

Análisis del comportamiento sedimentario de zona de playa, caso de estudio línea de costa de Data Posorja donde está ubicado la Estación de Prácticos de Autoridad Portuaria de Guayaquil.

Guillermo Pacheco Quintana, M.I.¹, Josue Sadaka Alvarez, Ing.², Gino Flor Chávez, MSc.³, David Moncayo Guzmán, Ing.⁴, ^{1,2,3}Universidad de Guayaquil, Ecuador, guillermo.pachecoq@ug.edu.ec, josue.sadaka@ug.edu.ec, ginoflorch@ug.edu.ec, ⁴Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, davanmon@espol.edu.ec

Abstract- The main objective of the research is to obtain the climatic and morphological characteristics of the beach area of the House of Practitioners of the Port Authority of Guayaquil from visual information collection methods and laboratory tests, in this way to determine the dynamics of the coastline. and the types of transversal profiles present in the area. By means of the characteristics obtained and the profiles measured in the field, the erosive behavior of the beach area will be determined.

KEY WORDS: *Climatic characterization, Morphology, Coastal Dynamics, Cross-sectional profiles, Erosion.*

Resumen- El objetivo principal de la investigación es obtener las características climáticas y morfológicas de la zona de playa de la Casa de Prácticos de Autoridad Portuaria de Guayaquil a partir de métodos de recolección de información visual y ensayos de laboratorio, de esta manera determinar la dinámica litoral y los tipos de perfiles transversales presentes en la zona. Por medio de las características obtenidas y los perfiles medidos en campo se determinará el comportamiento erosivo de la zona de playa.

PALABRAS CLAVES: *Caracterización climática, Morfología, Dinámica del Litoral, Perfiles transversales, Erosión.*

Digital Object Identifier: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.166>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390
DO NOT REMOVE

Análisis del comportamiento sedimentario de zona de playa, caso de estudio línea de costa de Data Posorja donde está ubicado la Estación de Prácticos de Autoridad Portuaria de Guayaquil.

Guillermo Pacheco Quintana, M.I.¹, Josue Sadaka Alvarez, Ing.², Gino Flor Chávez, MSc.³, David Moncayo Guzmán, Ing.⁴, ^{1,2,3}Universidad de Guayaquil, Ecuador, guillermo.pachecoq@ug.edu.ec, josue.sadaka@ug.edu.ec, ginoflorch@ug.edu.ec, ⁴Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, davanmon@espol.edu.ec

Abstract- *The main objective of the research is to obtain the climatic and morphological characteristics of the beach area of the House of Practitioners of the Port Authority of Guayaquil from visual information collection methods and laboratory tests, in this way to determine the dynamics of the coastline. and the types of transversal profiles present in the area. By means of the characteristics obtained and the profiles measured in the field, the erosive behavior of the beach area will be determined.*

KEY WORDS: *Climatic characterization, Morphology, Coastal Dynamics, Cross-sectional profiles, Erosion.*

Resumen- *El objetivo principal de la investigación es obtener las características climáticas y morfológicas de la zona de playa de la Casa de Prácticos de Autoridad Portuaria de Guayaquil a partir de métodos de recolección de información visual y ensayos de laboratorio, de esta manera determinar la dinámica litoral y los tipos de perfiles transversales presentes en la zona. Por medio de las características obtenidas y los perfiles medidos en campo se determinará el comportamiento erosivo de la zona de playa.*

PALABRAS CLAVES: *Caracterización climática, Morfología, Dinámica del Litoral, Perfiles transversales, Erosión.*

I. INTRODUCCIÓN

El mar siempre ha sido un ente incomprendido para el hombre, siendo una de sus mayores complejidades desarrollar construcciones en las costas. Poco a poco se generaron implementaciones estructurales a lo largo del perfil costero, que con el tiempo se desgastaron como consecuencia de no comprender los agentes litorales que están presentes en ella. Conforme pasa el tiempo, ha habido efectos o consecuencias que permiten dar una idea a lo que nos enfrentamos como ingenieros; pues no solo se debe conocer la morfología costera, sino que también, debemos analizar los cambios que este atraviesa como consecuencia de las características climáticas que intervienen. Por ejemplo, la forma en que el efecto de las olas la modifican, conocer el tipo y tamaño del sedimento y como varían durante las estaciones del año.

Uno de los primeros trabajos a nivel mundial [1], se recalca como se ve influenciado un diseño estructural en la línea costera y como trabajar la respectiva construcción basándose en el comportamiento hidrodinámico y sedimentario mediante un monitoreo [2].

