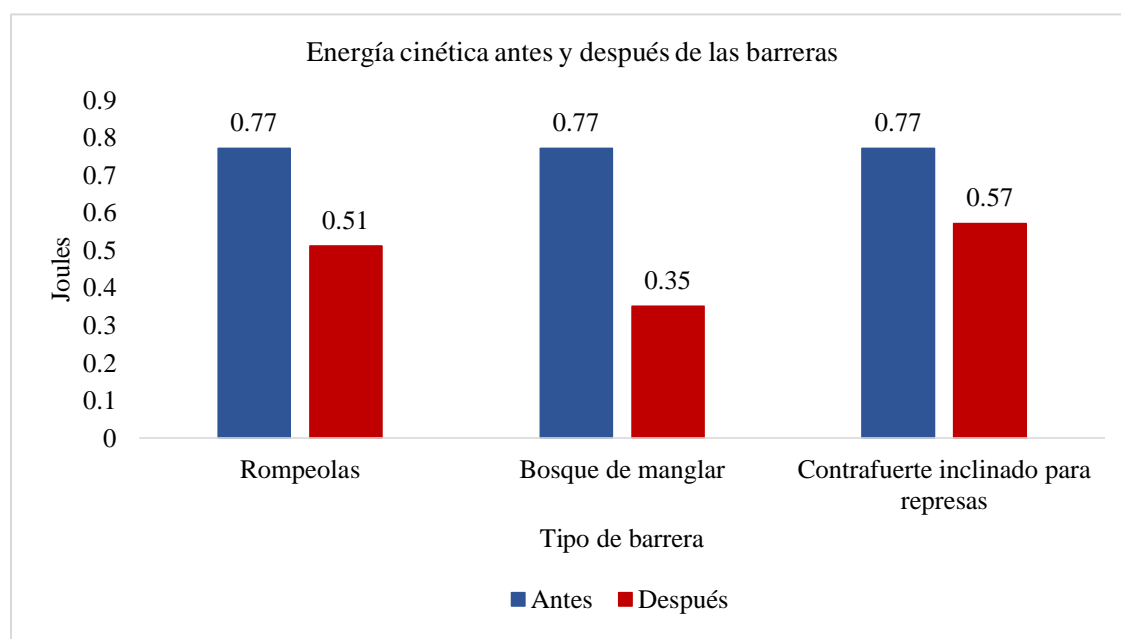
La velocidad de ola después de pasar por la barrera se muestra en la siguiente gráfica, en donde la barra azul indica la cantidad de velocidad de la ola durante su recorrido por el tanque rectangular hasta su llegada por cualquiera de las tres barreras, evidenciando que existe una disminución de la velocidad de la ola sobre todo en el bosque de manglar.



