

AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE
CARTAGENA

The logo of the Universidad de Cartagena is centered on the page. It features a shield with a central figure holding a staff and a cross, flanked by two golden cornucopias overflowing with produce. The shield is surrounded by a laurel wreath. Below the shield is a banner with the text 'REPUBLICA DE COLOMBIA' on the left and 'UNIVERSIDAD DE CARTAGENA' on the right, with the year '1627' in the center.

DUVÁN LUIS DURANGO JIMÉNEZ

DEVIS ALEXANDER PÉREZ CAMPO

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C.

2018

AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE
CARTAGENA

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN HIDRÁULICA Y MANEJO COSTERO (GIHMAC)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GEOMORFOLOGÍA COSTERA

INVESTIGADORES:

DUVÁN LUIS DURANGO JIMÉNEZ

DEVIS ALEXANDER PÉREZ CAMPO

DIRECTORA:

DALIA MORENO EGEL



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C.



CONTENIDO

CONTENIDO	3
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	6
LISTA DE CUADROS	7
LISTA DE ANEXOS	9
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO DE REFERENCIA	17
1.1. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	17
1.2. MARCO TEÓRICO.....	26
1.2.1. Zona costera	27
1.2.2. Características del sedimento.....	28
1.2.3. Perfiles de playa	30
1.2.4. Profundidad de cierre del perfil	30
1.2.5. Perfiles de equilibrio	31
1.2.6. Modelo de Dean	31
1.2.7. Modelo de Bodge	34
1.2.8. Modelo de Komar y McDougal	35
1.2.9. Método de Componentes Principales o Funciones de Eigen	36



1.2.10. Análisis de datos con el lenguaje de programación R	39
1.2.11. Análisis multivariante de datos con SPSS	41
1.2.12. Regresión por Mínimos Cuadrados.....	41
1.2.13. Regresión lineal simple	42
1.2.14. Cuantificación del error en el ajuste.....	43
2. OBJETIVOS.....	46
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	46
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	46
3. ALCANCE	47
4. METODOLOGÍA	51
4.1. Recopilación y análisis de la información secundaria	53
4.2. Complementación de la información secundaria.....	54
4.3. Análisis de los supuestos del perfil de equilibrio de Dean y su comparación con las condiciones de las playas locales.....	55
4.4. Función media de la serie de datos de cada perfil	55
4.5. Ajuste del perfil por regresión lineal	56
4.6. Análisis de coeficiente de concavidad n a través de la playa	57
4.7. Análisis del parámetro de escala A en la longitud de la playa.....	57
4.8. Análisis comparativo con los supuestos y condiciones de playas en el modelo matemáticos planteado por Bodge.....	58



4.9. Aplicación del modelo	59
4.10. Análisis comparativo de los resultados y conclusiones	59
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	60
5.1. Información de las playas en estudio	60
5.2. Estimación de oleaje y punto de cierre	63
5.3. Análisis de los supuestos del perfil de equilibrio de Dean y su comparación con las condiciones de las playas locales	65
5.4. Aplicación de la autofunciones de eigen: función media de cada perfil.....	68
5.5. Ajuste al modelo de dean aplicando minimos cuadrados	71
5.6. Análisis de correlaciones de las variable: enfoque sobre el parámetro n	75
5.7. Análisis de correlaciones de las variables: enfoque sobre el parámetro A	77
5.8. Ajuste al modelo de Dean por sector de playa.....	80
5.9. Ajuste al modelo alternativo: Bodge.....	89
5.10. Síntesis del análisis de resultados	98
6. CONCLUSIONES	109
7. RECOMENDACIONES	112
8. BIBLIOGRAFÍA.....	113
ANEXOS.....	117



LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Secciones en un perfil de playa.....	27
Ilustración 2. Ajuste del parámetro de escala A en función de la velocidad de caída del grano w que a su vez es función del tamaño del grano D	33
Ilustración 3. Ubicación de los perfiles de playa evaluados en el sector de Bocagrande. ...	48
Ilustración 4. Ubicación de los perfiles de playa evaluados en el sector de Marbella.	49
Ilustración 5. Ubicación de los perfiles de playa evaluados en el sector de La Boquilla. ...	50
Ilustración 6. Esquema de la metodología utilizada en el proyecto.	52
Ilustración 7. Perfil medido medio versus perfiles ajustados para Bocagrande en invierno.	104
Ilustración 8. Perfil medido medio versus perfiles ajustados para Marbella en invierno. .	105
Ilustración 9. Perfil medido medio versus perfiles ajustados para Marbella-intermedio...	106
Ilustración 10. Perfil medido medio versus perfiles ajustados para Marbella en verano...	107
Ilustración 11. Perfil medido medio versus perfiles ajustados para La Boquilla en invierno.	108



LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación del sedimento según Wentworth.	29
Cuadro 2. Valores del parámetro A para distintos valores del diámetro D del grano.	34
Cuadro 3. Localización del BM y D_{50} húmedo en cada perfil de estudio.	60
Cuadro 4. Separaciones entre perfiles y distancia z a lo largo de cada sector.	62
Cuadro 5. Varianza del perfil medio (1ra autofunción de Eigen) en cada caso.	68
Cuadro 6. Pendiente media y pendiente de los primeros 100 metros sumergidos de cada perfil.	69
Cuadro 7. Parámetros de la ecuación de Dean A , n y A_d (para $n=2/3$) ajustados mediante mínimos cuadrado.	71
Cuadro 8. Bondad del ajuste del modelo de Dean en cada caso de estudio.	73
Cuadro 9. Correlaciones entre las diferentes variables en Bocagrande-invierno. **La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).	75
Cuadro 10. Correlaciones entre las diferentes variables en Marbella. **La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).	76
Cuadro 11. Velocidad de caída del grano en cada caso de estudio.	78
Cuadro 12. Correlaciones entre diferentes variables en Bocagrande-invierno: enfoque sobre $A(w)$. **La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).	79
Cuadro 13. Correlaciones entre diferentes variables en Marbella: enfoque sobre $A(w)$. **La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).	79



Cuadro 14. Parámetros ajustados al modelo de Dean en Bocagrande y el número de mediciones de cada perfil.....	81
Cuadro 15. Parámetros ajustados en Marbella y el número de mediciones de cada perfil. .	82
Cuadro 16. Parámetros ajustados en La Boquilla y el número de mediciones de cada perfil.	83
Cuadro 17. Bondad del ajuste usando el $A(K, w, m)$ y n ponderado en cada sector y bondad del ajuste usando el $A(w)$ y el $n (2/3)$ de Dean.....	86
Cuadro 18. Parámetros ajustados al modelo de Bodge.	90
Cuadro 19. Bondad del ajuste del modelo de Bodge en cada caso de estudio.....	91
Cuadro 20. Parámetros ajustados en Bocagrande al modelo de Bodge y número de mediciones en cada caso de estudio.	93
Cuadro 21. Parámetros ajustados en Marbella al modelo de Bodge y número de mediciones en cada caso de estudio.	93
Cuadro 22. Parámetros ajustados en La Boquilla al modelo de Bodge y número de mediciones en cada caso de estudio.	95
Cuadro 23. Bondad del ajuste del modelo de Bodge usando valores ponderados por sector de los parámetros B y k	97
Cuadro 24. Parámetros de ecuaciones de Dean y Bodge en playas estudiadas.	98



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Batimetrías perfil P6 época de invierno.	117
Anexo 2. Batimetrías perfil P7 época de invierno.	119
Anexo 3. Batimetrías perfil P8 época de invierno	125
Anexo 4. Batimetrías del perfil P9 época de invierno.	131
Anexo 5. Batimetrías del perfil P15 época de invierno.	136
Anexo 6. Batimetrías perfil del perfil P15 época intermedia y verano.	138
Anexo 7. Batimetrías del perfil P16 época de invierno.	140
Anexo 8. Batimetrías perfil P16 época intermedia y verano.	142
Anexo 9. Batimetrías perfil P17 época de invierno.	144
Anexo 10. Continuación batimetrías del perfil P17 época de invierno.....	147
Anexo 11. Batimetrías del perfil P17 época intermedia y verano.....	150
Anexo 12. Batimetrías perfil P18 época intermedia e invierno.	153
Anexo 13. Batimetrías del perfil BNA2 época de invierno.	155
Anexo 14. Continuación de las Batimetrías del perfil BNA2 época de invierno.	157
Anexo 15. Batimetrías del perfil P24 época de invierno.	159
Anexo 16. Continuación de las Batimetrías del perfil P24 época de invierno.....	160
Anexo 17. Autofunciones de los perfiles del sector de Bocagrande.....	161
Anexo 18. Autofunciones del perfil P15 del sector de Marbella.	164



Anexo 19. Autofunciones del perfil P16 del sector de Marbella.	166
Anexo 20. Autofunciones del perfil P17 del sector de Marbella.	168
Anexo 21. Autofunciones del perfil P18 del sector de Marbella.	170
Anexo 22. Autofunciones de los perfiles del sector de La Boquilla.	172



RESUMEN

En el presente estudio, se realizó el ajuste de la ecuación del perfil de playa en equilibrio de Dean para los sectores de las playas de Bocagrande, Marbella y La Boquilla, en Cartagena de Indias, ubicada en el Caribe colombiano, mediante la implementación de técnicas estadísticas, tales como mínimos cuadrados y componentes principales, para el análisis de los datos sedimentológicos y batimétricos de diez perfiles de playa medidos entre los años 2001 y 2012, cuatro perfiles en Bocagrande, cuatro perfiles en Marbella y dos perfiles en la Boquilla. Con dicho procedimiento se establecieron los valores para el parámetro de escala A y el exponente n , correspondientes a la ecuación de perfil de equilibrio de Dean (1977), esto para cada uno de los perfiles estudiados, definiendo primeramente el perfil medio de las mediciones realizadas en campo para posteriormente realizar el ajuste de estos datos. Los valores del exponente n obtenidos en el ajuste, según sector de playa y época climática, fueron: 0,77 para Bocagrande, 0,83 para Marbella en invierno (época de lluvias), 0,82 para Marbella en verano (época seca) y 0,7 para Marbella en época intermedia, además, en La Boquilla se obtuvieron exponentes n de 1,077 y 0,977 para los perfiles P24 y BNA2, respectivamente. El parámetro de escala A , presentó poca correlación con la velocidad de caída del sedimento, por esta razón se recomendaron los valores a partir de la ecuación general de $A(w)$ planteada por Dean. Para el sector de playa de Bocagrande el parámetro de escala A ajustado fue de $0,061 \text{ m}^{1/3}$. Para el sector de playa de Marbella, los valores del parámetro de escala A ajustados para las épocas de invierno, verano e intermedio fueron de $0,057 \text{ m}^{1/3}$, $0,048 \text{ m}^{1/3}$ y $0,110 \text{ m}^{1/3}$ respectivamente. Por último, los valores del parámetro de escala A ajustados para los perfiles P24 y BNA2, ubicados en La Boquilla, fueron $0,035 \text{ m}^{1/3}$ y $0,021 \text{ m}^{1/3}$ respectivamente.

A partir de los resultados derivados al ajustar la ecuación de Dean para cada sector de playa, se obtuvo que en el sector de playa de Bocagrande los errores relativos variaron entre 2,41% y 46,45 %, en el sector de Marbella los errores relativos variaron entre 0,75 % y 87,11 % y en el sector de La Boquilla los errores relativos fueron 1,37 % y 3,31 % para los perfiles P24 y BNA2, respectivamente.



ABSTRACT

This study found a Dean Equilibrium beach profile equation for Bocagrande, Marbella and La Boquilla beach zones, using statistics techniques, like least square and principal components, to analyze bathymetric and sedimentological information of 10 beach profiles measured in this three zones between 2001 and 2012, four profiles in Bocagrande, four profiles in Marbella and two profiles in La Boquilla. This procedure established the values of the parameter A and the exponent n for each of the beach zones studied, defining initially the average profile and then the fit equation. The values of the exponent n of the fit equation obtained for the beach zones and season studied were: 0,77 for Bocagrande, 0,83 for Marbella on winter (raining season), 0,82 for Marbella on summer (dry season) y 0,7 for Marbella on intermediate season, also, Boquilla obtained exponents n of 1,077 and 0,977 for the 24 y BNA2 profiles respectively. The scale parameter A shows a low correlation with the sediment fall velocity, for this reason, was suggested the use of the values proposed by the $A(w)$ Dean equation. For Bocagrande beach zone the value of the A parameter fitted was $0,061 \text{ m}^{1/3}$. For the Marbella beach zone, the values of the A parameter fitted for the winter, summer and intermediate season were $0,057 \text{ m}^{1/3}$, $0,048 \text{ m}^{1/3}$ y $0,110 \text{ m}^{1/3}$ respectively. By last, the values of the A parameter fitted for the 24 y BNA2 profiles, located in La Boquilla beach zone, were $0,035 \text{ m}^{1/3}$ and $0,021 \text{ m}^{1/3}$ respectively.

From the results obtained on the Dean equation fitting for each beach profile, was found that in the Bocagrande beach zone, the relative errors oscillated between 2,41% and 46,45%, in the Marbella beach zone the relative errors oscillated between 0,75% and 87,11%, by last, in La Boquilla beach zone the relative errors oscillated were 1,37% and 3,31% for 24 and BNA2 profiles, respectively.



INTRODUCCIÓN

Los perfiles de playa en equilibrio han sido de gran utilidad en distintos tipos de proyectos de ingeniería costera, tanto en la interpretación como en la modelación de los procesos costeros a partir de la segunda mitad del siglo XX, inicialmente, era importante conocer una predicción aproximada del perfil de la playa, esto con el fin de estimar el comportamiento de la forma del perfil a través del tiempo. Los avances a nivel de ingeniería como son la regeneración de playas y las obras de protección costera, sumado a la severidad de las condiciones ambientales como lo son el aumento del nivel del mar y de los eventos extremos, han llevado a los investigadores de esta área de la ingeniería a encontrar soluciones más exactas para la determinación de los perfiles de equilibrio que permitan adaptar los diseños y modelaciones a un perfil de playa estimado mucho más coherente con las condiciones de la misma.