Por otro lado, Dean [3] durante el análisis del perfil de equilibrio de las playas en Estados Unidos y el Golfo de México pudo desarrollar un modelo para determinar el comportamiento erosivo de la zona de estudio mediante la deducción de fórmulas empíricas, como resultado y aporte de

su análisis [4]. Además, también se explica por medio de ciertas características morfológicas como: pendiente del perfil, tipo de agregado y acción del oleaje en la playa se puede determinar el tipo de perfil y el comportamiento del mismo.

Ecuador, posea una gran línea litoral y por ende se encuentra en interacción con el oleaje incidente, poco a poco se generaron asentamientos costeros como zonas de comercio, transporte y embarque. La necesidad es el primer factor que incentivó a la construcción obras costeras sin tener un estudio previo, ni el conocimiento del comportamiento que tendría la playa al implementar estas estructuras, dando como resultado la deficiencia de la misma a tal punto que provocaría en casos más exagerados su colapso y la erosión de ciertos puntos de la playa.

En el año 2009 se realizó un estudio para determinar las características generales tomando como referencia la zona de playa desde la punta del Morro hasta Jaramijó, de esta investigación se presenta información de corrientes, vientos y mareas haciendo hincapié en puntos clave a lo largo de toda la zona de estudio. Como resultado se tienen una tendencia del comportamiento general de las características climáticas y perfiles de playa de la costa zona ecuatoriana [5].

En el año 2019 se desarrolló una investigación para determinar los procesos costeros que dominan en una zona costera específica tomando como énfasis una estructura asentada en esa zona, para conseguir esto se realizó la caracterización oceanográfica del malecón Ballenita ubicado en la provincia de Santa Elena dando relevancia a la estructura "El mirador" [6] haciendo el seguimiento entre la interacción oleaje-mirador y mirador-playa mediante mediciones en campo y analizando características climáticas; todo esto en una zona en la que está presenta una construcción y así sugerir recomendaciones adecuadas para evitar las afecciones producidas por la dinámica litoral.

En la zona de estudio del presente trabajo se encuentra un enrocado de protección de la Estación de Prácticos de la Autoridad Portuaria de Guayaquil en Data Posorja, en donde se observa afectaciones por procesos erosivos y de oleaje. Por tal motivo, se dio la necesidad de realizar la caracterización litoral de esta zona, para así evaluar su comportamiento y tomar las medidas de contingencia necesarias [7].

II. METODOLOGÍA

A. Trabajo de Campo

Para poder desarrollar la presente investigación fue necesario conocer como primer paso las características de las mareas de la zona de estudio por lo cual se realizó el análisis y cálculo de los registros en los últimos 3 años, incluyendo el año de la investigación (2018, 2019 y 2020).

Posteriormente, se efectuó la recolección de datos de las características climáticas de la zona de playa (on shore) en dos estaciones de control con coordenadas (Ver Figura 1):

- E01 (576202; 9699884),
- E02 (576312; 9699802).

En estas estaciones se tomaron datos de corrientes de litoral, intensidad de los vientos, altura, tipo y periodo de ola en las siguientes fechas: 5 y 17 de septiembre del 2020 para fase de sicigia y 10 de septiembre para fase de cuadratura en época seca. Las características climáticas de la zona fueron recolectadas utilizando el manual de procesos del The Littoral Environment Observation (LEO) [8]. Para el cálculo de corriente de litoral se utilizó un flotador con peso muerto el cual se dejaba en la zona de rompiente y se cronometraba el tiempo en el tardaba en llegar a la orilla, siendo la corriente obtenida la relación de la distancia respecto al tiempo. También se anotó la dirección de la corriente. Para determinar la intensidad de los vientos se utilizó un anemómetro.

Por otro lado, se midieron los perfiles presentes por medio de nivelación simple cada 2 metros (m.) en cinco puntos a lo largo de la zona de playa con coordenadas (Ver Figura 1):

- P01 (576166; 9699947),
- P02 (576205; 9699882),
- P03 (576255; 9699833),
- P04 (576305; 9699810),
- P05 (576474; 9699787).

En estos puntos se tomaron muestras de sedimentos tanto en la parte superior como inferior de cada perfil para obtener el valor de D_{50} por medio de las curvas granulométricas obtenida de los ensayos de laboratorio. Los perfiles se levantaron en las siguientes fechas: 2 y 5 de septiembre para fase de sicigia y 12 de septiembre para fase de cuadratura.



Fig.1 Ubicación de los puntos de control para la toma de datos de características climáticas y perfiles de la zona.

B. Trabajo de Laboratorio

El trabajo de laboratorio consistió en la interpretación, análisis y cálculo de datos obtenidos en campo.