Fuente: propia

B. PÉRDIDA DE ENERGÍA CINÉTICA

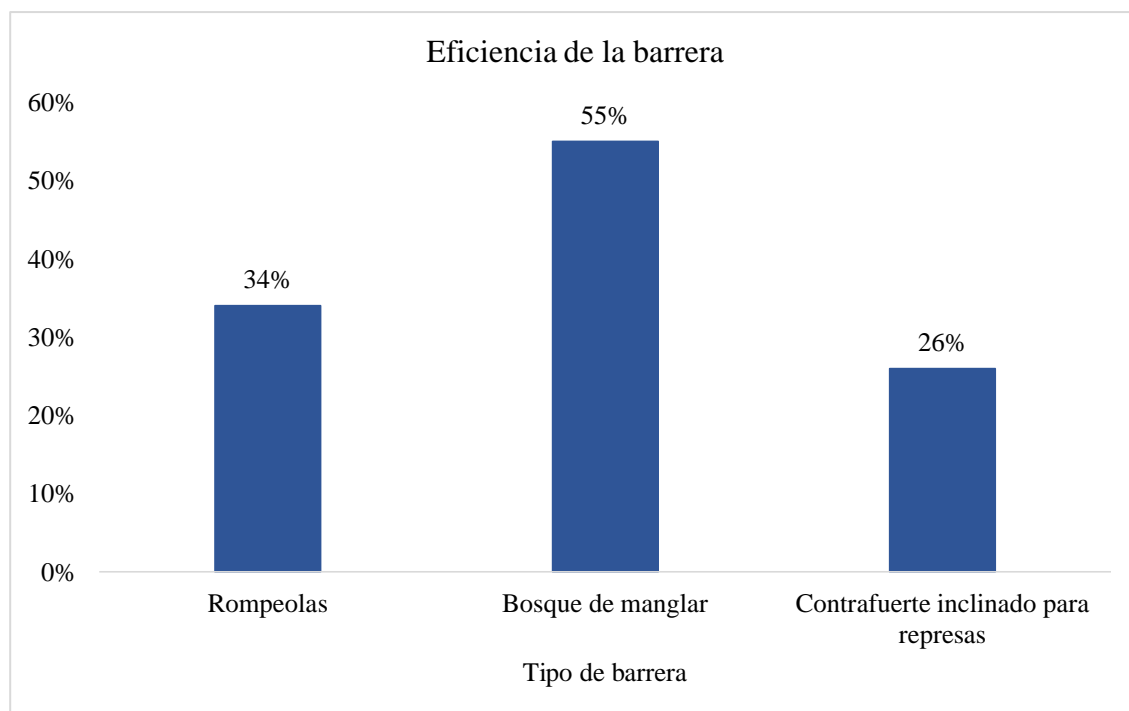
La siguiente gráfica representa en la barra de color rojo la cantidad de energía cinética que se perdía al momento de traspasar cada una de las tres barreras retomando la relación que existe entre la velocidad de la ola después de la barrera, por lo que los resultados de ésta gráfica poseen relación con la gráfica anterior.



Fuente: propia

C. EFICIENCIA DE LA BARRERA

La eficiencia de la barrera se determinó por la diferencia que existía en la energía cinética (E_{c1}) durante el recorrido y la energía después del impacto con la barrera, demostrando de ésta manera que la barrera que mayor eficiencia presentaba era la del manglar, pues ésta permitía que el paso de la energía cinética fuese en menor cantidad.