Brunn (1954) estudió la forma de los perfiles de diferentes playas en Dinamarca y Estados Unidos para determinar la expresión que se ajustaba mejor a las condiciones sedimentológicas y de oleaje de estas playas. Consecuentemente, durante varias décadas otros investigadores desarrollaron estudios complementarios en diferentes playas del mundo, a fin de determinar una expresión del perfil de equilibrio que pudiera representar con mayor exactitud el perfil de las playas estudiadas, puesto que, observaron que la expresión planteada por Brunn no describía adecuadamente los perfiles de algunas playas, como es el caso de Bodge (1992), Inmann (1993), Komar (1994) y Bernabéu (2001). Otros autores se dedicaron a profundizar los estudios realizados por Brunn, adaptando su modelo matemático a las condiciones de otras playas estudiadas. Dean (1977) utilizó el modelo de Brunn para representar 504 perfiles de la costa este de los Estados Unidos y determinó otras relaciones empíricas y parámetros que complementaban el modelo inicial, también, Moore (1982) continuando con los estudios realizados por Dean y Brunn, ajustó el parámetro de escala A teniendo en cuenta las condiciones sedimentológicas de la playa. Recientemente, en la Universidad de Cartagena se desarrollaron proyectos de investigación donde se pretendió definir los parámetros de la ecuación de perfil de equilibrio de Dean basados en



las condiciones sedimentológicas e información batimétrica local previa (Aguilar Collazo & Jiménez Romero, 2005; Olea Suárez & Santos Oviedo, 2005 y Lamadrid Acosta, 2005). No obstante, a través de los años se ha concluido que el modelo matemático de Brunn y Dean es de los mejores y el más aplicado, puesto que, éste es un modelo de gran practicidad y facilidad en la determinación de los diferentes parámetros que intervienen en el modelo, además de estimar convenientemente los perfiles de la gran mayoría de las playas.

Cartagena se encuentra ubicada en una zona costera que podría sufrir con fuerte intensidad la incidencia del cambio climático y los eventos extremos, adicionalmente, teniendo en cuenta que ha sido una ciudad cuya línea de costa se ha mantenido gracias a sus obras de protección litoral, se demuestra su vulnerabilidad, y por ende, la necesidad de afrontar estas problemáticas de una manera óptima y oportuna.

A los problemas mencionados anteriormente se suma el bajo ajuste que ha presentado la ecuación de perfil de equilibrio de Dean en investigaciones previas (Aguilar Collazo & Jiménez Romero, 2005; Olea Suárez & Santos Oviedo, 2005 y Lamadrid Acosta, 2005), y consecuentemente, la poca correspondencia que existe entre las condiciones geomorfológicas de las playas en Cartagena con los parámetros establecidos originalmente por Dean (1977, 1987 y 1991). Como resultado, existe una incertidumbre frente a la relación entre la expresión del perfil de equilibrio de Dean aplicado y la morfología de las playas del Distrito.

Conociendo las problemáticas a las que se enfrenta la costa caribe colombiana, la importancia del desarrollo de este proyecto radicó en la premisa de implementar una ecuación que estime de forma adecuada el perfil de equilibrio para las condiciones costeras de la ciudad de Cartagena, esto sería fundamental para la formulación de soluciones óptimas y apropiadas a los problemas mencionados, fomentando una adecuada administración de los recursos locales en obras de protección costera o soluciones de regeneración de playas mucho más eficientes.



De acuerdo con lo anteriormente expuesto, en el presente proyecto de investigación se pretendió ajustar y formular la expresión de perfil de equilibrio de Dean mediante el uso de técnicas y software estadísticos que permitieron establecer los parámetros incidentes en la ecuación, teniendo en cuenta las condiciones sedimentológicas y geomorfológicas de la zona costera local. El estudio se realizó en la ciudad de Cartagena de Indias, específicamente en los sectores de las playas de Bocagrande, Marbella y La Boquilla, abarcando una totalidad de diez perfiles de playas y teniendo en cuenta datos de muestreo de sedimentos, datos de batimetrías antiguas y recientes, además de las limitaciones de la información disponible.

El análisis de los resultados condujo a validar que la ecuación ajustada en este proyecto representa de una manera adecuada los perfiles de playa de los sectores estudiados, en 13 de las 17 mediciones estudiadas la ecuación general estimada en este proyecto se ajustó mejor a las mediciones en campo que la ecuación tradicional de Dean, es decir, es un 76,5% más representativa. Sin embargo, el 29% de las mediciones estudiadas presentaron errores relativos superiores al 10%, razón que justificó la aplicación del modelo alternativo de Bodge.

En el caso de ajuste del sector de playa de Marbella, al comparar los resultados obtenidos en el presente estudio con los presentados en el estudio (Aguilar Collazo & Jiménez Romero, 2005), se pudo apreciar que el valor de A difiere, siendo el caso más semejante el perfil en época intermedia, y los valores de n en invierno y verano son mayores en el actual ajuste, es decir, se habla de perfiles más profundos. Por otra parte, para el sector de playa de Bocagrande, los valores ajustados de los parámetros A y n difieren de los valores calculados en el estudio (Lamadrid Acosta, 2005), el cual es la referencia de ajuste a nivel local para el sector de playa de Bocagrande.

Éste escenario permitió ampliar la literatura actual referente a la aplicación del modelo de perfil de equilibrio de Dean a nivel local, teniendo en cuenta las limitaciones que han tenido los estudios del modelo y la carencia de investigaciones que postulen ecuaciones para el cálculo del perfil de equilibrio a nivel local, generando un aporte a la investigación



fomentada por el Semillero de Investigación en Hidráulica y Manejo Costero (SIHMAC), el cual contempla la línea de investigación en Geomorfología Costera del Grupo de Investigación en Hidráulica y Manejo Costero (GIHMAC) del programa de Ingeniería Civil de la Universidad de Cartagena, impulsando la optimización de los proyectos costeros mediante la implementación de teorías funcionales, proyectando a la Universidad en su labor social de liderazgo en procesos de carácter económico, ambiental e investigativo.



1. MARCO DE REFERENCIA

En esta sección se profundiza en la teoría y conceptos aceptados acerca de los perfiles de playas y la geomorfología costera. También se hace una descripción de investigaciones recientes sobre el tema, sobre todo aquellas referentes al uso o ajuste de modelos de perfiles de playa, complementando con una mirada sobre los enfoques estadísticos generalmente empleados en este tipo de investigaciones. La sección está repartida entre una primera parte de antecedentes y estado del arte, y una segunda parte sobre el marco teórico.

1.1. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

El estudio de la información secundaria o avances teóricos e investigativos referente a los modelos de perfiles de playa en equilibrio es fundamental para la adecuada comprensión y desarrollo de este proyecto, por tanto, se hace una revisión de la literatura concerniente a la evolución, modificaciones y aplicaciones de la teoría de perfiles de equilibrio. A continuación, se presentan aspectos fundamentales de las principales investigaciones que sirvieron como base para el desarrollo de la teoría de perfiles de playas en equilibrio de Dean y otros; así también, se enseñan algunos estudios actuales sobre el ajuste o configuración de ésta teoría a casos puntuales en varios sitios del mundo. Por último, se indican las investigaciones más relevantes a nivel local relacionadas con el tema.

El punto de partida en el estudio de los perfiles de playa se remonta a 1954, cuando Brunn (1954) estableció, mediante el análisis de perfiles en la costa norte danesa y en Mission Bay (California), una ecuación empírica para determinar la forma del perfil de equilibrio que mejor se ajustaba a estas playas; era una expresión potencial en la que intervenía la distancia desde la línea de costa hacia mar adentro y dos parámetros empíricos relacionados con la forma de la playa (A y n), describiendo un perfil de forma cóncava hacia arriba.

Swart (1974) llevó a cabo una serie de pruebas de oleaje que lo llevaron a desarrollar un conjunto de expresiones empíricas que relacionaban la geometría y el transporte de



sedimentos en el perfil, bajo las condiciones de oleaje y sedimentológicas de la playa (Dean, 1991).

Hayden (1975) fue aparentemente el primer investigador en emplear el concepto de funciones ortogonales empíricas para determinar la principal forma en que varían los perfiles bajo un conjunto de condiciones dadas. Además, Hayden realizó una recopilación de 504 perfiles batimétricos de playas en la costa este de los Estados Unidos.

Dean (1977) profundiza las investigaciones desarrolladas por Brunn, utilizando los 504 perfiles recolectados por Hayden para realizar un ajuste de la ecuación de perfil de equilibrio. Mediante el método de mínimos cuadrados empleó la misma expresión que Brunn, a pesar que, inicialmente, esta formulación se obtuvo de forma empírica, Dean fundamentó una base teórica a su modelo basándose en la asunción que la disipación de energía por unidad de volumen, D^* , en la zona de rotura es constante (Medina, Vidal, González, Bernabeu, & Galofré, 2001). Dean también tomó en cuenta las fuerzas que actuaban sobre el perfil de playa como un factor incidente en la forma del mismo, definiendo que, un perfil se encontraba en equilibrio cuando las fuerzas destructivas actuaban uniformemente sobre todo el perfil. El parámetro de escala A presente en la ecuación de Dean está en función de las características sedimentológicas y ambientales de la zona de estudio.

Moore (1982) recolectó y analizó un grupo de más de 1000 perfiles de playa publicados, y desarrolló una relación entre el parámetro de escala A y el diámetro del sedimento de la playa D , Moore utiliza un modelo estadístico para ajustar A en función de D , permitiendo determinar el parámetro de escala con mayor simplicidad.

Dean (1987) habla de la implementación de nuevas metodologías y conceptos de los procesos costeros en las soluciones de ingeniería, donde se incluyen las teorías de perfil de equilibrio y las parametrizaciones en la zona de *surf*. También, continuando con los estudios de Moore, plantea una expresión potencial para A en función de la velocidad de caída del grano w , la cual depende del diámetro del sedimento. Esta relación establece que



el parámetro de escala aumenta si el diámetro del sedimento es mayor, por ende, se presentarán pendientes más o menos escarpadas en la playa, dependiendo del tamaño del sedimento. En conclusión, Dean llegó a una formulación de perfil de equilibrio que podía predecir la forma de la playa disponiendo únicamente de la información sedimentológica de la misma.

Vellinga (1983) fijó el exponente n igual a 0,5 (en la ecuación de Dean) de forma empírica. Posteriormente, en un nuevo análisis de los resultados de sus ensayos, concluyó que el perfil de erosión podía ser definido por una curva potencial, similar a la propuesta por Brunn y Dean (1977), donde el exponente n de mejor ajuste para sus ensayos era 0,78 (Medina, Vidal, González, Bernabeu, & Galofré, 2001).

Dean (1991) ahondó en las aplicaciones y las características de su modelo de perfil de equilibrio, realizando modificaciones al modelo original para ser aplicado en playas sometidas a aumento del nivel del mar o del oleaje, efectos de recesión generados por conjuntos de olas.

Otros autores como Bodge (1992), Inmann (1993), Komar y McDougal (1994), entre otros, establecieron sus propios modelos para la determinación del perfil de equilibrio, puesto que consideraron que la simplicidad del modelo de Dean no podía describir de manera precisa las condiciones de todos los tipos de playas, razón por la cual decidieron incorporar otros parámetros como la pendiente de la playa o la profundidad de cierre a sus modelos, adicionalmente, estos autores propusieron otra configuración para el perfil de equilibrio, es decir, que este no adquiriría una configuración de tipo potencial, sino que estaba definido por una configuración de tipo exponencial o por tramos.

En el ámbito regional las investigaciones al respecto son pocas, se destaca lo expuesto por Boom & Green (1988) donde a través del estudio realizado en diez playas del Caribe, revelaron que la morfología bidimensional del fondo costero está bien representada por el modelo de Dean. Y, utilizando el método de mínimos cuadrados realizaron el ajuste de la curva representada por Dean a los datos de campo observados, hallando un valor promedio



para la curvatura, n , alrededor de 0,5, lo cual refleja un perfil más cóncavo que los informados previamente por Dean para las playas de arena de cuarzo en los Estados Unidos. Además, determinaron una medida objetiva, exactamente un indicador de la pendiente costera (pendiente al inicio de la playa húmeda) para este tipo de playas en función de los parámetros usados por Dean: $A^{1/n}$. Observaron también que las playas que rodean al Mar Caribe difieren en al menos dos aspectos de las playas en zonas templadas: 1) sus sedimentos consisten en arenas esqueléticas de carbonato de calcio y 2) la mayoría de veces experimentan olas de baja energía y con poca pendiente producidas localmente por los vientos alisios; además, existe un rango de marea bajo de 20 cm. Por otro lado, indicaron que existen excepciones sobre la concavidad pronunciada en playas del Caribe, es decir, playas disipativas posiblemente con presencia de barras en altamar y playas con abundante presencia de arenas negras ricas en minerales ferromagnesianos (Boom & Green, 1988).

En investigaciones recientes los autores H. Tuba Özkan-Haller & Sarah Brundidge (2007) validaron dos modelos para la determinación de perfiles de equilibrio, el modelo de Dean y el modelo de gravedad propuesto por Larson y Krauss (1989). Inicialmente determinaron los datos de campo para las playas de Delaware (Costa este de Estados Unidos), luego, similar a la metodología empleada por Dean, construyeron el modelo estadístico de mínimos cuadrados para la estimación de los parámetros de escala A y A^* , los cuales son utilizados en los modelos de Dean y Krauss respectivamente. La idea central fue reducir al máximo el error al cuadrado en la aplicación de los dos modelos utilizando los parámetros estimados en cuestión (A y A^*). Concluyeron que el modelo de Dean se adapta bien a las playas de Delaware produciendo errores menores a 15 % con respecto a los perfiles medidos en campo, además, el rango de valores para el parámetro de escala A estimado fue mayor que el propuesto por Moore. Por otra parte, el modelo de gravedad propuesto por Krauss y Larsson se ajustó mejor que el modelo de Dean, produciendo errores menores al 5 % con respecto a los perfiles medidos en campo, también encontraron que un rango prudente para los valores del parámetro A^* está entre $0,1 \text{ m}^{1/3}$ y $0,5 \text{ m}^{1/3}$ (Tuba Özkan-Haller & Brundidge, 2007).