Para calcular la altura de la ola en metros se realizó una estadística promedio global por cada perfil, de todas las mediciones del día, en donde la altura de la ola promedio se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$H = 1/n \sum_{i=1}^n H_i \quad (1)$$

Para realizar el cálculo del parámetro adimensional de Dean se utilizó la altura de ola significativa en metros (m.), la cual viene dada por la siguiente ecuación:

$$H_{1/3} = H_b = 1/n/3 \sum_{i=1}^{n/3} H_i \quad (2)$$

Para elaborar la curva granulométrica se siguió el proceso de la norma ASTM C 136-01 [9]. A partir de la curva granulométrica se determinaron los valores de D_{60} , D_{50} , D_{30} y D_{10} en milímetros correspondientes al tamaño del sedimento.

Para determinar el comportamiento erosivo o acresivo en cada perfil de la zona de estudio se calculó el perfil de equilibrio de Deam [3], a partir de la fórmula:

$$h = Ax^{2/3} \quad (3)$$

En donde h es la profundidad a una distancia x de la línea de la costa (m.), x es la distancia a la línea de la costa (m.) y A es un parámetro de escala que depende de las características del sedimento (adimensional), viene dado por la siguiente fórmula:

$$A = 0.51w^{0.44} \quad (4)$$

En donde w es la velocidad de caída del sedimento, asociada al diámetro de la partícula en metros sobre segundos (s).

$$w = 273D_{50}^{1.1} \quad (5)$$

Una vez obtenidos los perfiles de equilibrio de Deam para cada perfil se compararon con los obtenidos en campo y de esta manera se estimó el comportamiento (erosivo o acresivo) que presenta cada uno, además por medio del parámetro adimensional de velocidad de caída del grano Ω [4] se pudo determinar el tipo de perfil estudiado.

$$\Omega = H_b / (w \times T) \quad (6)$$

En donde H_b es la altura de ola significativa registrada en metros (m.) y T el periodo de ola en segundos (s), siendo un perfil reflectivo cuando Ω es menor a 1.50 y disipativo cuando Ω es mayor a 5.50 [10].

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Nivel de Marea

La zona de estudio se encuentra cerca de una estación del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) ubicada exactamente en el muelle utilizado para el embarque y desembarque de los prácticos, los registros de mareas diarias

se tomaron de esta estación, obteniendo las siguientes características de marea:

TABLA I
CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE MAREA DEL AÑO 2018

Características	Abreviatura	Elevación de la marea con respecto al MLWS (m)
Máxima Pleamar Anual		2.70
Mínima Bajamar Anual		0.00
Promedio de Bajamares	MLW	0.48
Promedio de Pleamares	MHW	2.23
Promedio de las mareas Máximas de Siciquia	MHWS	2.64
Promedio de las mareas Mínimas de Siciquia	MLWS	0.06
Nivel medio del mar	NMM	1.35

TABLA II
CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE MAREA DEL AÑO 2019

Características	Abreviatura	Elevación de la marea con respecto al MLWS (m)
Máxima Pleamar Anual		2.90
Mínima Bajamar Anual		0.00
Promedio de Bajamares	MLW	0.48
Promedio de Pleamares	MHW	2.21
Promedio de las mareas Máximas de Siciquia	MHWS	2.63
Promedio de las mareas Mínimas de Siciquia	MLWS	0.00
Nivel medio del mar	NMM	1.35

TABLA III
CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE MAREA DEL AÑO 2020

Características	Abreviatura	Elevación de la marea con respecto al MLWS (m)
Máxima Pleamar Anual		2.80
Mínima Bajamar Anual		0.00
Promedio de Bajamares	MLW	0.50
Promedio de Pleamares	MHW	2.20
Promedio de las mareas Máximas de Siciquia	MHWS	2.64
Promedio de las mareas Mínimas de Siciquia	MLWS	0.00
Nivel medio del mar	NMM	1.35

Se puede observar que la máxima pleamar registrada en los últimos 3 años es de 2.90 metros. respecto al MLWS, mientras que el NMM es de 1.35 metros. en los tres años (ver tabla I, II y III).

B. Características Climáticas

De los datos obtenidos en campo se determinó que no existe mucha variación entre las características climáticas que se tomaron en ambas estaciones, siendo la dirección incidente del oleaje de 220° aproximadamente con dirección SO, mientras que la alineación de la playa oscila entre los 300° y 320° a lo largo de la zona de estudio. La dirección media del oleaje para la E01 fue de 222° y la alineación de la playa de 310°, teniendo de esta manera un ángulo con el que rompe la ola de 2°; mientras que la E02 tuvo una dirección del oleaje media de 223° y una alineación de la playa de 300°, teniendo un ángulo con el que rompe la ola de 13°.

Con respecto a la altura usando (1) y periodo de ola se obtuvo un promedio general de todos los datos de altura observados de 0.31 metros y periodo de 9.99 segundos, tendiendo a tener una altura promedio de 0.32 metros en fase de cuadratura y 0.30 metros en fase de siciquia. Por otro lado, la altura de ola significativa calculada usando (2) fue de 0.42

metros de manera general, 0.40 metros para fase de siciquia y 0.44 metros para fase de cuadratura (Ver tablas IV, V y VI).