Fuente: propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

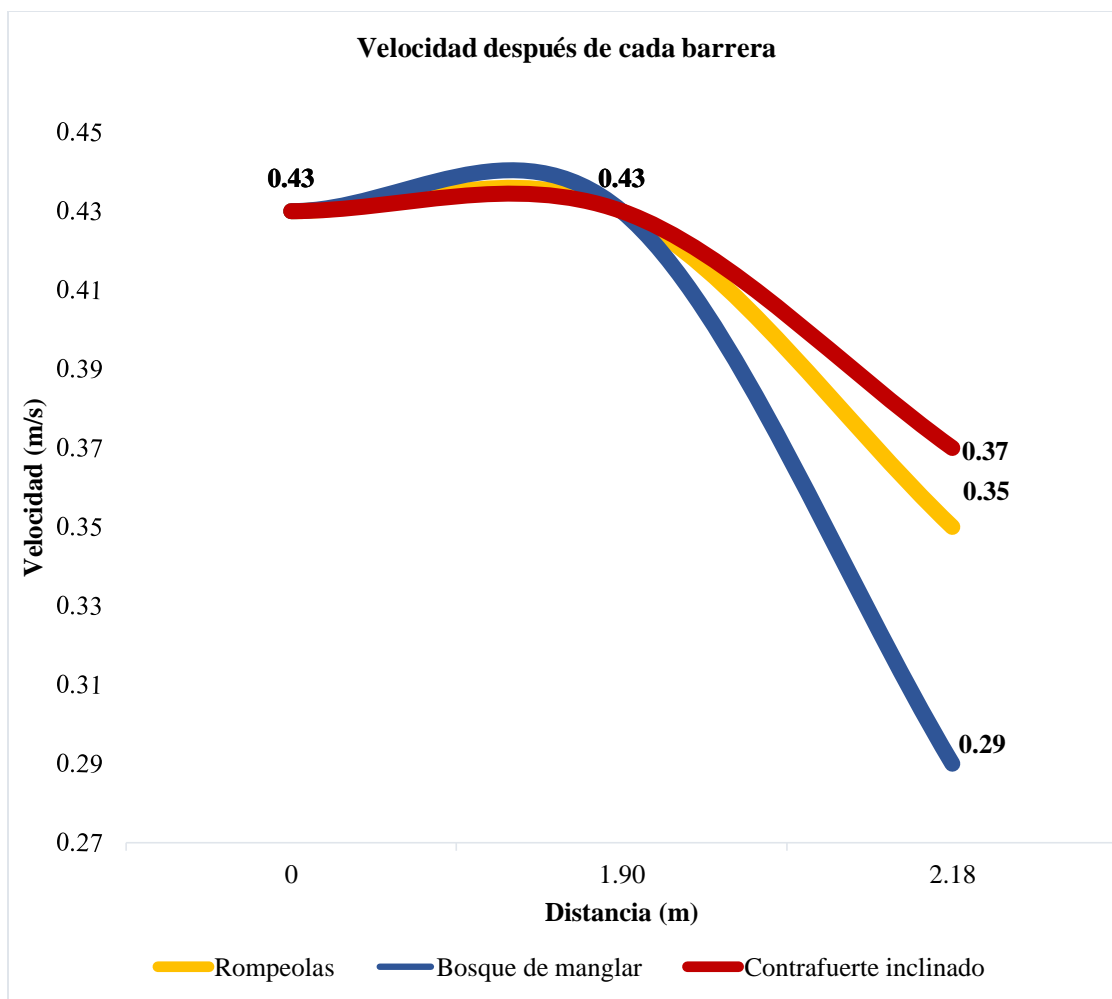
A. VELOCIDAD DESPUÉS DE LA BARRERA

Con respecto a la velocidad después de las distintas barreras utilizadas que se determinó por medio del análisis de la disipación de energía, se encontró que la velocidad inicial a la que se encontraba el flujo antes del choque con cualquiera de las barreras era de 0.43 m/s.

Con la implementación de un contrafuerte inclinado la velocidad lograba disminuir hasta 0.37 m/s. Si se colocaba el manglar la velocidad del oleaje reducía hasta 0.29 m/s y por último implementando la barrera del rompeolas la velocidad disminuye a 0.35 m/s. De esta manera la barrera que más disminuía la velocidad del oleaje era el manglar.

La velocidad después de la barrera era una de las características importantes para poder encontrar la energía cinética que se describe en una gráfica siguiente, si se tiene una menor velocidad después de la barrera también se tendrá una menor cantidad de energía cinética y por lo tanto una menor cantidad de movimiento del agua.

La gráfica también muestra la velocidad durante el trayecto del tanque rectangular, hasta que llega a una distancia de 1.90 metros de la paleta que impulsaba las olas en donde se encontraba la barrera para observar el comportamiento del oleaje en ambas velocidades.



Fuente: propia

B. PÉRDIDA DE ENERGÍA CINÉTICA

La gráfica de la velocidad final o la velocidad después de la barrera que se presenta a continuación muestra el comportamiento que posee la energía cinética antes y después de su impacto contra cualquiera de las tres barreras, se observa que la barrera del manglar logra disminuir la mayor cantidad de energía cinética que tiene la ola en su inicio, en este caso la energía cinética que se tenía en las tres barreras antes del golpe era de 0.77 Joule logrando disminuir en el rompeolas hasta 0.51 Joule, en el manglar disminuye hasta 0.35 Joule y en el muro contrafuerte 0.57 Joule.

De esta manera se determina que la barrera que mayor eficiencia y pérdida de energía cinética presentaba en las olas era el manglar. Analizando entonces, si se desea implementar el muro contrafuerte, éste puede generar gastos, y a pesar de disminuir la energía del oleaje, puede presentar problemas en la conservación de especies marinas, sin embargo, el manglar es un medio natural en donde se pueden albergar una gran diversidad de animales marinos y no genera costos si se conserva y se evita su tala para fines comerciales, recordando que para poder restaurar un manglar se necesitan árboles que puedan soportar la salinidad del agua.