En Yucatán, México fueron analizados cinco modelos de perfil de playa en equilibrio y se evaluaron sus capacidades para representar perfiles de playa de la localidad Progreso. Según publican Zetina M. C. *et al* (2008) los modelos que analizaron fueron Dean, Bodge, polinomios de tercero a quinto orden y dos modelos con barra arenosa: el modelo de Inman y el de Hsu. Las estimaciones paramétricas de los modelos fueron hechas por medio de regresión no lineal y polinomial. Encontrando que los modelos de Dean y Bodge representan bien la primera parte de los perfiles, pero no logran representar las ondulaciones debidas a barras arenosas (r^2 : 60 a 93). Los modelos polinomiales de orden cinco produjeron buenas representaciones de las tendencias que fueron observadas (r^2 : 93 a 98). El modelo de Inman (r^2 : 81 a 97) y el de Hsu (r^2 : 88 a 94). Partiendo de esto concluyeron que los tres últimos son los que mejor representan las formas de los perfiles en equilibrio. Una de las limitaciones del estudio radica en que muchas de las playas de Yucatán son playas con perfiles de barra, es decir la variación de la profundidad desde la línea de costa sucede en forma de ondulaciones con crestas y valles, reduciendo considerablemente la capacidad de representación de las expresiones que modelan los perfiles de playas; sin embargo, las expresiones que no consideran las ondulaciones pueden ser útiles bajo condiciones específicas (Zetina M., y otros, 2008).

Recientemente, L. Aragonés *et al* (2016) generaron modelos matemáticos para obtener funciones potenciales que ajustaran el parámetro A que se describe en los perfiles de equilibrio, en 28 playas de Valencia, España. Utilizaron el software estadístico SPSS, que arroja correlaciones, para analizar las variables más importantes relacionadas con el perfil de playa en equilibrio; clasificándolas entre aquellas referentes al sedimento como: D_{50} en playa seca, D_{50} a la profundidad de cierre y la porosidad; y aquellas variables referentes a la energía del oleaje como la pendiente de las olas más energéticas H_o/L_o y la frecuencia de la onda. Encontraron que entre las variables sedimentológicas la porosidad tiene baja correlación con el parámetro de escala A , en cambio el D_{50} a la profundidad de cierre sí tiene una considerable correlación con este parámetro, lo que puede brindar una idea de la importancia de determinar un punto específico para la toma de muestras de sedimentos; por otro lado, hallaron que las variables referentes al oleaje presentan aún mayor influencia,



como es el caso de la pendiente de la ola que obtuvo una alta correlación con el parámetro A . Posterior a esto, para obtener el parámetro A de la función potencial que describe el perfil de playa de equilibrio, consideraron tres modelos numéricos: dos para D_{50} en la playa seca con y sin porosidad y otro para D_{50} a la profundidad de cierre. Estos modelos numéricos fueron aplicados con diferentes complejidades (Comp50, Comp70, Comp100). Los modelos lineales fueron descartados debido a sus bajas propiedades de ajuste. Los criterios empleados para evaluar el ajuste de los modelos fueron: los valores del error de volumen, el coeficiente de correlación (r), el error medio (ϵ), el error porcentual relativo (δ) y el error cuadrático medio relativo (MSE / Var) (Aragonés, Villacampa, Navarro-González, & López, 2016).

A nivel local, la Universidad de Cartagena ha realizado múltiples investigaciones al respecto, uno de los estudios más completos fue sobre los procesos costeros en Cartagena desde El Laguito hasta La Boquilla, realizado por Moreno Egel entre el 2001 y 2003, donde se establecieron 27 perfiles entre los diferentes sectores en estudio desde la punta de Castillogrande hasta Punta Icacos en la Boquilla. Adicionalmente, se ubicaron otros cinco perfiles en el sector Punta Icacos-Manzanillo del Mar-Punta Canoas, al Norte de la boca de la Boquilla, para establecer comparaciones a lo largo de toda la línea de costa de Cartagena. Los perfiles se midieron nueve veces durante el tiempo de duración del proyecto. Para cada uno de los sectores se hizo un análisis de los perfiles de playa y perfiles batimétricos, se determinaron las formas curvas para los perfiles promedios, así como las curvas superior e inferior para cada uno de ellos. Estas curvas no se ajustan al perfil de equilibrio de Dean por lo que se aplicaron diferentes modelos, encontrándose un mejor ajuste para el modelo exponencial considerando la refracción y la difracción. Para los sectores considerados, analizando la forma de los perfiles se pueden distinguir diferentes sub-zonas en un mismo sector: En el sector de Castillogrande-Laguito los perfiles muestran tres tramos en su longitud con diferentes pendientes, decreciendo estas de sur a norte. Para el sector Bocagrande-Punta Santo Domingo los perfiles también tienen tres tramos, los del sur cercanos al espolón Iribarren presentan menores pendientes y mayores anchos de playa, disminuyendo estos y aumentando aquellas hacia el norte. En el sector Punta Santo



Domingo-Boquilla, los perfiles muestran en su longitud únicamente dos tramos diferentes, siendo el tramo inicial más corto que el final; pudiendo agruparse en tres subsectores: El primer sector desde el inicio en Punta Santo Domingo hasta el sector de la Tenaza con pendientes más empinadas en el primer tramo similares a los de la parte norte de Bocagrande; un segundo tramo de Marbella a Crespo, con pendientes menores en el primer tramo y mayores anchos de playa hasta la zona al sur de la Bocana y un tercer sector desde la Bocana hasta la Boquilla-Punta Icacos con pendientes mucho menores, mayores anchos de la zona de playa y de la zona de rompientes y presencia de rizos y barras en el perfil. Los perfiles del sector Punta Icacos-Punta Canoas presentan también dos tramos bien definidos con tendencias similares al sector de la Tenaza, para este sector las pendientes aumentan ligeramente de sur a norte hasta llegar a Punta Canoas (Moreno Egel D. , 2003).

A partir de lo expuesto por Moreno Egel (2003), fueron desarrolladas algunos proyectos investigativos a nivel de pregrado, como:

El estudio realizado por Aguilar Collazo & Jiménez Romero en el 2005, entre Punta Santo Domingo y la playa sur de La Bocana. Donde midieron 11 perfiles de playa y clasificaron geomorfológicamente las playas en la zona mencionada. Para ello, utilizaron la información batimétrica medida por Moreno Egel (2003), en conjunto con esto, tomaron sus propias muestras de sedimentos en cada perfil. Realizaron un ajuste de la ecuación de Dean utilizando el método de mínimos cuadrados, y también realizan el ajuste de la morfología de los perfiles por medio del método de las componentes principales ingresando los datos batimétricos en un software llamado R 2.0.1. Respecto a estos ajustes, calcularon un valor medio para r^2 muy cercano a 1, al tratar de ajustar el parámetro de escala A presente en la ecuación de Dean, sin embargo, esto fue logrado usando un valor promedio de A en función del tamaño del sedimento, y de los parámetros K y m fijados por Dean. Dentro de los resultados observados, encontraron perfiles de forma cóncava con pendientes bajas en la zona de rompiente y más bajas aún en la zona interior (*nearshore*) (Aguilar Collazo & Jiménez Romero, 2005).



Durante el mismo año 2005 Olea Suárez & Santos Oviedo estudiaron la zona costera comprendida en Punta Icacos y La Bocana, donde determinaron las características sedimentológicas y analizaron el comportamiento de los perfiles de playa partiendo de las lecturas batimétricas registradas por Moreno Egel en 2003. Con los datos sedimentológicos calcularon la velocidad de caída del grano. Luego, a través del método estadístico de mínimos cuadrados determinaron los mejores valores que pueden tomar los parámetros incidentes en la ecuación de Dean. De la ecuación de Dean los autores se limitaron a ajustar el exponente n , tomando como datos de entrada la batimetría y fijando el valor de A el cual fue obtenido en función de la velocidad de caída del grano. De este análisis concluyeron que los perfiles de la zona de estudio no se ajustan a la ecuación de Dean, puesto que no se obtuvieron valores aceptables para el coeficiente de determinación r^2 . Según los autores una de las posibles causas para el bajo ajuste de los perfiles a la ecuación de Dean es la presencia de barras litorales sobre las playas en estudio (Olea Suárez & Santos Oviedo, 2005).

Lamadrid en el 2005 realizó una recopilación y análisis de datos de perfiles de playa y refracción del oleaje registrados en el proyecto de investigación publicado por Moreno Egel en 2003; específicamente de los sectores: Castillogrande, El Laguito y Bocagrande. Trabajó sobre 11 perfiles de playa, y, con los datos de campo procedió a ajustar la expresión de Dean; este ajuste lo hizo de tres formas: (1) empleando la ecuación propuesta con el parámetro A en función del sedimento y el exponente n hallado por Dean ($n=2/3$); (2) utilizando el mismo valor para A que el caso uno, pero variando el exponente n ; (3) empleando el valor de n que mejor ajustó en el caso dos y con este halló el coeficiente más adecuado para A . Durante el proyecto Lamadrid tomó 33 muestras sedimentológicas para realizar la caracterización del sedimento de cada perfil en estudio, encontrando así para los tres sectores mencionados playas constituidas principalmente por arenas finas (Lamadrid Acosta, 2005).

Avedaño & Zarza (2012) realizaron una clasificación geomorfológica y análisis de la variación espacio-temporal de las playas de Marbella, con el fin de continuar con el seguimiento de las mismas realizado en años anteriores. Para ello, estudiaron durante tres



meses cuatro perfiles de playa, recolectando muestras de sedimentos y comparando los perfiles medidos contra el perfil de equilibrio. Las mediciones de los perfiles las realizaron a través de levantamiento topográficos con mira y nivel, motivo que limitó la extensión y profundidad del estudio. Además, efectuaron un ajuste del perfil de equilibrio por el método de Dean revelando que las playas en su mayoría no se hallaban en equilibrio, y al ajustar los valores con funciones potenciales afirmaron que varias de estas no cumplen con las condiciones de equilibrio propuestas por Dean. Al comparar las ecuaciones que obtuvieron con las establecidas en el estudio de 2003, determinaron que estas pueden seguir ajustando los datos de la mayoría de los perfiles en cuestión. Establecieron que las playas exhiben un comportamiento disipativo, compuestas principalmente por arenas finas. Al comparar los resultados de los años anteriores con los del año 2012, encontraron un proceso erosivo generalizado e implicaciones en la banca de la Avenida Santander a causa de este fenómeno en conjunto con el ascenso del nivel de mar (Avedaño Camargo & Bonfante Zarza, 2012).

Bula Jiménez & Mendoza Vergara (2013) hicieron seguimiento a seis perfiles de playa en el sector de Bocagrande, esto, con el propósito de evaluar el comportamiento de tales perfiles a causa de las estructuras de protección costeras presentes a lo largo de su longitud, específicamente espolones; además, determinaron cómo ha variado en el tiempo y en el espacio la línea de costa y, si existieron efectos sobre la zona de estudio, de las obras de protección construidas en el barrio Crespo con el “Proyecto Anillo Vial Malecón de Crespo”. La medición de los perfiles de playa la ejecutaron por medio de levantamientos topográficos, registrando así perfiles de corto alcance. Los perfiles en cuestión fueron modelados utilizando la teoría de Dean, lo que sirvió para realizar un análisis de la evolución de los mismo; sin embargo, elaboraron este ajuste a partir de la asunción de un valor K igual a 0,51 para el cálculo del parámetro de escala A . Los autores determinaron que las playas del sector en estudio se encuentran constituidas por sedimentos de arena fina. Igualmente, afirmaron que el principal factor incidente en la variación del tamaño del grano y en el comportamiento de la línea de costa no fueron las estructuras de protección sino un



frente frío registrado por el CIOH en la primera semana de marzo de 2013 (Bula Jiménez & Medoza Vergara, 2013).

Al igual que los dos anteriores proyectos, en el año 2015 Maza Figueroa & Rangel Fajardo realizaron estudios de los perfiles de playa sobre la zona Boca de La Boquilla con el objetivo de determinar los estados modales y comparar con los realizados en el año 2005. Maza Figueroa & Rangel Fajardo llevaron a cabo mediciones topo-batimétricas semanales, recolectaron muestras de suelo sobre las zonas secas y húmedas de los diferentes perfiles, a partir de lo cual, modelaron el perfil de equilibrio en la zona húmeda y detectaron la presencia de procesos de erosión o acreción. Para graficar el perfil de equilibrio calcularon la velocidad de caída en función del tamaño medio de los sedimentos más alejados de la línea de costa, según estableció Dean. El estado que asignaron a la morfología de las playas corresponde a Barra y Playas Rítmicas, RBB; para otros casos el comportamiento fue disipativo. El sedimento de la playa lo catalogaron como arena fina. Entre las limitaciones de éste proyecto, destaca el haber medido únicamente dos perfiles, y que además sean perfiles cortos (Maza Figueroa & Rangel Fajardo, 2015).

Conociendo las condiciones que anteceden las investigaciones de perfiles de playa y estudios específicos en Cartagena, se torna más fácil la comprensión del origen de los parámetros que conforman el modelo de Dean, el manejo de metodologías usadas para su ajuste a casos específicos, y el conocimiento y análisis de las condiciones que se han descubierto a nivel local.

1.2. MARCO TEÓRICO

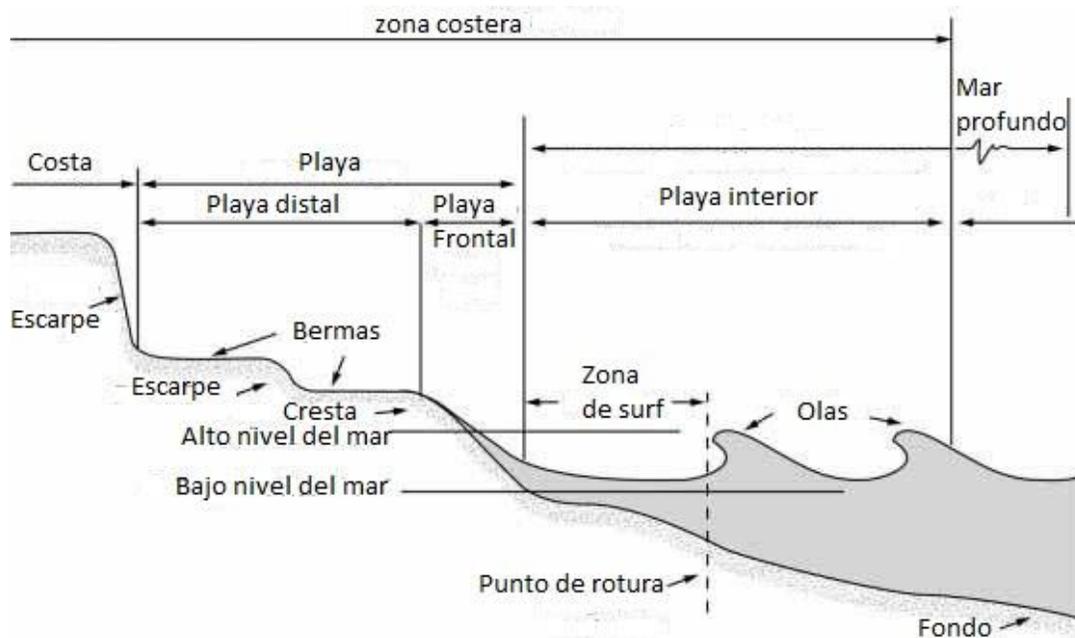
A continuación, se realiza la descripción de los conceptos y generalidades a la geomorfología costera y los perfiles de playa, para esto último se hace énfasis en el modelo de perfil de equilibrio de Dean, y otros modelos reconocidos como el de Bodge, teniendo en cuenta sus características y su aplicación en la geomorfología de playas. También, se hace una revisión y descripción del enfoque estadístico a implementar.