TABLA IV
ALTURA DE OLA MEDIA REGISTRADA

Estación	E01	E02	Todos los Registros
Fase de Siciquia (m)	0.312	0.295	0.303
Fase de Cuadratura (m)	0.328	0.319	0.323
General (m)	0.318	0.304	0.311

TABLA V
ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE REGISTRADA

Estación	E01	E02	Todos los Registros
Fase de Siciquia (m)	0.415	0.389	0.403
Fase de Cuadratura (m)	0.452	0.438	0.446
General (m)	0.433	0.410	0.421

TABLA VI
ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE REGISTRADA

Estación	E01	E02	Todos los Registros
Fase de Siciquia (s)	9.12	9.18	9.15
Fase de Cuadratura (s)	10.70	11.98	11.34
General (s)	9.72	10.25	9.99

La corriente del litoral oscila entre los 0.40 y 0.90 metros sobre segundos, siendo la velocidad promedio de manera general de 0.64 metros sobre segundos (Ver tabla VII).

TABLA VII
CORRIENTE DEL LITORAL MEDIA CALCULADA

Estación	E01	E02	Todos los Registros
Fase de Siciquia (m/s)	0.63	0.70	0.67
Fase de Cuadratura (m/s)	0.54	0.62	0.58
General (m/s)	0.60	0.67	0.64

Con respecto a la intensidad y dirección del viento las velocidades predominantes oscilan entre los 2 y 3.5 metros sobre segundos, que de acuerdo a la escala de Beoufort representan brisas débiles con olas cuya cresta empiezan a romper [11]. La distribución de frecuencia de la estación E01 muestra que un 37% de los datos registrados tienden a tener velocidad de viento entre 3 y 3.5 metros sobre segundos (Ver figura 2), mientras que la distribución de frecuencias de la estación E02 muestran que el 45.5% de los datos registrados tiende a tener velocidades entre 2 y 2.5 metros sobre segundos (ver figura 3).

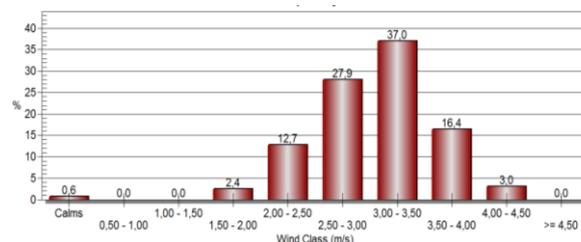


Fig.2 Distribución de Frecuencia de la Clase de Vientos Registrados en la Estación E01.

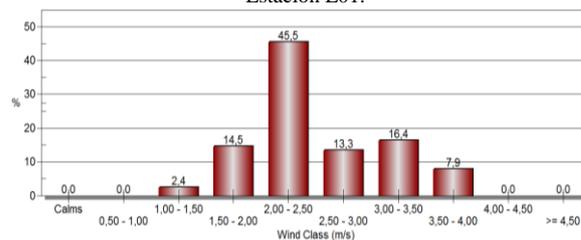


Fig.3 Distribución de Frecuencia de la Clase de Vientos Registrados en la Estación E02.

La dirección predominante de los vientos proviene del NO entre los 270° y 315° para ambas estaciones. La velocidad de viento máxima registrada en la estación E01 es de 4.4 metros sobre segundos (Ver figura 4) y en la estación E02 es de 3.6 metros sobre segundos (Ver figura 5).

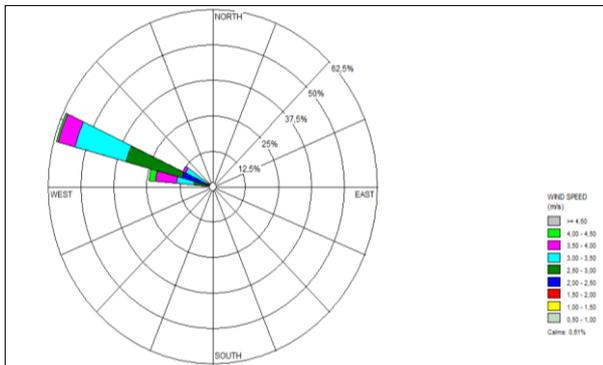


Fig.4 Rosa de Vientos de la Estación E01.