VII. CONCLUSIONES

- Se utilizaron tres tipos de barreras artificiales dentro del tanque rectangular las cuales simulaban las condiciones reales de disipación de energía y demostraron que aún después de dos meses sometidas a las condiciones de uso del prototipo no presentaban daño alguno, así mismo que no existían daños en el vidrio del tanque de oleaje por el uso de las barreras.
- Las olas adoptaron distintas características mediante el uso de un generador de oleaje con dos diferentes velocidades, determinando de esta manera la variación de la amplitud y longitud de las olas después de su impacto por cualquier tipo de barrera utilizado en donde generalmente la velocidad y energía cinética tenían una tendencia a disminuir.
- Utilizando el generador de oleaje con una velocidad rápida permitió uso de las ecuaciones que permitieron determinar la cantidad de energía cinética de la ola durante su recorrido por el tanque y la variación que presentaba al momento de su impacto en una de las barreras, la cantidad de energía cinética disipada permitía encontrar el porcentaje de eficiencia en las mismas.
- La elaboración de gráficos permitió la interpretación de los resultados obtenidos con las ecuaciones utilizadas en cada barrera, identificando de ésta manera la importancia de conservar e implementar obstáculos de oleaje, por lo que el modelo didáctico implementado en el tortugario del Zoológico La Aurora concientizaba a las personas sobre el cuidado de ésta barreras sobre todo por la conservación de las especies marinas al resistir los embates del oleaje y para evitar la erosión de los suelos en las costas.

VIII. RECOMENDACIONES

- Si se desea construir un modelo de barreras como las utilizadas en este proyecto se debe de analizar la cantidad de peso que puede soportar la estructura de vidrio antes de colocarle el peso total de las barreras evitando de ésta manera roturas en el vidrio.
- Utilizar materiales resistentes a la descomposición para la elaboración de barreras dentro del agua tales como plástico, acero galvanizado, etc.
- Colocar cualquier tipo de las tres barreras artificiales a aproximadamente 1.70 metros de distancia de donde se encuentra la paleta de acrílico impulsando en oleaje alto y bajo.
- Proporcionar mantenimiento al canal rectangular para evitar la suciedad en el agua y en el contorno de vidrio.
- Durante el uso del proyecto no se deben de colocar objetos cerca de la paleta de acrílico que impulsa el oleaje para evitar accidentes o daños en el prototipo.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Ancajima Gómez, V., Herrera Zapata, E., Rubiño Cobeñas, J., Socola Patiño, G., & Cobeñas Saldarriaga, S. (2013). *Construcción de Rompeolas*. Sullana. Recuperado el 4 de septiembre de 2018, de <https://vdocuments.site/documents/construccion-de-rompeolas.html>
- Ávila, G. S. (2002). *Hidráulica de canales*. México. Recuperado el 5 de octubre de 2018, de ftp://soporte.uson.mx/publico/04_INGENIERIA.CIVIL/lineas/pdf/hidraulica%20de%20canales-%20sotelo%20avila.pdf
- Azul ambientalistas. (2018). *Bosque de Manglares*. Recuperado el 7 de septiembre de 2018, de <http://www.azulambientalistas.org/manglares.html>
- Calderón, C., O, A., & E, E. (2009). *El valor de los manglares*. México. Recuperado el 22 de octubre de 2018, de <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/7216.pdf>
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (s.f.). *Mecánica de fluidos (fundamentos y aplicaciones)*. (R. A. Alayón, Ed., & V. C. Olgún, Trad.) México, México: McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A de C.V. Recuperado el 30 de Abril de 2019
- Crevette, V. (s.f.). *Manglares: su conservación es fundamental para asegurar los objetivos del milenio en 2030*. Recuperado el 7 de septiembre de 2018, de https://www.abc.es/natural/biodiversidad/abci-manglares-conservacion-fundamental-para-103124529978-20160803124521_galeria.html
- Crowe, C. T., Elger, D. F., & Roberson, J. A. (2007). *Mecánica de fluidos* (Segunda ed., Vol. II). (J. E. Callejas, E. D. Ramírez, Edits., & J. L. Cárdenas, Trad.) México, México: Grupo Editorial Patria. Recuperado el 5 de Abril de 2018
- Díaz, J. S. (2001). *Control de Erosión en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. Recuperado el 4 de agosto de 2018, de <http://www.erosion.com.co/presentaciones/category/9-control-de-erosion-en-zonas-tropicales.html?download=64:287-capitulo14-estructurasmarinas>
- Espinoza, G., Faria, D., Méndez, L., & Navarro, Y. (2017). *Presas de Enrocado*. Universidad de Zulia, Facultad de Ingeniería, Maracaibo. Recuperado el 8 de Septiembre de 2018, de <https://www.slideshare.net/Yefreide/presas-de-enrocado>
- Flores, R., Jaime Roberto, Sandoval, F., & Lucio. (2012). *Deflectores de oleaje para rompeolas superficiales rebasables*. México. Recuperado el 7 de octubre de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/3535/353531979004.pdf>