1.2.1. Zona costera

Las playas alrededor del mundo presentan similitud en composición y forma. El perfil de la playa (sección transversal), está compuesto por cuatro secciones: La costa exterior (*offshore*), la costa cercana (*nearshore*), la playa (*beach or shore*) y la costa (*coast*), como muestra en la *Ilustración 1*.

Ilustración 1. Secciones en un perfil de playa.



Fuente: (Dean & Dalrymple, Coastal processes with engineering applications, 2004)

La zona de ascenso y descenso la cual se encuentra dentro de la foreshore o playa frontal, es la región del perfil que esta alternativamente húmeda o seca, dado que las olas ascienden a esta porción del perfil luego de romper. La playa seca puede tener una o más bermas, que son las secciones horizontales del perfil, y escarpes, que son cortes verticales producidos por la acción del olaje en eventos extremos como tormentas. Las olas se acercan a la costa desde el mar profundo y rompen en la costa cercana (*zona de surf*), este proceso de



rompimiento genera un transporte de sedimento, lo cual produce la forma característica del perfil de playa.

El proceso de rotura de las olas ocurre porque éstas no pueden alcanzar alturas mayores a ciertos límites, debido a que las mismas se tornan hidrodinámicamente inestables y rompen (Petroni, 2005). Este fenómeno se da en un punto de la playa conocido como línea de rotura o punto de rotura, localizado en la zona de rotura del oleaje, como muestra la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (Dean & Dalrymple, 2004).

1.2.2. Características del sedimento

Los granos de sedimento están asociados directamente con la variación de la pendiente del perfil, en consecuencia, los granos de sedimento de mayor tamaño son capaces de resistir a las fuerzas destructivas del oleaje con mayor facilidad.

Es importante aclarar que las playas están compuestas por diferentes tamaños de sedimento y para hacer una caracterización cuantitativa del tamaño de los granos se puede recurrir a medidas estadísticas, la más utilizada es el diámetro medio de la arena D_{50} , que generalmente se mide en milímetros y se obtiene directamente de la curva de distribución granulométrica.

Mediante un análisis granulométrico se puede realizar la clasificación del tipo de material que compone la playa en estudio; en consecuencia, tamizar el material es la forma más fácil de realizar este análisis, la descripción completa del ensayo se encuentra consignada en la norma I.N.V. E – 123 – 07. Mediante este ensayo se construye la curva granulométrica, la cual muestra los resultados como una representación gráfica y experimental de la distribución acumulada del tamaño de los granos, en otras palabras, la curva granulométrica determina la cantidad porcentual acumulada de material retenido en cada tamiz.

Los geólogos han desarrollado varios tipos de clasificación granulométrica para determinar el tipo de material. Una de las más populares en ingeniería de costas es la escala de Wentworth, la cual clasifica el tipo de suelo basado en el diámetro medio del material en



milímetros o en unidades phi. Según la escala de Wentworth, partículas granulares entre 0,0625 mm y 2 mm son consideradas como arenas. El Cuadro 1 muestra la escala de Wentworth en las diferentes unidades de tamaño del sedimento (Dean & Dalrymple, 2004).

Cuadro 1. Clasificación del sedimento según Wentworth.

Wentworth Scale Size Description		Phi Units (ϕ)	Grain Diameter d (mm)
Boulder		-8	256
Cobble		-6	76.2
Pebble		-2.25	64.0
		-2	19.0
Granular		-1	4.76
			4.0
Sand	Very coarse	0	2.0
	Coarse	1	1.0
	Medium	1.25	0.5
		2	0.42
	Fine	2.32	0.25
		3	0.20
	Very Fine	3.76	0.125
		4	0.074
			0.0625
Silt		8	0.00391
Clay		12	0.00024
Colloid			

Fuente: (Dean & Dalrymple, Coastal processes with engineering applications, 2004)



1.2.3. Perfiles de playa

Se define perfil de playa como la variación de la profundidad con respecto a la distancia horizontal tomada a partir de un punto fijo en la línea de costa, asumiendo que las líneas batimétricas son rectas y paralelas a la línea de costa.

Los perfiles de playa se miden en la zona de actividad del oleaje, zona comprendida normalmente entre la duna en la playa seca y un punto donde el movimiento del sedimento es mínimo, a este punto se le conoce como punto de cierre y por lo general se encuentra a una profundidad aproximada de diez metros en el mar abierto (Moreno Egel D. , Notas de clase del curso Hidráulica de Costas, 2010).

Los perfiles de playa dependen de las condiciones ambientales que actúan sobre estos, tales como el oleaje y el nivel del mar, es decir, si tales condiciones ambientales son constantes, el perfil de playa debería permanecer constante (perfil de equilibrio), sin embargo, el perfil de playa se encuentra en constante cambio. Pruebas realizadas por la universidad de Queens demostraron que el perfil de playa se estabilizaba luego de 1500 horas (dos meses) sometido a condiciones constantes de oleaje y nivel del mar (Kamphuis, 2010).

1.2.4. Profundidad de cierre del perfil

La profundidad del perfil, según el modelo de Dean, aumenta indefinidamente a medida que se aleja de la línea de costa, sin embargo, este planteamiento es irreal, puesto que el perfil tiene una profundidad límite mar adentro para la cual las condiciones del oleaje no generan variaciones en el perfil, es importante aclarar que los procesos de transporte de sedimento continúan en este punto límite, pero no generarán cambios perceptibles en la profundidad. A esta profundidad se le conoce como profundidad crítica o profundidad de cierre, y está determinada, según (CUR 1990), por la siguiente expresión:

$$d_c = 1,6H_s \quad (\text{Ec. 1})$$



Donde, H_s es la altura de ola significativa en metros, excedida solamente 12 horas por año (Kamphuis, 2010).

1.2.5. Perfiles de equilibrio

El perfil de equilibrio es aquel que resulta del equilibrio entre las fuerzas constructivas y destructivas que actúan sobre el mismo perfil bajo condiciones constantes de oleaje y para un tamaño de sedimento en particular (Dean, 1991).

El perfil de equilibrio es un estado inexistente, puesto que las condiciones ambientales mencionadas anteriormente (oleaje y nivel del mar) no son constantes, sin embargo, todos los perfiles de playa tienden a este estado (Brunn, 1954). Los perfiles de equilibrio tienen algunas características bien conocidas: (1) tienden a ser cóncavos hacia arriba, (2) Pequeños y grandes tamaños de grano de sedimento están asociadas con pendientes más suaves o más pronunciadas respectivamente, (3) olas escarpadas resultan en pendientes más suaves (Dean & Dalrymple, 2004).

1.2.6. Modelo de Dean

Dean estableció una ecuación empírica para determinar la forma del perfil de equilibrio que mejor se ajustaban a las playas que estudió, la ecuación es:

$$h(x) = Ax^{2/3} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde $h(x)$ es la profundidad a una distancia x en metros de la línea de costa, y A es un parámetro de escala definido en $m^{1/3}$. No obstante, esta expresión se limitaba a la zona aguas-adentro del punto de rotura. Para este modelo Dean supuso que los esfuerzos ejercidos por el oleaje sobre el fondo del perfil (fuerzas destructivas y constructivas) eran iguales, además, asumió que las condiciones de equilibrio en los perfiles se lograba cuando la disipación de energía por unidad de volumen era constante a lo largo del perfil (Dean, 1991).



Parámetro de escala A

El parámetro de escala A refleja el efecto de la perturbación del oleaje, el cual depende de la rata de disipación de energía del oleaje, del tamaño de las partículas del sedimento y de la densidad del agua de mar:

$$A = \left[\frac{24\mathcal{D}^*(D)}{5\rho g^{3/2}k} \right]^{2/3} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde \mathcal{D}^* es la rata de disipación de energía, D es el diámetro de las partículas de sedimento, ρ es la densidad del agua de mar, g es la aceleración de la gravedad y k es una constante que relaciona la altura de ola de aguas profundas en la zona de *surf* (Türker & Kabdasli, 2004).

Dean (1987) desarrolló una relación entre el parámetro de escala A y la velocidad de caída del grano de sedimento w , como:

$$A = Kw^m \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde m varía entre 0,66 y 0,44 y K varía entre 0,51 y 1,05, ambos adimensionales. El cálculo de la velocidad de caída del grano w en m/s puede variar según el autor o la ecuación empleada, en este caso se utilizó la ecuación propuesta por Cheng (1997):

$$w = \frac{\nu}{D_{50}} * \left(\sqrt{25 + 1.2 * d_*^2} - 5 \right)^{1.5} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde D_{50} es dado en m, ν que es la viscosidad en m^2/s y d_* se denomina parámetro adimensional (parámetro de Yalin, 1977) y es calculado por medio de la forma:



$$d_* = \left[\frac{g * \Delta}{\nu^2} \right]^{1/3} * D_{50} \quad (\text{Ec. 6})$$

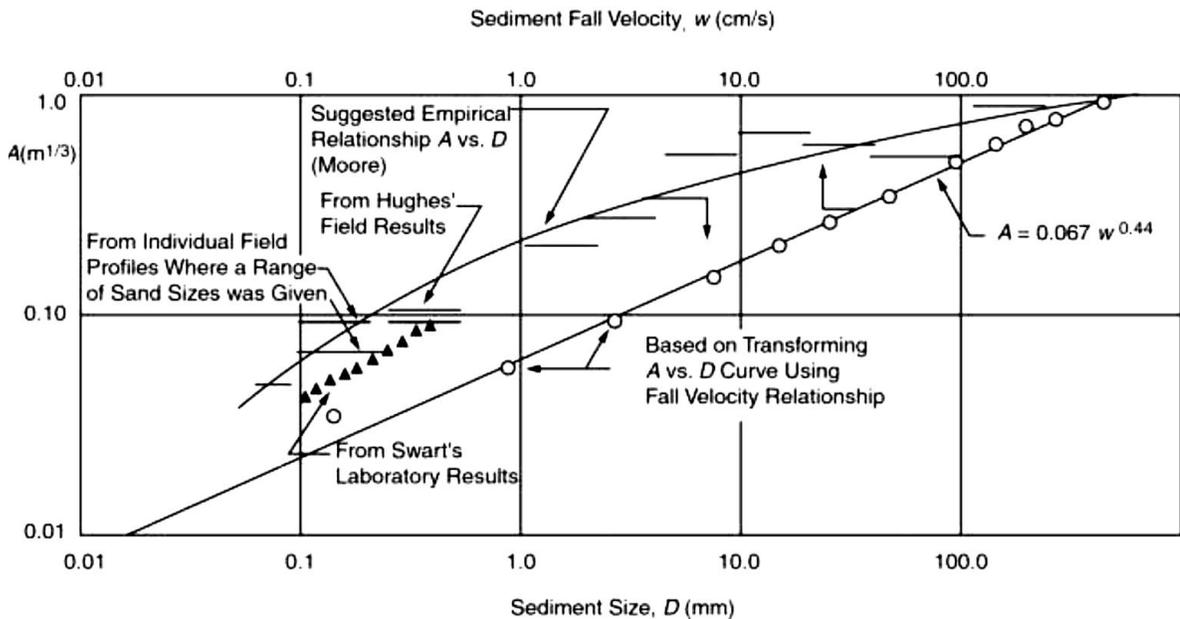
Donde ν es la viscosidad en m^2/s , g la aceleración de gravedad en m/s^2 y D_{50} es dado en m. Δ es la densidad relativa sumergida adimensional:

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \quad (\text{Ec. 7})$$

Siendo ρ_s es la densidad de la partícula y ρ_w es la densidad del agua de mar, ambas en Kg/m^3 (Del Valle Morales, Silva Casarín, & Mendoza Baldwin, 2012).

La relación establecida por Dean (1987) se puede apreciar en la Ilustración 2.

Ilustración 2. Ajuste del parámetro de escala A en función de la velocidad de caída del grano w que a su vez es función del tamaño del grano D .



Fuente: (Dean, Equilibrium beach profile: Characteristics and applications, 1991)



Para conveniencia, el *Cuadro 2* presenta los valores del parámetro de escala *A* para incrementos en el tamaño del grano de 0,01 mm. Los valores en el cuadro están dados en $m^{1/3}$ y abarcan un rango de tamaño de partículas entre 0,1 y 1,09 mm.