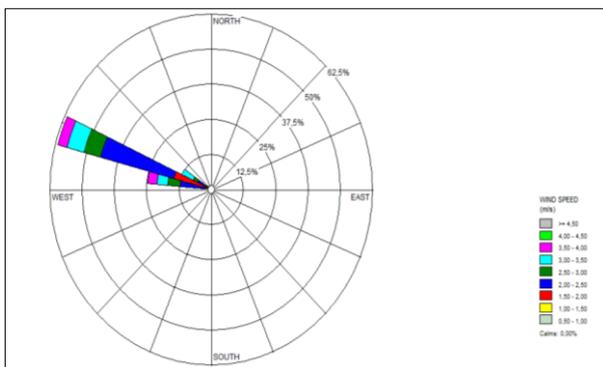


Fig.5 Rosa de Vientos de la Estación E02.

C. Morfología de la Playa

De los perfiles levantados se calculó el valor de pendiente promedio de cada perfil, el perfil P01 tiene una pendiente media de 1:23 (4.4%), el perfil P02 tiene una pendiente media de 1:24 (4.2%), el perfil P03 tiene una pendiente media de 1:31 (3.2%), el perfil P04 tiene una pendiente media de 1:20 (5%) y el perfil P05 tiene una pendiente media de 1:20 (3.3%), según la US Army Department of Training and Doctrine Command [12] se clasificó a los perfiles siendo todos de pendiente moderada a excepción de perfil P05 el cual tiende a ser un perfil suave.

El tipo y tamaño del grano se determinó por medio del método del sistema unificado de clasificación de suelos SUCS [13] utilizando los coeficientes de curvatura y uniformidad C_u y C_c (adimensionales) que permiten clasificar el tipo de suelo, los cuales depende de D_{60} , D_{30} y D_{10} obtenido a partir de la curva granulométrica de las muestras de sedimento tamizadas para cada perfil. El valor promedio de D_{50} en los perfiles P01, P04 y P05 es de aproximadamente 0.30 milímetros, mientras que en los perfiles P02 y P03 se acerca a los 0.28 milímetros, siendo todas las muestras tomadas arenas limpias mal graduadas.

Teniendo todos los resultados de características climáticas y morfología de los perfiles se calculó el valor del parámetro de Deam usando (6) (Ver tabla 8).

TABLA VII
VALOR DEL PARAMETRO DE DEAM CALCULADO

Perfil	Estación	T (seg)	Hb (m.)	D50 (mm.)	w (m/s)	Ω
P01	E01	9.72	0.433	0,30	0.0368	1.21
P02	E01	9.72	0.433	0,28	0.0337	1.32
P03	E01	9.72	0.433	0,28	0.0333	1.34
	E02	10.25	0.410	0,28	0.0333	1.20
P04	E02	10.25	0.410	0,30	0.0357	1.12
P05	E02	10.25	0.410	0,30	0.0368	1.09

Todos los perfiles levantados tienen un valor de parámetro de Dean Ω menor a 1.50, por lo que se trata de perfiles de tipo reflectivo según lo descrito en la metodología. Finalmente, también correlacionando todas las características obtenidas podemos determinar el tipo de perfil según [14].

TABLA VIII
TIPOS DE PERFIL EN LA ZONA DE ESTUDIO

Perfil	Tipo de Ola	Barrido	D50 (mm.)	β (%)	Ω	Tipo de Perfil
P01	Spilling	SI	0,30	4.40	1.26	Reflectivo
P02	Spilling	SI	0,28	4.20	1.38	Reflectivo
P03	Spilling	SI	0,28	3.20	1.40	Reflectivo
	Spilling	SI	0,28	3.20	1.28	Reflectivo
P04	Spilling	SI	0,30	5.00	1.20	Reflectivo
P05	Spilling	SI	0,30	3.30	1.16	Reflectivo

D. Perfiles de Equilibrio de Deam

Los perfiles levantados en P01, tanto como para sicigia y cuadratura, tienen un comportamiento en la mayor parte de extensión de tipo erosivo con respecto al perfil de equilibrio promedio de Dean utilizando (5)(4)(3), el cual se encuentra directamente relacionado con el tamaño de la muestra de agregado obtenida en campo. El perfil del 2 de septiembre para fase de sicigia tiene una tendencia de comportamiento agresivo hasta el abscisado 3 metros, esto se puede determinar debido a que se encuentra por encima del perfil de Dean medio, mientras que desde la abscisa 3 metros en adelante tiende a ser erosivo. Los perfiles del 5 de septiembre en fase de sicigia y 12 de septiembre en fase de cuadratura tienden a comportarse totalmente erosivos.

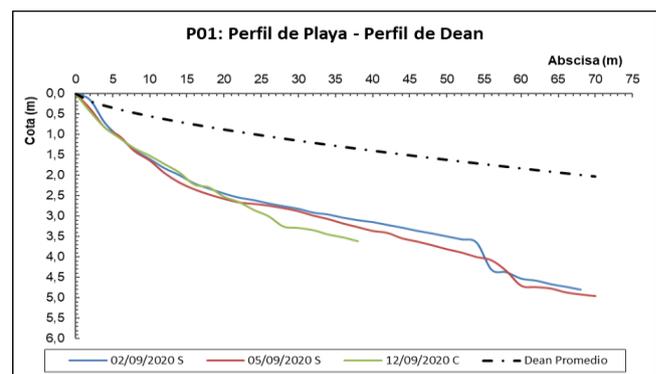


Fig.6 Perfil de Equilibrio de Dean en P01.