- Gómez Lara, J. (2003). *El fascinante mundo del manglar*. Universidad de Quintana Roo, México. Recuperado el 7 de octubre de 2018, de https://www.crc.uri.edu/download/ChetBay_MangrovePub_03.pdf
- Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas* (Vol. I). (2008). Puertos de Estado. Recuperado el 4 de Septiembre de 2018, de http://www.lis.edu.es/uploads/043c80f9_21cd_41b5_8694_5d17dcab38a6.pdf
- Keeley, M., & Sutton, A. (s.f.). *Los maravillosos manglares de Guatemala*. (S. T. Río, Ed., F. Howard, G. Hudson, C. McCormick, & S. Tabet del Río, Trad.) Guatemala. Recuperado el 09 de septiembre de 2018, de <http://www.dcnanature.org/wp-content/uploads/2012/08/Los-Maravillosos-Manglares-Guatemala.pdf>
- Leon, J. d. (07 de septiembre de 2013). *Manglares de Guatemala amenazados por la construcción de corredor Interoceánico*. Recuperado el 07 de septiembre de 2018, de El niño de la sociedad: <https://es.sott.net/article/23051-Manglares-de-Guatemala-amenazados-por-construccion-de-Corredor-Interoceanico>
- Mclover, A., Möller, I., Spencer, T., & Spalding, M. (2012). *Reducción de los vientos y las olas crecidas gracias a los manglares*. Recuperado el 30 de noviembre de 2018, de Información técnica sobre manglares: una base de datos: <http://mangroves.elaw.org/es/node/77>
- Mejía Quiñonez, L., Molina Jiménez, M., Sanjuan Muñoz, A., Grijalva Bendeck, M., & Niño Martínez, L. (2014). *Bosque de manglar*. Universidad Jorge Tadeo. Cartagena: Alpha Editores. Recuperado el 7 de octubre de 2018, de [http://observatorioirsb.org/cmsAdmin/uploads/cartilla-manglar-28pg-\(1\)_001.pdf](http://observatorioirsb.org/cmsAdmin/uploads/cartilla-manglar-28pg-(1)_001.pdf)
- Menéndez Carrera, L., Guzmán Menéndez, J., & Almeida Famada, L. (s.f.). *Servicios ecosistémicos que brindan los manglares a los sectores productivos*. Instituto de Ecología y Sistemática. Recuperado el 22 de octubre de 2018, de <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/659/7/Experiencias%20Proyecto%20Sabana%20Camag%20Cey%20paisajes%20productivos%20cap%2006.pdf>
- Mott, R. L. (2000). *Mecánica de fluidos aplicada* (Vol. IV). (C. R. Pedraza, Ed.) México: Litografía Ingramex S.A. Recuperado el 15 de noviembre de 2018
- Novak, P., Moffat, A., & Nalluri, C. (2001). *Estructuras Hidráulicas* (Segunda ed.). (E. A. Herrera, Ed., & G. R. Granado, Trad.) Bogotá: Quebecor World Bogotá S. A. Recuperado el 03 de agosto de 2018
- Supflex. (s.f.). *El salón online del sector náutico y marítimo*. Recuperado el 4 de septiembre de 2018, de <http://www.nauticexpo.es/prod/superflex-pontoon-mooring-systems/product-30285-362176.html>
- Silva, F., Monzón, V., Carbone, F., & Cannone, N. (2010). *UTN FRBA Hidráulica general y aplicada*. Recuperado el 16 de Abril de 2019, de <http://utn-hidraulica.blogspot.com/>

X. ANEXOS

A. ANEXO 1. Costos de la elaboración de las barreras naturales y artificiales

A continuación, se detallan los cotos de los materiales adquiridos para poder completar la elaboración de barreras naturales y artificiales.