Cuadro 2. Valores del parámetro *A* para distintos valores del diámetro *D* del grano.

d (mm)	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.1	0.063	0.0672	0.0714	0.0756	0.0798	0.084	0.0872	0.0904	0.0936	0.0968
0.2	0.100	0.103	0.106	0.109	0.112	0.115	0.117	0.119	0.121	0.123
0.3	0.125	0.127	0.129	0.131	0.133	0.135	0.137	0.139	0.141	0.143
0.4	0.145	0.1466	0.1482	0.1498	0.1514	0.153	0.1546	0.1562	0.1578	0.1594
0.5	0.161	0.1622	0.1634	0.1646	0.1658	0.167	0.1682	0.1694	0.1706	0.1718
0.6	0.173	0.1742	0.1754	0.1766	0.1778	0.179	0.1802	0.1814	0.1826	0.1838
0.7	0.185	0.1859	0.1868	0.1877	0.1886	0.1895	0.1904	0.1913	0.1922	0.1931
0.8	0.194	0.1948	0.1956	0.1964	0.1972	0.198	0.1988	0.1996	0.2004	0.2012
0.9	0.202	0.2028	0.2036	0.2044	0.2052	0.206	0.2068	0.2076	0.2084	0.2092
1.0	0.210	0.2108	0.2116	0.2124	0.2132	0.2140	0.2148	0.2156	0.2164	0.2172

Fuente: (Dean & Dalrymple, Coastal processes with engineering applications, 2004)

Una correlación similar para el parámetro de escala *A*, la cual es apropiada para sedimentos típicos donde la velocidad de caída del grano *w* está en un rango entre 1 cm/s y 10 cm/s (Kriebel, Kraus, & Larson, 1991) es:

$$A = 2,25 \left(\frac{w^2}{g} \right)^{1/3} \tag{Ec. 8}$$

1.2.7. Modelo de Bodge

Bodge (1992) encontró que el modelo matemático que mejor describía la forma de las playas era una expresión exponencial:

$$h = B(1 - e^{-kx}) \tag{Ec. 9}$$



Donde B (dado en m) y k (adimensional) son variables empíricas que describen la profundidad y x es la distancia en m. k puede ser descrita teóricamente como la concavidad del perfil y está influenciada mayormente por las características del sedimento en la zona de *surf*; los valores de k varían en un rango de 3×10^{-5} 1/m a $1,16 \times 10^{-3}$ 1/m. Por otra parte, Bodge estima que el coeficiente de proporcionalidad B depende principalmente del oleaje y de las características del sedimento y se define teóricamente como la profundidad mar adentro para la cual la pendiente del perfil tiende a ser asintótica, esta profundidad coincide generalmente con la profundidad de cierre del perfil (Bodge, 1992).

1.2.8. Modelo de Komar y McDougal

Komar y McDougal (1994) plantean que la pendiente de la playa, la cual es expresada como la variación de la profundidad con respecto a la distancia horizontal en la ecuación de Dean (1977), se describe de la siguiente forma:

$$S = \tan \beta = \frac{dh}{dx} = \frac{2A}{3x^{1/3}} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde S es un valor adimensional que define la pendiente de la playa, A es el parámetro de escala, cuya unidad es en $\text{m}^{1/3}$, por último, x es la distancia horizontal en metros medida desde la línea de costa hacia mar adentro. Esta expresión permite analizar que, la pendiente de la playa en la línea de costa (S_0) tiende a infinita, lo cual Komar y McDougal la definen como una falla en el modelo de Dean.

Luego, Komar y McDougal precisan la ecuación de la pendiente de la playa basados en el planteamiento de Bodge (1992) como:

$$S = \tan \beta = \frac{dh}{dx} = kB e^{-kx} \quad (\text{Ec. 11})$$



Para esta expresión, la pendiente de la playa en la línea de costa ($x = 0$) es $S_0 = Bk$, el cual es un valor finito pero que involucra dos variables empíricas, por esta razón, Komar y McDougal plantean una ecuación alternativa para el perfil de equilibrio de playa:

$$h = \frac{S_0}{k}(1 - e^{-kx}) \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde S_0 es la pendiente de la playa en la línea de costa, expresada en función del tamaño de grano del sedimento y de las condiciones del oleaje o también puede ser tomado alternativamente mediante medición en campo; k es la variable empírica definida por Bodge (1992); y x es la distancia horizontal de la línea de costa a mar adentro (Komar & McDougal, 1994).

1.2.9. Método de Componentes Principales o funciones de Eigen

En muchas ocasiones el investigador se enfrenta a situaciones en las que, para analizar un fenómeno, dispone de información de muchas variables que están correlacionadas entre sí en mayor o menor grado. Estas correlaciones son similares a un velo que impiden evaluar adecuadamente el papel que juega cada variable en el fenómeno estudiado. El análisis de componentes principales o funciones de Eigen permite pasar a un nuevo conjunto de variables, las componentes principales, que gozan de la ventaja de estar incorrelacionadas entre sí, es decir, son ortogonales entre sí y por tanto su relación lineal es cero, y que, además, pueden ordenarse de acuerdo con la información que llevan incorporada (Pérez López, 2004).

El análisis por componentes principales es un método estadístico multivariante de análisis e interpretación de datos, consiste en una aproximación estadística mediante la cual se analizan interrelaciones entre un gran número de variables, a fin de representar adecuadamente esta información con un número menor de variables construidas como combinaciones lineales de las originales. En otras palabras, el método de componentes principales busca una manera de condensar o resumir la información contenida en una serie



de variables a una serie más pequeña de tipo factorial (lineal) (Hair, Anderson, Tatham, & Black, 1999).

El incremento del número de variables incidentes en un modelo también aumenta la posibilidad de que algunas de estas variables no estén correlacionadas entre sí, o que su incidencia dentro del modelo no sea representativa, el análisis de componentes principales permite establecer un subgrupo de variables que son representativas para el modelo y cuales no tienen gran implicación.

En general, la extracción de componentes principales se efectúa sobre variables tipificadas para evitar problemas derivados de escala, aunque también se puede aplicar sobre variables expresadas en desviaciones respecto a la media. Si p variables están tipificadas, la suma de las varianzas es igual a p , ya que la varianza de una variable tipificada es por definición igual a 1. El nuevo conjunto de variables que se obtienen por el método de componentes principales, es igual en número al de variables originales. Es importante destacar que la suma de sus varianzas es igual a la suma de las varianzas de las variables originales. Las diferencias entre ambos conjuntos de variables estriban en que, como ya se ha indicado, las componentes principales se calculan de forma que estén incorrelacionadas entre sí. Cuando las variables originales están muy correlacionadas entre sí, la mayor parte de su variabilidad se puede explicar con muy pocas componentes

Siendo más descriptivos, éste método persigue reducir la dimensión de una tabla de datos excesivamente grande por el elevado número de variables que contiene x_1, x_2, \dots, x_n y quedarse con unas cuantas variables C_1, C_2, \dots, C_n combinación de las iniciales (componentes principales) perfectamente calculables y que sinteticen la mayor parte de la información contenida en sus datos. Inicialmente se tienen tantas componentes como variables:



$$\begin{aligned} C_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ &\vdots \\ C_n &= a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n \end{aligned} \tag{Ec. 13}$$

De forma similar, la componente principal n-ésima se define como $C_n = Xa_n$ donde a_n es el vector propio de V (matriz de varianzas de covarianzas para x expresados como desviaciones típicas o matriz de correlación para x expresado como valores tipificados) asociado a su n-ésimo mayor valor propio. Suele denominarse también a a_n eje factorial n-ésimo.

Pero sólo se retienen las p componentes (componentes principales) que explican un porcentaje alto de la variabilidad de las variables iniciales (C_1, C_2, \dots, C_n).

Asimismo, cada variable original podrá expresarse en función de las componentes principales, de modo que la varianzas de cada variable original se explica completamente por las componentes cuya combinación lineal la determinan.

$$\begin{aligned} x_1 &= r_{11}C_1 + r_{12}C_2 + \dots + r_{1p}C_p \\ &\vdots \\ x_n &= r_{n1}C_1 + r_{n2}C_2 + \dots + r_{np}C_p \end{aligned} \tag{Ec. 14}$$

Se demuestra que $r_{ij} = \sqrt{\lambda_i a_{ij}}$ es el coeficiente de correlación entre la componente C_i y la variable x_j y se calcula multiplicando el peso a_{ij} de la variable en esa componente por la raíz cuadrada de su valor propio λ_i [cada componente principal C_i se asocia con el valor propio i-ésimo (en magnitud) de la matriz (a_{ij})].



En conclusión, el método de componentes principales tiene por objeto transformar un conjunto de variables, a las que denominaremos variables originales interrelacionadas, en un nuevo conjunto de variables, combinación lineal de las originales, denominadas componentes principales. Estas últimas se caracterizan por estar incorrelacionadas entre sí y capturar la mayor cantidad de información de la serie de datos (Pérez López, 2004).

1.2.10. Análisis de datos con el lenguaje de programación R

R es un lenguaje y entorno de programación, cuya característica principal es que forma un entorno de análisis estadístico para la manipulación de datos, su cálculo y la creación de gráficos. En la introducción a R no se hace mención explícitamente a la palabra estadística, sin embargo, mayoritariamente se utiliza R como un sistema estadístico, aunque la descripción más precisa sería la de un entorno en el que se han implementado muchas técnicas estadísticas. Entre otras características dispone de almacenamiento y manipulación de datos; operadores para cálculo sobre variables indexadas (Arrays), en particular matrices; y herramientas para análisis de datos.

Una diferencia fundamental de la filosofía de R, con el resto del software estadístico es el uso del "objetos" (variables, variables indexadas, cadenas de caracteres, funciones, etc.) como entidad básica. Cualquier expresión evaluada por R se realiza en una serie de pasos, con unos resultados intermedios que se van almacenando en objetos, para ser observados o analizados posteriormente, de tal manera que se puede hacer un análisis sin necesidad de mostrar su resultado inmediatamente produciendo unas salidas mínimas. Cada objeto pertenece a una clase, de forma que las funciones pueden tener comportamientos diferentes en función de la clase a la que pertenece su objeto argumento. Por ejemplo, no se comporta igual una función cuando su argumento es un vector que cuando es un fichero de datos u otra función (Contreras García, Molina Portillo, & Arteaga Cezón, 2010).

Para ilustrar:

- A <- 1
- A



➤ [1] 1

Lo que indica se ha creado el objeto A, que contiene un valor 1, y que finalmente R ofrece.

Las funciones de R utilizadas en el análisis realizado son las siguientes:

- Función “vector”: Su finalidad radica en ser un medio de entrada de datos que facilita el manejo del programa.
- Función “matrix”: Su objetivo no es otro que expresar los datos de entrada en forma de matriz.
- Función “t (A)”: Esta función se encarga de arrojar la transpuesta de la matriz de datos A.
- Función “eigen”: Proporciona los autovalores ($\$values$) y autovectores ($\$vectors$) de una matriz definida.
- Función “cbind”: Se encarga de mostrar los datos iniciales junto a los resultados finales, en una misma matriz denominada “conjunto.final”.

Para obtener el valor cuadrático medio de la primera autofunción, el autovalor de la componente principal se divide entre la sumatoria total de autovalores, así:

➤ $CI\$values[1]/sum(CI\$values)$

Para extraer los autovectores $e_i(x)$ de la componente principal, del conjunto de datos, se utiliza:

➤ $>CI\$vectors[1:x_1]$

Dónde x_1 es el número de filas de la matriz.

Para extraer los coeficientes de $C_i(t)$ de la componente principal, se usa:

➤ $>CII\$vectors[1:x_2]$

Donde x_2 es el número de columnas de la matriz.



El factor de normalización a_i se determina efectuando una multiplicación y calculando su raíz cuadrada (Aguilar Collazo & Jiménez Romero, 2005).

1.2.11. Análisis multivariante de datos con SPSS

SPSS, es un software estadístico modular muy popular que implementa gran variedad de temas estadísticos en los distintos módulos del programa. Entre los módulos que conciernen al desarrollo de este proyecto están SPSS base y modelos de regresión, a grandes rasgos ofrecen una amplia variedad de técnica para el acceso, manipulación, análisis y presentación de datos, entre las que destacan el análisis exploratorio de datos, tablas de contingencia, análisis de la varianza, correlación y regresión lineal múltiple, análisis factorial, análisis de componentes principales y de conglomerados, etc. En cuanto a regresión comprende regresión no lineal restringida y no restringida, mínimos cuadrados ponderados y en dos etapas, etc. (Pérez López, Técnicas estadísticas con SPSS, 2001).

1.2.12. Regresión por Mínimos Cuadrados

El análisis de la tendencia representa el proceso de utilizar el comportamiento de los datos para realizar predicciones. En casos donde los datos son medidas de alta precisión, se usan polinomios de interpolación. Los datos imprecisos se analizan mediante una regresión por mínimos cuadrados. El análisis de la tendencia sirve para predecir o pronosticar valores de la variable dependiente. Esto puede implicar una extrapolación más allá de los límites de los datos observados o una interpolación dentro del intervalo de los datos. Por lo común, en todos los campos de la ingeniería se presentan problemas de este tipo.

Para el ajuste de una serie de datos, son diferentes tipos de curvas las que podrían ajustar, para dejar a un lado dicha subjetividad se debe encontrar algún criterio para establecer una base para el ajuste. Una forma de hacerlo es obtener una curva que minimice la discrepancia entre los puntos y la curva. Una técnica para lograr tal objetivo, llamada regresión por mínimos cuadrados.



1.2.13. Regresión lineal simple

La regresión lineal mínimo-cuadrática es un método para hallar una recta que resuma la relación entre dos variables, aunque sólo en una situación muy concreta: una de las variables ayuda a explicar o a predecir la otra. Es decir, la regresión describe una relación entre una variable explicativa (independiente) y una variable respuesta (dependiente) (Moore, 2005).

Se tienen los datos de la variable explicativa x y de la variable respuesta y para n mediciones, dado que el objetivo es ajustar a una línea recta los valores x y y , se determina una expresión de la forma $y = a_0x - a_1$, para la cual se tiene que:

$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (\text{Ec. 15})$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde \bar{y} y \bar{x} son las medias de y y x , respectivamente.

Éste no es siempre el caso, y el primer paso en cualquier análisis de regresión deberá ser graficar e inspeccionar los datos en forma visual, para asegurarnos que sea posible usar un modelo lineal. En el caso donde una regresión lineal no sea capaz de ajustar adecuadamente una serie de datos se pueden utilizar transformaciones para expresar los datos en una forma que sea compatible con la regresión lineal. Un ejemplo es el modelo exponencial:

$$y = a_0 x^{a_1} \quad (\text{Ec. 17})$$

Aplicando logaritmo de base 10 se tiene que:



$$\log y = \log a_0 + a_1 \log x \quad (\text{Ec. 18})$$

De este modo, una gráfica de $\log y$ contra $\log x$ dará una línea recta con pendiente a_1 e intersección con el eje de las ordenadas $\log a_0$, permitiendo la aplicación del ajuste por regresión lineal (Chapra & Canale, 2007).