Se puede observar el comportamiento que tienen los perfiles levantados en P02 con respecto al perfil de equilibrio promedio de Dean. Los perfiles del 2 y 12 de septiembre (fase de sicigia y fase de cuadratura respectivamente) tienen un comportamiento agresivo desde la abscisa 0 hasta la 24, y desde la abscisa 24 en adelante se comporta de manera erosiva, el perfil del 5 de septiembre (fase de sicigia) tiende a mostrar el mismo comportamiento con la diferencia de que se comporta como agresivo desde la abscisa 0 a la 18 y es erosivo a partir de la abscisa 18.

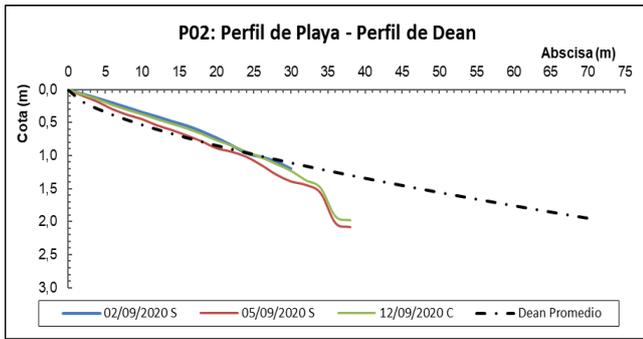


Fig.7 Perfil de Equilibrio de Dean en P02.

Se puede observar el comportamiento que tienen los perfiles levantados en P03 (al lado izquierdo del muelle fijo de pasarela) con respecto al perfil de equilibrio promedio de Dean. El perfil del 2 de septiembre (fase de sicigia) es totalmente erosivo, el perfil del 5 de septiembre (fase de sicigia) muestra un comportamiento acerosivo desde la abscisa 0 a 18 y es erosivo desde el abscisado 18 en adelante y el perfil del 12 de septiembre (fase de cuadratura) tiende a tener el mismo comportamiento que perfil medio de Dean.

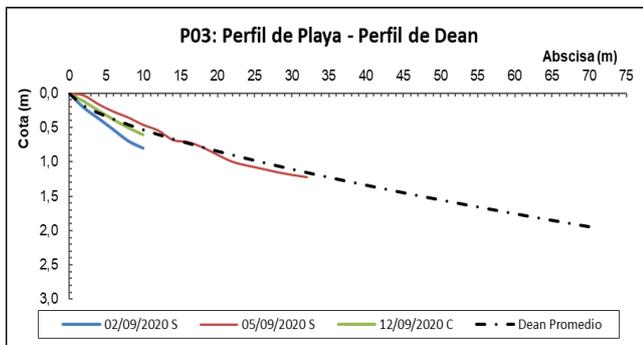


Fig.8 Perfil de Equilibrio de Dean en P03.

Se puede observar el comportamiento que tienen los perfiles levantados en P04 con respecto al perfil de equilibrio promedio de Dean. Los perfiles: 2, 5 y 12 de septiembre (fase de sicigia, sicigia y cuadratura respectivamente) muestran el mismo comportamiento. El primero es acerosivo hasta el abscisado 2 metros y de ahí en adelante es erosivo, el segundo es acerosivo hasta la abscisa 6 metros y de ahí en adelante es erosivo y finalmente el tercero es acerosivo hasta el abscisado 4 metros y de ahí en adelante es erosivo.

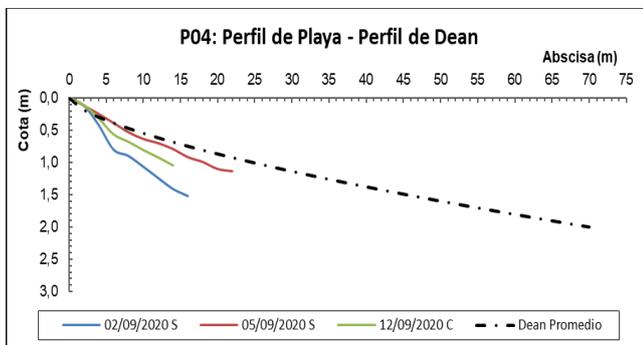


Fig.9 Perfil de Equilibrio de Dean en P04.