Tabla 15 Costos de las barreras naturales y artificiales

Producto	Precio
1 Barra de sikaflex	Q. 50.00
2 metros de cedazo galvanizado de 1/4"	Q. 40.00
1 plancha de duroport	Q. 11.00
2 rollos de alambre galvanizado	Q. 12.00
6 macetas de hojas de plástico	Q. 300.00
2 algas marinas de plástico	Q. 40.00
1 Bolsa de piedrín de río	Q. 8.00
Total	Q. 461.00

Fuente: propia

B. ANEXO 2. Propiedades de los fluidos

Figura 19 Propiedades de los fluidos

<i>Temperatura</i>	<i>Densidad</i>	<i>Viscosidad</i>	<i>Viscosidad cinemática</i>	<i>Módulo de elasticidad volumétrica</i>	<i>Tensión Superficial</i>	<i>Presión de Vapor</i>
ρ	μ	ν	K	σ	p_v	
$^{\circ}\text{C}$	kg/m^3	$\text{N}\cdot\text{s/m}^2\cdot 10^{-3}$	$\text{m}^2/\text{s}\cdot 10^{-6}$	$\text{Pa}\cdot 10^7$	$\text{N/m}\cdot 10^{-2}$	Pa
0	999,9	1,792	1,792	204	7,62	588
1	999,9	1,732	1,732			
2	1000,0	1,674	1,674			
3	1000,0	1,619	1,619			
4	1000,0	1,568	1,568			
5	1000,0	1,519	1,519	206	7,54	882
6	1000,0	1,473	1,473			
7	999,9	1,429	1,429			
8	999,9	1,387	1,387			
9	999,8	1,348	1,348			
10	999,7	1,310	1,310	211	7,48	1.176
11	999,6	1,274	1,274			
12	999,5	1,239	1,240			
13	999,4	1,206	1,207			
14	999,3	1,175	1,176			
15	999,1	1,145	1,146	214	7,41	1.666
16	999,0	1,116	1,117			
17	998,8	1,088	1,089			
18	998,6	1,060	1,061			
19	998,4	1,034	1,036			
20	998,2	1,009	1,011	220	7,36	2.447
21	998,0	0,984	0,986			
22	997,8	0,961	0,963			
23	997,6	0,938	0,940			

24	997,5	0,916	0,918			
25	997,1	0,895	0,898	222	7,26	
26	996,8	0,875	0,878			
27	996,5	0,855	0,858			
28	996,3	0,836	0,839			
29	996,0	0,818	0,821			
30	995,7	0,800	0,803	223	7,18	4.297
35	994,1	0,723	0,727	224	7,10	
40	992,2	0,656	0,661	227	7,01	7.400
45	990,2	0,599	0,605	229	6,92	
50	988,1	0,549	0,556	230	6,82	12.22
55	985,7	0,506	0,513	231	6,74	
60	983,2	0,469	0,477	228	6,68	19.60
65	980,6	0,469	0,478	226	6,58	
70	977,8	0,406	0,415	225	6,50	30.70
75	974,9	0,380	0,390	223	6,40	
80	971,8	0,357	0,367	221	6,30	46.40
85	968,6	0,336	0,347	217	6,20	
90	965,3	0,317	0,328	216	6,12	68.20
95	961,9	0,299	0,311	211	6,12	
100	958,4	0,284	0,296	207	5,94	97.50

Fuente: (Silva, Monzón , Carbone, & Cannone , 2010)

XI. GLOSARIO

Acotación: Es la representación de las dimensiones y otras características de un objeto en el dibujo técnico.

Acrílico: El polimetilmetacrilato (también conocido como PMMA), uno de los plásticos de ingeniería.

Atenuando: Reducir la intensidad o gravedad de una cosa

Densidad: Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia o un objeto sólido. Usualmente se simboliza mediante la letra rho ρ del alfabeto griego.

Erosión: Es el desgaste o denudación de suelos y rocas que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la alteración y disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización y es uno de los principales factores del ciclo geográfico.

Estero: El término estero se utiliza en varios contextos ecológicos y geográficos para designar condiciones de pantano generalmente en zonas planas con drenaje imperfecto.

Galvanizado: El galvanizado o galvanización es el proceso electroquímico por el cual se puede cubrir un metal con otro.

Hidráulica: Es la rama de la física que estudia el comportamiento de los líquidos en función de sus propiedades específicas.

Prisma: En geometría, un prisma es un poliedro limitado por dos polígonos iguales y paralelos llamados bases, y varios paralelogramos llamados caras laterales.

Viscosidad: La viscosidad de un fluido es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción. La viscosidad corresponde con el concepto informal de espesor.