1.2.14. Cuantificación del error en el ajuste

El cuadrado del residuo representa el cuadrado de la discrepancia entre el dato y una estimación de la medida de tendencia central: la media. El cuadrado del residuo se representa mediante la siguiente expresión:

$$S_r = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i)^2 \quad (\text{Ec. 19})$$

Ahora, una desviación estándar para la línea de regresión se puede presentar como sigue:

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{S_r}{n-2}} \quad (\text{Ec. 20})$$

Donde $S_{y/x}$ se denomina como error estándar estimado, que cuantifica la dispersión alrededor de las línea de regresión.

Otra forma de evaluar el ajuste realizado, es a través del error relativo porcentual, el cual es un derivado del cuadrado del residuo y se puede representar mediante la siguiente expresión:



$$\epsilon(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{pi})}{\sum_{i=1}^n y_i} \quad (\text{Ec. 21})$$

Donde y_i son las mediciones reales y y_{pi} son datos obtenidos mediante la ecuación ajustada.

Los conceptos anteriores se utilizan para cuantificar la “bondad” del ajuste. Esto es en particular útil para comparar diferentes regresiones. Para hacerlo, se regresa a los datos originales y se determina la suma total de los cuadrados alrededor de la media para la variable dependiente:

$$S_t = \sum (y_i - \bar{y})^2 \quad (\text{Ec. 22})$$

Esta cantidad se designa por S_t . Ésta es la magnitud del error residual asociado con la variable dependiente antes de la regresión. Luego:

$$r^2 = \frac{S_t - S_r}{S_t} \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde r^2 se conoce como el coeficiente de determinación y r es el coeficiente de correlación ($= \sqrt{r^2}$). En un ajuste perfecto, $S_r = 0$ y $r = r^2 = 1$, significa que la el ajuste explica el 100% de la variabilidad de los datos. Si $r = r^2 = 0$, $S_r = S_t$ el ajuste no representa alguna mejora. Una representación alternativa para r que es más conveniente para implementarse en una computadora es (Chapra & Canale, 2007):



$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (\text{Ec. 24})$$



2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Ajustar la ecuación del perfil de playa en equilibrio de Dean para los sectores de playa de Bocagrande, Marbella y La Boquilla mediante técnicas estadísticas que permitan establecer el mejor ajuste del parámetro de escala A , y del exponente n para representar la morfología costera de Cartagena.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la información pertinente de los perfiles de playa medidos en los sectores en estudio, realizados por la Universidad de Cartagena para complementar los datos, y definir los parámetros para el estudio y ajuste del perfil.
- Establecer un análisis comparativo entre las condiciones de las playas locales y los supuestos en la teoría desarrollada por Dean, u otros autores en caso tal convenga sugerir un modelo alternativo de perfiles de playa.
- Determinar los parámetros que ajustan con mayor precisión el perfil de playa en equilibrio de Dean, u otros autores, a la morfología costera de Cartagena, utilizando la metodología de Componentes Principales en conjunto con Mínimos Cuadrados.
- Recomendar posibles formulaciones para el perfil de equilibrio de las playas de Cartagena, si no se logra un buen ajuste con la formulación de Dean.



3. ALCANCE

Se utilizaron los datos de campo de diez perfiles de playa medidos durante estudios realizados por la Universidad de Cartagena en los sectores de Bocagrande (cuatro perfiles), Marbella (cuatro perfiles) y La Boquilla (dos perfiles) desde el año 2001 hasta 2012, y según la disponibilidad de tales datos. Se determinó cómo varían los parámetros A y n de la ecuación de perfil en equilibrio de Dean según la batimetría y sedimentos de cada sector de playa.

A partir de la investigación se obtuvo para cada sector una o más expresiones del perfil de equilibrio de Dean ajustada a las características geomorfológicas y sedimentológicas de las playas. En los casos donde la ecuación de Dean presentó un bajo ajuste a las condiciones locales, se recomendó otra formulación. Las expresiones resultantes son de gran utilidad a nivel local al modelar con mayor precisión la geomorfología costera en estas tres zonas, fundamental para la apropiada estimación de la dinámica de procesos litorales y el correcto diseño de obras de protección marina, u otras obras costeras como la deposición de rellenos sobre la playa.

Los tres sectores mencionados se encuentran en la ciudad de Cartagena de Indias, capital del departamento de Bolívar y ubicada en la región del caribe colombiano. La información espacial sobre las franjas de playas a estudiar fueron: Bocagrande, cuenta con una longitud aproximada 1691,5 m de playas en estudio, entre la coordenadas 837 339,53 E 1 642 050,30 N y 838 544,52 E 1 643 237,35 N, existiendo mediciones de cuatro perfiles; Marbella, la longitud de playas es 2 089,5 m, entre los barrios El Cabrero y Crespo entre las coordenadas 839 437,65 E 1 645 827,66 N y 841 256,47 E 1 646 856,20 N, y cuatro perfiles estudiados; y en La Boquilla, con una longitud de 1 670,16 m entre las coordenadas 843 238,00 E 1 648604,00 N y 844 287,08 E 1 649 903,57 N, y dos perfiles de playas medidos. Los mapas de ubicación de los perfiles pueden ser observados desde la *Ilustración 3* hasta la *Ilustración 5* y el posicionamiento exacto de cada perfil es dado en el *Cuadro 3*.



El proyecto se ejecutó durante el segundo semestre del año 2017. Cabe aclarar que durante su desarrollo no se realizaron mediciones en campo.

Ilustración 3. Ubicación de los perfiles de playa evaluados en el sector de Bocagrande.

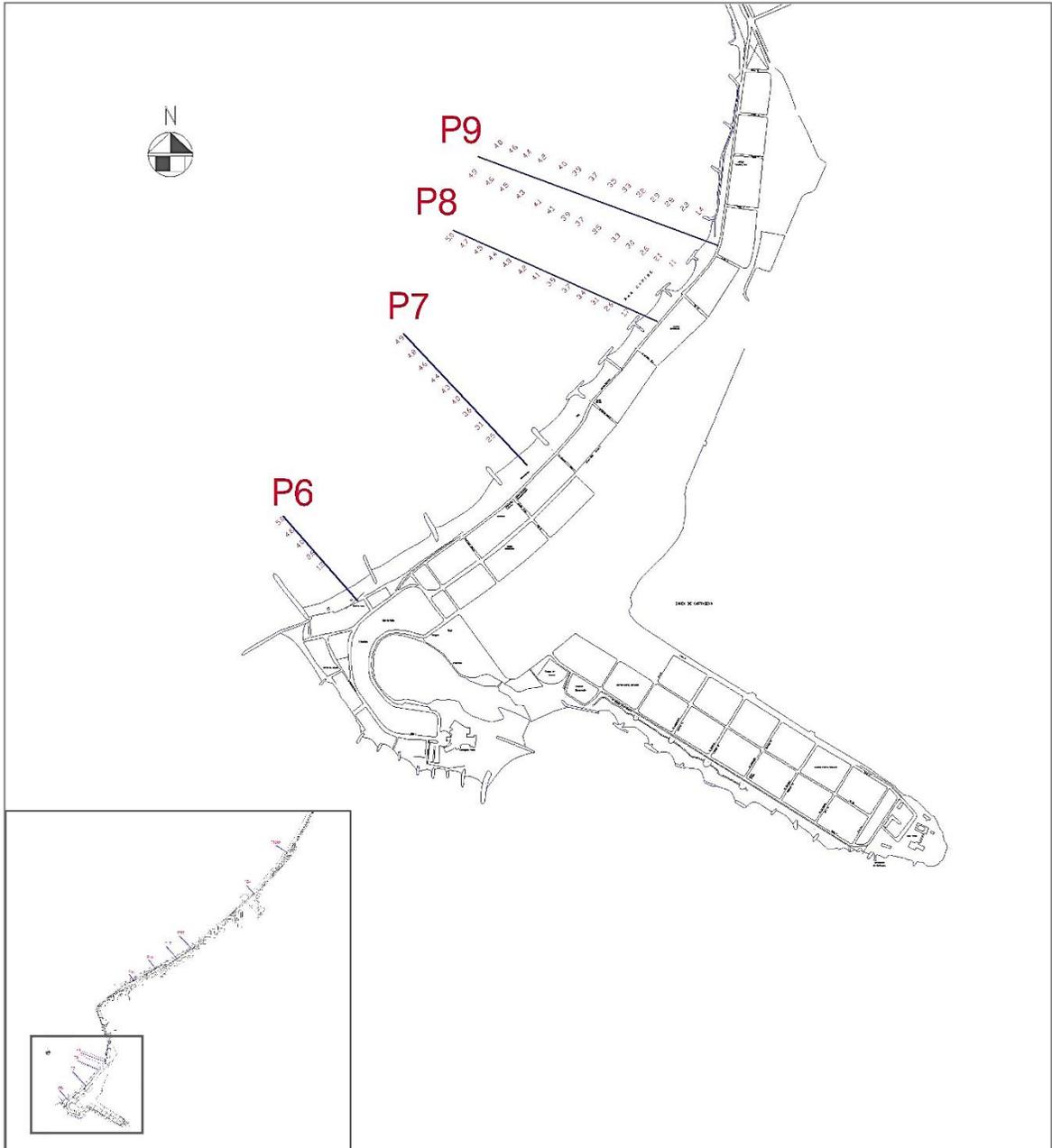




Ilustración 4. Ubicación de los perfiles de playa evaluados en el sector de Marbella.

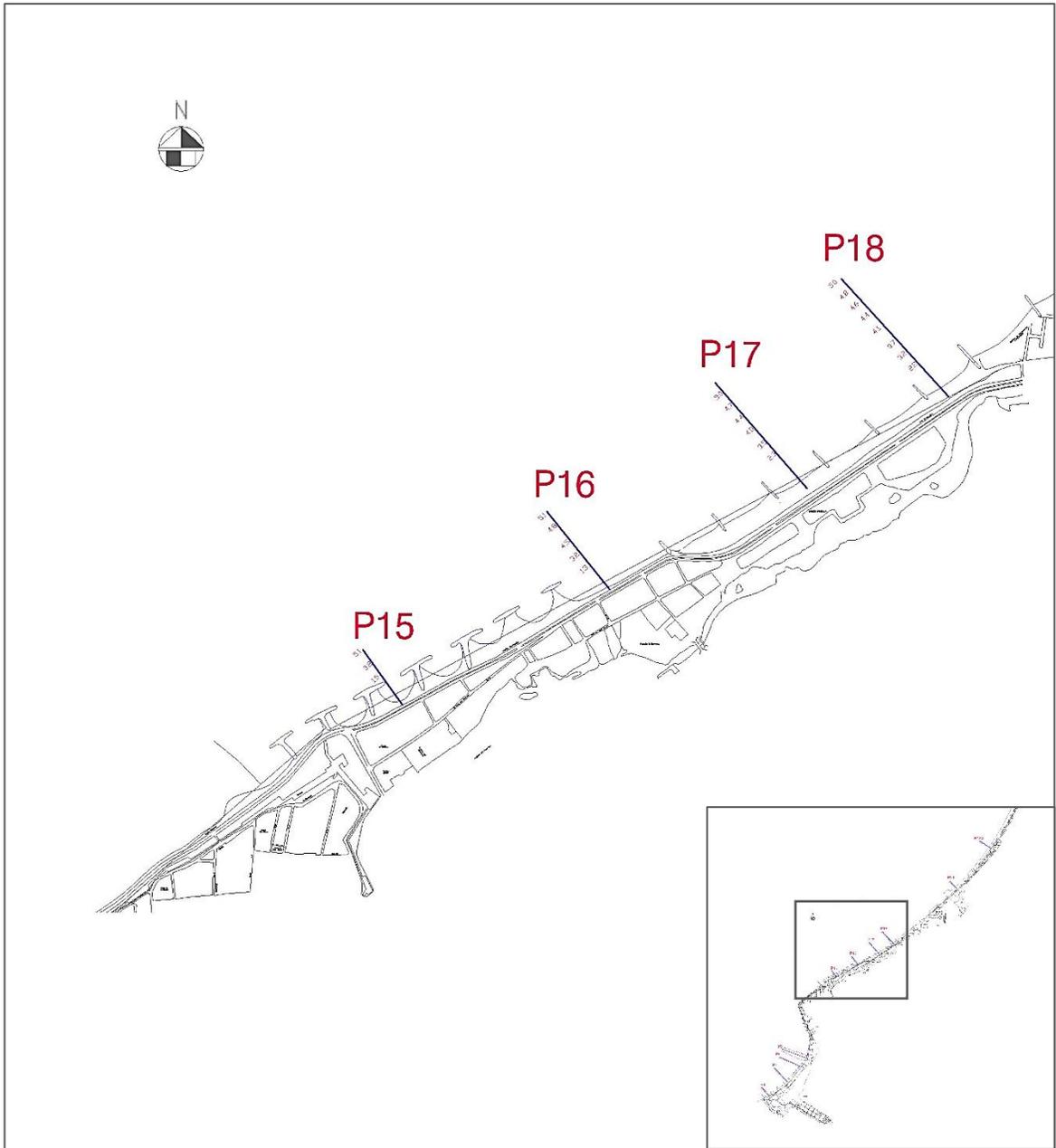
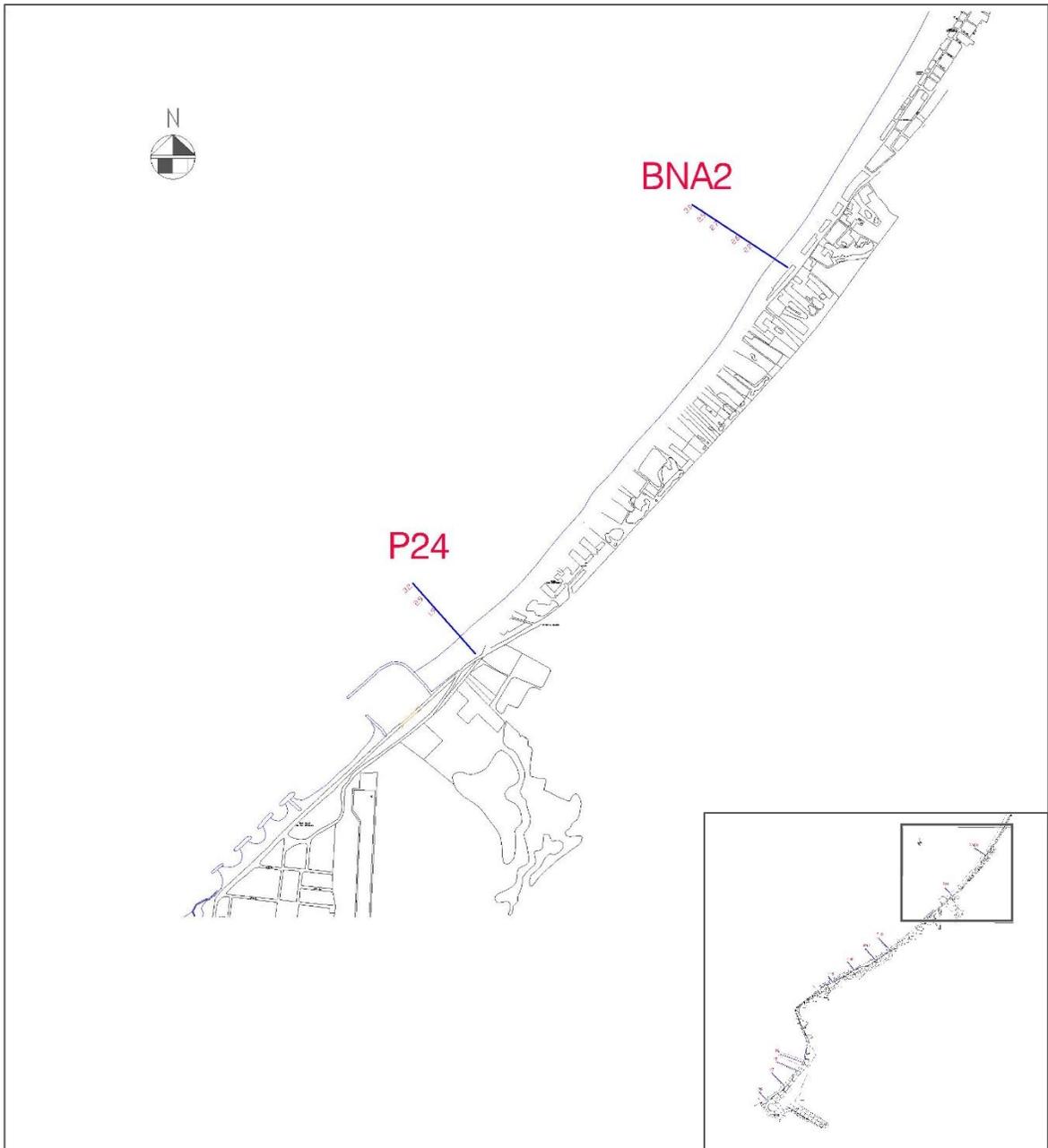