Se puede observar el comportamiento que tienen los perfiles levantados en P05 con respecto al perfil de equilibrio promedio de Dean. Los perfiles: 2, 5 y 12 de septiembre (fase

de sicigia, sicigia y cuadratura respectivamente) muestran el mismo comportamiento totalmente erosivo desde la abscisa 0.

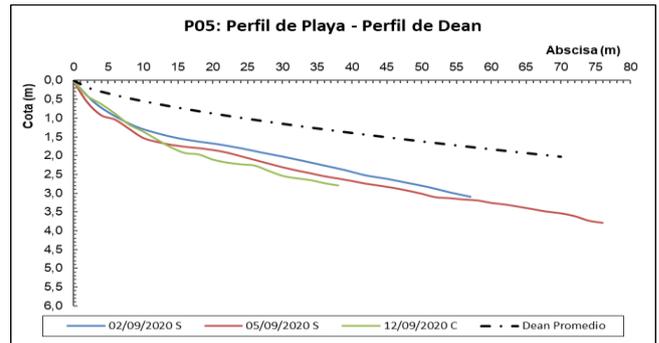


Fig.10 Perfil de Equilibrio de Dean en P05.

Finalmente, se contrastó todos los perfiles con respecto al promedio general del perfil de Dean en base al tamaño medio del grano de sedimento que es de 0.296 milímetros.

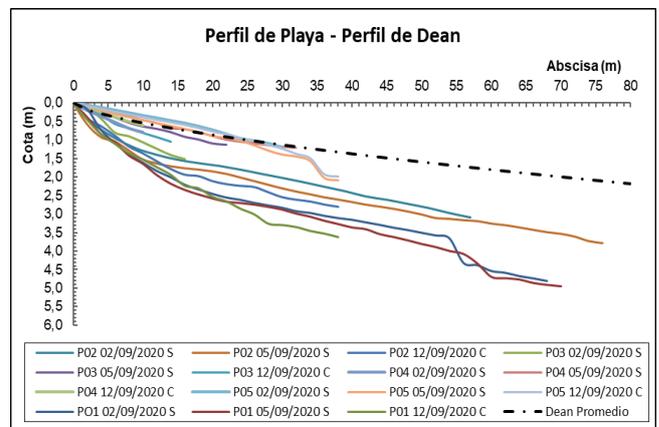


Fig.10 Perfil de Equilibrio de Dean en P05.

E. Discusión

Si comparamos los valores obtenidos en la caracterización climática se puede decir que tanto la estación E01 como la E02 muestran un comportamiento muy parecido tanto en oleaje como en corriente del litoral e intensidad de vientos, esto se debe a que la zona de estudio no es tan grande y las estaciones no están separadas a más de 150 metros.

El periodo promedio en general tiende a ser de 10 segundos, que es un periodo poco común, ubicándose por debajo del que se encuentra frecuentemente en las costas ecuatorianas. Con respecto a la altura de ola se puede decir que la estación E01 tiene levemente un oleaje de mayor intensidad que E02, esto se debe a la presencia del muelle fijo de pasarela, el cual genera una pequeña difracción del oleaje proveniente del NO. De igual forma la zona más energética es la que está ubicada en la parte derecha del muelle fijo mirando hacia offshore (E01), esto sucede porque la liberación de energía está directamente relacionada con la altura de ola que incide sobre la zona de playa (a mayor altura de ola, mayor energía se libera).

Gracias al cálculo del parámetro de Dean, la pendiente y el tamaño del sedimento se puede demostrar que la zona de estudio está conformada por perfiles en un estado totalmente reflectivo, también se lo puede evidenciar por el tipo de ola

registrado (spilling). Aunque los perfiles P02 y P03 (del lado de la estación E01) tiende a tener comportamiento disipativo.

Los perfiles de playa indican que la zona de estudio se está erosionando continuamente como lo demuestran de una manera crítica los perfiles P01 y P05. En el caso de los perfiles P02, P03 y P04 estos no muestran grandes niveles de erosión, lo anteriormente mencionado se debe a la presencia del enrocado que protege la casa de prácticos. Por lo tanto, la erosión en estas estaciones se encuentra limitada a diferencias de los perfiles P01 y P05 los cuales son atacados directamente por la dinámica del oleaje.

Haciendo un análisis multi-temporal se puede notar un efecto muy importante que se puede observar con el paso de los años y que los resultados demuestran, se genera por la presencia del enrocado; además de proteger la zona de la intensidad del oleaje, también presenta indicios de que se está comportando como un pseudo espigón o dique. Se puede observar como la línea de playa cede ante la intensidad del oleaje, siendo en el año 2010 una misma línea a lo largo de toda la zona de estudio (Ver figura 11) y en el 2020 en la zona de la estación y perfil P05 cediendo completamente (Ver figura 12). Se registra que en el perfil E01 la playa se ha erosionado aproximadamente 10 metros en onshore y en la E05 aproximadamente 40 metros en onshore.