Ilustración 5. Ubicación de los perfiles de playa evaluados en el sector de La Boquilla.





4. METODOLOGÍA

La investigación planteada posee un enfoque mixto, puesto que se consideran métodos cualitativos y cuantitativos, tales como son: el análisis comparativo de los supuestos y condiciones de playas del modelo de perfil de equilibrio de Dean con las condiciones de las playas estudiadas en este proyecto, esto junto con la aplicación de métodos cuantitativos empleados para el cálculo, ajuste, implementación y obtención de resultados de la aplicación de los modelos de perfil de equilibrio en las playas de Cartagena en estudio, específicamente en los sectores de Bocagrande, Marbella y La Boquilla (ver coordenadas en *Cuadro 3*).

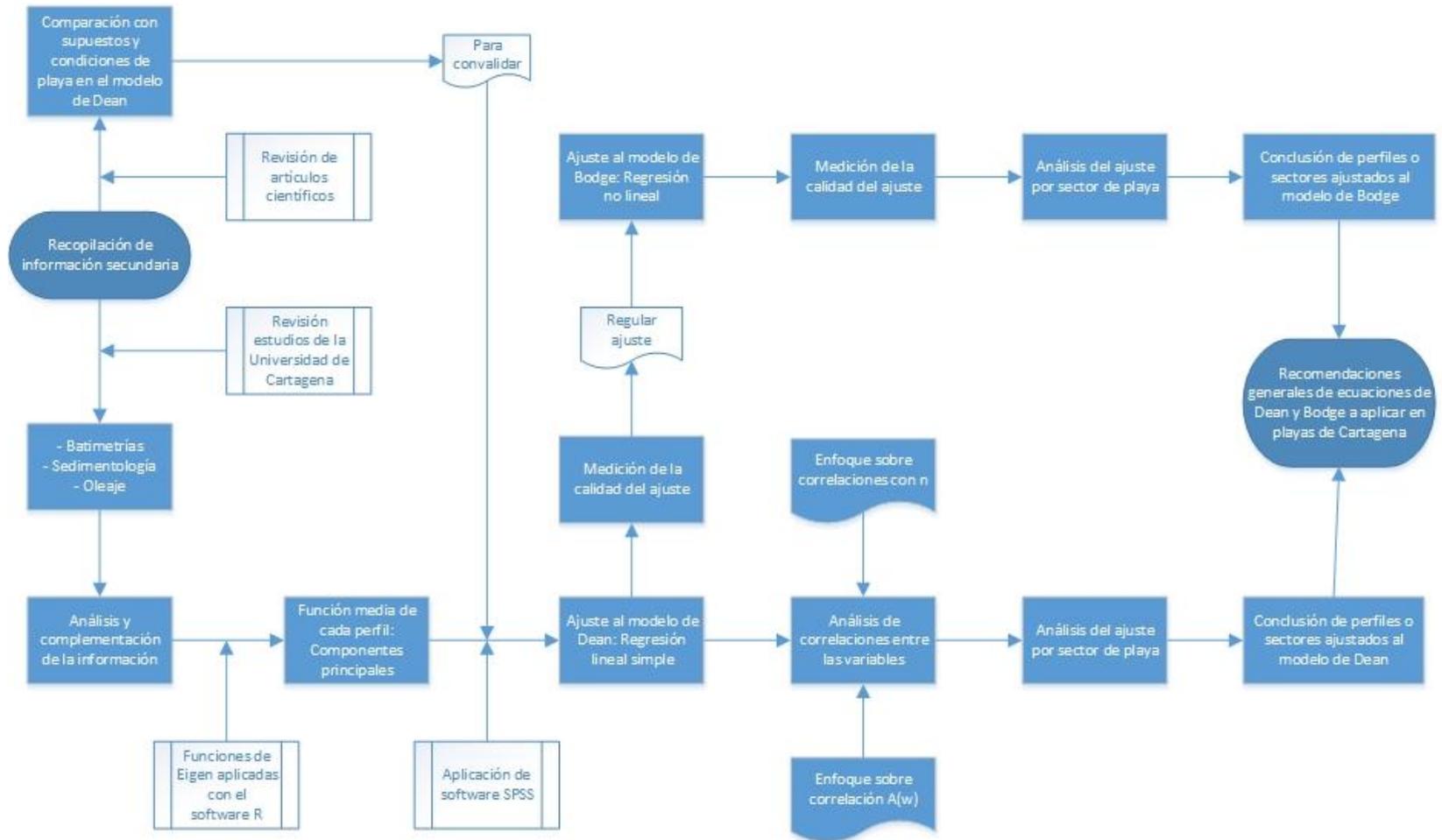
Además, el tipo de investigación es inicialmente de carácter bibliográfico y posteriormente descriptivo, teniendo en cuenta que se realiza un análisis de la información secundaria encontrada en investigaciones desarrolladas anteriormente. Con base en ello se emplean técnicas estadísticas para determinar los parámetros que intervienen en la ecuación de Dean, y si es el caso de otro autor, que permitan representar adecuadamente los perfiles de equilibrio de las playas de Cartagena.

Como se hizo mención en el alcance del estudio la búsqueda y análisis de la información se realizó durante el segundo semestre del año 2017.

En la *Ilustración 6* se esquematiza la metodología a emplear para el ajuste de los perfiles estudiados a los modelos de perfil de equilibrio.



Ilustración 6. Esquema de la metodología utilizada en el proyecto.





La siguiente metodología se desarrolla en torno al uso de dos técnicas estadísticas: reducción por componentes principales y ajuste de curvas por mínimos cuadrados; ambas técnicas ampliamente difundidas en la modelación de perfiles de playas. R. Dolan, P. Hayden y W. Felder pioneros en el uso de componentes principales (o autofunciones de Eigen) para el análisis de playas, concluyeron que esta técnica es ideal para medir la variación de los perfiles en la dirección mar adentro posterior a la línea de costa, afirmando que la mayor parte de la varianza de los perfiles puede ser explicado con las tres primeras autofunciones de Eigen (Dolan, Hayden, & Felder, 1977). Posterior a esto el uso de componentes principales se hizo frecuente en el análisis de la variación batimétrica de los perfiles de playa, como se evidencia su aplicación en los estudios realizados por Dean; además, Dean y otros autores como Moore, introdujeron el uso de mínimos cuadrados como una manera sencilla y funcional para modelar el perfil de equilibrio ($y = Ax^n$), y también ajustar el parámetro de escala A en función del diámetro promedio del sedimento D_{50} o la velocidad de caída del grano w , y considerando además factores como el oleaje y la marea (Dean, 1991). Aún en la actualidad, estos dos ejes, el análisis por componentes principales y el ajuste por mínimos cuadrados, sin importar el modelo o ecuación de ajuste que se emplee, por hacer mención: Dean, Bodge, Komar y McDougal, Inma; conforman la estructura metodológica más utilizada y funcional para la modelación de perfiles de playa; sustento de esto son los estudios realizados por distintos autores como Dean & Dalrymple (2004), Türker & Kabdasli (2004), Özkan-Haller & Brundidge (2007), y Zetina M., y otros (2008).

4.1. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA

Esta etapa consistió en la recolección de la información de los perfiles existentes para cada una de los sectores de playa propuestos, Bocagrande, Marbella y La Boquilla. Es importante destacar que la selección de estos sectores como sitios de estudio estuvo en función de la disponibilidad de las mediciones y de la ausencia de modificaciones significativas, antropogénicas o naturales, sobre tales sectores. Esta información comprende los datos batimétricos medidos en diferentes épocas del año, los datos sedimentológicos



tales como el diámetro promedio del grano en la playa sumergida y la clasificación del tipo suelo, además, la información del oleaje, esto es, altura significativa de ola, y tipo de playa según su estado modal; así también, localización geográfica de cada perfil. Estos datos se emplearon en el ajuste de la ecuación de perfil de equilibrio de Dean para cada uno de los sectores. La recopilación de esta información se efectuó mediante la revisión de los proyectos de investigación y trabajos de grado realizados por la Universidad de Cartagena en los sectores mencionados.

La cantidad de datos batimétricos recolectados se distribuye así: cuatro perfiles en Bocagrande (38 mediciones), cuatro perfiles en Marbella (62 mediciones) y dos perfiles en La Boquilla (32 mediciones) para una totalidad de 132 mediciones empleadas.

4.2. COMPLEMENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA

Es importante determinar el alcance espacial de las mediciones en los respectivos estudios, es decir, número de perfiles medidos, localización a través de la playa y longitud de los perfiles. Conocer el alcance espacial permite indicar qué tipo de perfiles son trabajados, largos o cortos. Dado que fue necesario desarrollar el estudio con perfiles completos, se complementó la información faltante; en consecuencia, se usó interpolación de Lagrange (Chapra & Canale, 2007) empleando tres puntos de referencia reales alrededor del punto desconocido por calcular, para así completar los datos de profundidad faltantes, además, se calculó la profundidad de cierre (*Ec. 1*) de cada perfil en función del oleaje, y se extrapolaron los datos de profundidad hasta la localización de dicho punto. En cuanto a la localización de los perfiles en la playa, se utilizaron las coordenadas geográficas donde se fijó cada perfil con el fin de calcular las distancias paralelas a la playa a la que estos se encuentran separados, distancia que fue llamada d y su acumulado z .



4.3. ANÁLISIS DE LOS SUPUESTOS DEL PERFIL DE EQUILIBRIO DE DEAN Y SU COMPARACIÓN CON LAS CONDICIONES DE LAS PLAYAS LOCALES

Esta etapa comprendió el análisis de la teoría utilizada por Dean (1977) en la determinación del perfil en equilibrio de playa, se recopiló la información de los postulados propuestos por el autor; esta información abarca aspectos tales como los supuestos o las hipótesis planteadas para el modelo, las condiciones bajo las cuales fue establecido y el planteamiento matemático. Esta información permitió establecer comparaciones entre los supuesto e hipótesis del modelo y su coincidencia o correspondencia con las condiciones de las playas locales propuestas en este proyecto. Además, se recopilaron varios estudios o investigaciones de geomorfología costera donde se empleó el modelo de perfil de equilibrio de Dean, con el fin de establecer una comparación entre las condiciones de las playas estudiadas en cada una de estas investigaciones y las playas de Cartagena propuestas en este proyecto. Las condiciones que se compararon, según disponían los estudios consultados fueron: las características sedimentológicas, el tipo de playa, la pendiente de la playa y el oleaje, también se revisó la bondad del ajuste realizado en cada uno de estos casos, es decir, cuánta correlación hay entre los valores teóricos calculados mediante la ecuación de Dean y los valores reales de cada perfil. Al realizar esta comparación se pudo verificar la aplicabilidad de la ecuación de Dean a las playas locales y/o el ajuste de la misma en estas playas.

4.4. FUNCIÓN MEDIA DE LA SERIE DE DATOS DE CADA PERFIL

Hasta este punto de la información batimétrica recopilada se obtuvo para cada perfil profundidades y distancias perpendiculares a la línea de costa, a través del tiempo, producto de las mediciones realizadas en diferentes meses. Sin embargo, para la facilidad en el ajuste se hizo necesario resumir la información medida de cada perfil durante distintas épocas, en una única serie de datos batimétricos correspondiente a su respectivo perfil, como lo propusieron R. Dolan, P. Hayden y W. Felder en 1977. A partir de lo cual se usó el método



de componente principales, mediante el software de programación R, con el fin de determinar las dos primeras componentes, también llamadas autofunciones o funciones de Eigen que representan el porcentaje más alto del valor cuadrático medio de los datos; la primera autofunción (funcion.media) reflejó en esencia el nivel o batimetría promedio de la playa, obteniéndose así para cada perfil una serie media de datos batimétricos, la segunda autofunción (fluctuaciones) representó la variación del nivel medio del perfil a través del tiempo, información que no pertenece al alcance de este estudio. Utilizando la serie media de batimetría de cada perfil, e implementando la herramienta de Microsoft Excel, se calculó la pendiente media s de cada perfil medido.