Fig.11 Vista Satelital de la zona de estudio en el año 2010.



Fig.12 Vista Satelital de la zona de estudio en el año 2020.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis de las condiciones climáticas se concluye que: el oleaje no es muy intenso; si bien es cierto que la altura de ola promedio sin importar la fase no es de gran tamaño, siendo de 0,31 m, la frecuencia con la que llegan las ondas es muy rápida, debido al bajo periodo de onda promedio de 9.99 segundos ubicándose por debajo del periodo normal en las costas ecuatorianas.

Del análisis del perfil de equilibrio promedio de Dean en época seca, se concluye que la zona de estudio tiene un comportamiento erosivo, llegándose a presentar pérdidas de sedimento de hasta 3 metros de altura en la playa según los datos obtenidos a lo largo de toda la investigación. La erosión de la zona de playa se debe en su mayoría a la corriente del litoral y, por ende, al transporte de sedimento puesto que este es muy intenso a diferencia del que se genera por efecto de las olas debido a la pequeña altura que posee y, como consecuencia la poca liberación de energía. Los perfiles P01 y P05 son los que presentan mayor erosión, pero existe el caso particular del perfil P03, que, si bien se encuentra erosionado, el mismo mostró un comportamiento acresivo en el corto periodo de análisis; esto quizás se deba a la presencia del muelle fijo de pasarela.

Para tener datos con mayor precisión, que permitan profundizar en futuras investigaciones, es recomendable utilizar sistemas tecnológicos modernos para la recolección de datos de campo, estos pueden ser los siguientes: para medir el tamaño de ola se puede usar una boya de recolección de datos, para la corriente litoral se recomienda el uso de un derivador con cronómetro y GPS incorporado (medición lagrangiana) o un correntómetro (medición euleriana).

Así también, se pueden extender los tiempos de medición de ser posible durante 24 horas, es recomendable realizar el registro de las características climáticas mínimo dos fases de sicigia y dos de cuadratura.

A fin de verificar el comportamiento de la zona, es necesario complementar la información obtenida en la presente investigación, con datos de caracterización climática en época húmeda conocida como lluviosa en el Ecuador, además de contratar los perfiles de playa obtenido con una batimetría en la zona.

REFERENCIAS

- [1] T. Sawaragi, "Coastal Engineering-Waves, Beaches, Wave-Structure Interactions", 1995.
- [2] N. Kobayashi, "Wave Run up and Overtopping on Beaches and Coastal Structures". In *Advances in Coastal and Ocean Engineering* Center for Applied Coastal Research, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Delaware, Newark, DE 19716, USA, Vol. 5, pp. 95-154. World Scientific. 1999
- [3] R. Dean, "Equilibrium Beach Profiles": *U.S. Atlantic and Gulf Coasts*" (12th ed.). Department of Civil Engineering and College of Marine Studies, University of Delaware, 1977.
- [4] R. Dean, & C. Galvin, Beach Erosion: Causes, Processes, and Remedial Measures. *C R C Critical Reviews in Environmental Control*, 6(3), 259-296, 1976.
- [5] L. Vera, M. Lucero & M. Mindiola, "Caracterización Oceanográfica de la costa central ecuatoriana entre la punta del Morro y Jaramijó, Ecuador" (pp. 8-17) [Acta Oceanográfica del Pacífico]. INOCAR. 2009.
- [6] D. Moncayo, & G. Ger, Caracterización de las condiciones oceanográficas presentes en la playa de Ballenita-Provincia de Santa Elena, con énfasis en la estructura "El Mirador", mediante el análisis de procesos costeros dominantes y cambios de perfiles de playa. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral], 2019.
- [7] J. Sadaka, Caracterización costera de la zona de playa de la casa de prácticos de Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) en época seca, ubicado en Data Posorja, provincia del Guayas; para la elaboración de los perfiles de playa y planes de mantenimiento de las obras de protección. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil], en prensa, 2020.
- [8] C. Schneider, The Littoral Environment Observation (LEO) Data Collection Program. *Science (New York, N.Y.)*, 82(11), 24, 1981.
- [9] ASTM International, Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates ASTM C136, 2001.

- [10]P. Medina, et al, Modelado de la morfodinámica de playas por medio de formulaciones de «Equilibrio». *Física de la Tierra*, 13, 95-117, 2001.
- [11]E. Owens, "Beaufort wind scale. In: Beaches and Coastal Geology", Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, New York, NY, 1982.
- [12]B. Das, "Fundamentos de ingeniería de cimentaciones" (7^{ma} edición). Cengage Learning Editores, S.A, 2012.
- [13]FAO, *Playa de Arena*. Dinara. 2009.