4.5. AJUSTE DEL PERFIL POR REGRESIÓN LINEAL

Para cada perfil y utilizando la serie de datos de batimetría que se obtuvo con la función media, se determinó la recta que mejor se ajusta a cada serie batimétrica, esto implementando mínimos cuadrados como se indica en el 1.2.13. Así, para que esta función lineal fuera útil en la representación de la playa con el modelo matemático de Dean, se debió linealizar la función potencial de este autor, proceso que se explica en el mismo 1.2.13 y que realizó automáticamente SPSS a través de estimación curvilínea tipo potencial. Finalmente, se obtuvo un valor de parámetro de escala A y el exponente n en cada perfil, lo que conformó una serie completa de estas variables para cada playa.

De cada una de las funciones obtenidas mediante la regresión se calculó su error estándar, error relativo y coeficiente de determinación r^2 (ver 1.2.14) con el fin de medir la bondad del ajuste y probar la hipótesis del investigador: la ecuación de Dean ajusta para los perfiles de playa en Cartagena.



4.6. ANÁLISIS DE COEFICIENTE DE CONCAVIDAD n A TRAVÉS DE LA PLAYA

Con el fin de sintetizar o reducir la serie de valores de n obtenidos para cada sector de playa, y de caracterizar el parámetro en mención, se hizo uso del análisis de correlaciones mediante el software estadístico SPSS. Así se estudió la relación que tiene n con las otras variables que conforman el modelo de perfil de playa directa o indirectamente. Inicialmente, se tabuló para cada playa la serie de variables cuyas correlaciones se busca determinar: n , z , s y D_{50} . Se determinaron las correlaciones existentes entre las diferentes variables, interesando principalmente aquellas referidas a n , esto es: $n-z$, $n-s$ y $n-D_{50}$. Con esto, si existía correlación significativa entre n y alguno de los parámetros en todos los sectores, se utilizarían mínimos cuadrados para crear una función práctica que calculara n en función del parámetro de correlación elegido, de manera que tal función pudiera ser empleada en conjunto con la o las expresiones de Dean de ese sector de playa. En caso tal que n no presentase correlación significativa con otras variables, se obtendría el n o rango de n más representativo de la playa.

4.7. ANÁLISIS DEL PARÁMETRO DE ESCALA A EN LA LONGITUD DE LA PLAYA

Luego de determinar un n , para cada playa, utilizando los valores de velocidad de caída del grano w de cada perfil, calculados por medio del D_{50} usando la (Ec. 5, se procedió a determinar mediante análisis de correlación con SPSS si existía relación significativa entre el parámetro de escala A y la velocidad de caída del grano w , si era efectiva la correlación se construiría una recta que predijera el parámetro A en función de w , similarmente a lo efectuado por Dean. Esta regresión sería igualmente lograda empleando mínimos cuadrados, y cuya función lineal obtenida, sería ajustada a la linealización de la función potencial $A(w)$. En caso tal la correlación no fuera significativa, se seleccionaría para cada playa, dentro de los rangos ofrecidos por Dean (Ver 32) los valores de los parámetros K y m



que definen la ecuación $A(w)$ (Ver (Ec. 4)). El criterio para la elección de los valores K y m fue, aquellos valores que mejor se ajustaran al A ponderado en cada playa y utilizando el n representativo por playa determinado en el ítem anterior.

Finalmente, se obtuvieron una o más expresiones de la función $A(w)$ para cada playa, en distintas épocas; expresiones que pueden ser empleadas para obtener el valor de A en la o las expresiones de Dean a determinar para cada sector de playa.

A partir de todo el proceso anterior se logró definir para cada sector las expresiones de Dean, con sus parámetros A y n , que mejor ajustan para perfiles específicos en cada playa de Cartagena.

Nota aclaratoria: Es importante destacar que las etapas del proyecto posterior a este punto se realizarían en caso tal la ecuación de Dean no presentase un buen ajuste en perfiles o sectores particulares. Variando, para el ajuste al modelo de Bodge, el uso de regresión no lineal, con iteraciones en reemplazo de regresión por mínimos cuadrados.

4.8. ANÁLISIS COMPARATIVO CON LOS SUPUESTOS Y CONDICIONES DE PLAYAS EN EL MODELO MATEMÁTICOS PLANTEADO POR BODGE

Previendo que el modelo de Dean no se ajustara correctamente a algunos perfiles de las playas de Cartagena, se planteó en esta etapa del proyecto, proponer un modelo matemático de perfil de equilibrio como alternativa al modelo de Dean, que fuera capaz de representar de una manera más adecuada los perfiles estudiados. Este modelo debe ser correspondiente con las condiciones de las playas estudiadas, es decir, sus hipótesis y supuestos deben cobijar el escenario en el que se encuentran estas playas; por tanto, para evaluar esta correspondencia, se realizó una revisión bibliográfica con el fin de establecer una comparación de las playas locales en estudio contra los supuestos, hipótesis, y condiciones de playas para las cuales fue planteado inicialmente el modelo alternativo elegido, por practicidad y por haber sido modelado para las mismas playas del estudio realizado por Dean el modelo seleccionado fue el propuesto por Bodge (Ver 1.2.7).



4.9. APLICACIÓN DEL MODELO

En esta etapa se definieron las variables dependientes e independientes que intervienen en el modelo analizado (x, y) , se procesaron los datos reales (batimetría) de las playas por medio del modelo matemático seleccionado, se establecieron y ajustaron a cada playa los parámetros bajo los rangos o criterios definidos por el autor (B y k). Se cuantificó la bondad del ajuste de estos modelos para las playas de Cartagena, esto es, error estándar, error residual y coeficiente de determinación r^2 para los perfiles en cada sector. A partir de lo cual se concluyó cuánto ajusta el modelo a las playas de Cartagena y de qué forma puede ser recomendado.

4.10. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Por último, los resultados obtenidos del ajuste a los diferentes modelos (Dean y Bodge) se analizaron, sintetizaron y con ello se construyeron las conclusiones del estudio.



5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con base en el procedimiento descrito en el título anterior se presentan a continuación los resultados obtenidos al procesar los datos y el análisis realizado a partir de esta información. Se muestran las ecuaciones obtenidas a partir del modelo de Dean y el modelo de Bodge, la calidad de cada ajuste en las tres zonas de estudio: Bocagrande, Marbella y La Boquilla, en Cartagena de Indias, Colombia.

5.1. INFORMACIÓN DE LAS PLAYAS EN ESTUDIO

A partir de la consulta de proyectos de investigación y estudios realizados en las playas de Cartagena, se obtuvo la información batimétrica de los perfiles en Bocagrande (del P6 al P9) siendo todos medidos en época de invierno (2001 al 2008), los perfiles en Marbella (del P15 al P18) con mediciones en todas las épocas del años (2001 al 2012), cabe anotar que la información del perfil P18 anterior al año 2008 fue descartada al presentar una batimetría totalmente diferente a la del año 2012, la explicación más razonable es haber sufrido, por su cercanía a La Bocana, modificaciones considerables durante la intervención en el 2007 a la mencionada estructura marítima; por último, La Boquilla con solo dos perfiles en estudio (BNA2 y P24), pues, el resto de perfiles en la zona han sido significativamente alterados durante las obras de dragado cercanas al Hotel Las Américas. El total de mediciones batimétricas recolectadas fue de 184, y el total de mediciones empleadas fue de 132. La ubicación del BM de cada perfil se presenta a continuación (Ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Localización del BM y D_{50} húmedo en cada perfil de estudio.

Playa	Perfil	Localización		D_{50} [mm]
		Este	Norte	
Bocagrande	P6 invierno	837.339,53	1.642.050,30	0,145
	P7 invierno	837.905,83	1.642.501,87	0,155



Playa	Perfil	Localización		D ₅₀ [mm]
	P8 invierno	838.340,96	1.642.982,45	0,197
	P9 invierno	838.544,52	1.643.237,35	0,190
Marbella	P15 invierno	839.437,65	1.645.827,66	0,155
	P16 invierno	840.127,22	1.646.213,52	0,175
	P17 invierno	840.785,32	1.646.551,23	0,187
	P18 invierno	841.256,47	1.646.856,20	0,191
	P15 intermedio	839.437,65	1.645.827,66	0,152
	P16 intermedio	840.127,22	1.646.213,52	0,181
	P17 intermedio	840.785,32	1.646.551,23	0,180
	P18 intermedio	841.256,47	1.646.856,20	0,153
	P17 verano	839.437,65	1.645.827,66	0,130
	P15 verano	840.127,22	1.646.213,52	0,165
	P16 verano	840.785,32	1.646.551,23	0,174
	La Boquilla	P24 invierno	843.238,00	1.648.604,00
BNA2 invierno		844.287,08	1.649.903,57	0,138

Las coordenadas presentadas en el *Cuadro 3* son de tipo planas del sistema Magna-Sirgas con datum Bogotá. Por otro lado los granos de arena en las playas estudiadas oscilan entre un diámetro de 0,13 mm a 0,20 mm, siendo los granos de mayor tamaño pertenecientes a los sectores de Bocagrande y Marbella; estos datos de sedimentos fueron basados en los estudios de investigación de la Universidad de Cartagena del año 2001 a 2003, y los estudios de pregrado de ingeniería civil de la misma universidad del año 2012 a 2015, descartando aquellos datos desfasados de la serie o tendencia histórica y comparando con los resultados publicados en el estudio de Moreno Egel, Agámez, Castro, & Voulgaris (2004) donde se informó de un rango de grano entre 0,14 mm a 0,21 mm; en general, según



la clasificación de suelos de Wentworth, las zonas de playa estudiadas en Cartagena cuentan con suelos tipo Arenas Finas, cabe anotar que los datos de granulometría media presentados para cada perfil en cada época corresponden a un promedio entre las diferentes mediciones realizadas para cada perfil, donde además se concedió mayor preponderancia a aquellas muestras de sedimento obtenidas a mayor profundidad o más alejadas de la línea de costa. La densidad sumergida del suelo para el sector de Bocagrande fue de 2 769,91 Kg/m³, para Marbella 2 758,75 Kg/m³ y para La Boquilla 2 671,53 Kg/m³ calculadas de la información registrada a partir de las trampas de sedimento empleadas en el estudio Evaluación de los procesos costeros en Cartagena desde El Laguito hasta La Boquilla (Moreno Egel D. , 2003). Así también, con base en el oleaje, el peralte de la ola, se encontró que para Bocagrande y Marbella las playas se encuentran en un estado modal de tipo disipativo, mientras que en La Boquilla se encuentran en un estado modal disipativo-intermedio (Avedaño Camargo & Bonfante Zarza, 2012; Bula Jiménez & Medoza Vergara, 2013; Maza Figueroa & Rangel Fajardo, 2015).

Por otro lado, utilizando las coordenadas geográficas de los BM fue posible calcular las distancias que separan estos BM, y por ende los perfiles mismos. La distancia de separación entre los perfiles fue llamada d , y su acumulado fue llamado z , donde, z aumenta siempre en el sentido hacía el Norte en cada sector, medido desde el perfil ubicado más hacía el Sur en cada zona, así, en Bocagrande z fue medido desde el P6 hacía el P9, en Marbella desde le P15 hacía el P18, y en La Boquilla desde el perfil BNA2 hacía el P24.

Cuadro 4. Separaciones entre perfiles y distancia z a lo largo de cada sector.

Playa	Tramo	d [m]	Tramo	z [m]
Bocagrande	P6	-	P6	-
	P6-P7	724,30	P6-P7	724,3
	P7-P8	648,30	P6-P8	1.372,6



	P8-P9	326,21	P6-P9	1.698,8
Marbella	P15	-	P15	-
	P15-P16	790,19	P15-P16	790,1
	P16-P17	739,69	P15-P17	1.529,8
	P17-P18	561,24	P15-P18	2.091,1
La Boquilla	BNA2	-	BNA2	-
	BNA2-P24	1.670,16	BNA2-P24	1.670,1

5.2. ESTIMACIÓN DE OLEAJE Y PUNTO DE CIERRE

En Cartagena las olas de *offshore* afectan la zona de *nearshore* un 37,2 % del tiempo del año. Siendo la dirección predominante NNE-NNW con una probabilidad de ocurrencia del 35,9 % del tiempo del año en época de verano, y olas con dirección WNW-WSW ocurren el 2,01 % del tiempo durante el resto del año. Por tanto, aproximadamente el 62,8 % de las olas en la *nearshore* en Cartagena son producto de las condiciones del viento local.

En Bocagrande en condiciones moderadas la altura de ola de rotura oscila entre 0,3 m y 1,2 m. En condiciones de tormenta, donde la dirección de la ola cambia a NW-WNW, la altura de varía entre 1,5 m y 2,4 m.

Para la zona comprendida entre Punta Santo Domingo y Punta Icacos, donde se encuentran los sectores de Marbella y La Boquilla, las olas dominantes provenientes de la *offshore* son de dirección NE y N, con alturas de ola de rotura entre 0,3 m y 1,7 m; y valores de altura de ola para eventos de tormenta o vientos fuertes entre 1,9 m y 2,4 m, con dirección WNW y NNW.



En general para Cartagena, la altura de ola en la offshore oscila entre 1 m y 3 m, desde la condición más calmada hasta aquella menos moderada, con periodos de olas que varían entre los 4 s y 12 s, siendo más frecuentes aquellos periodos de 7 s y 8 s, y encontrándose una ola de tormenta con ocurrencia de 12 horas al año de altura 2,5 m aproximadamente (Moreno Egel, Agámez, Castro, & Voulgaris, 2004).

Como bien se conoce, la profundidad de cierre en un perfil depende del oleaje actuante sobre el mismo, por lo cual, esta profundidad varía constantemente en cada época del año en función de las condiciones atmosféricas regionales y locales como se ha mencionado. Sin embargo, en el presente estudio, siguiendo lo propuesto por Kamphuis y por simple practicidad, la profundidad de cierre es determinada a partir de la altura de tormenta, cuyo valor para Cartagena se encuentra entre 1,5 m y 2,5 m, siendo este último valor con ocurrencia de 12 horas al año y por tanto el valor a emplear (Ver 1.2.4). Además, este valor concuerda con aquellos producidos en el análisis de refracción del oleaje con el software RCP WAVE (Proyecto Bicentenario, 2010), donde para las direcciones de viento dominante previamente expuestas y para el periodo más frecuente de 7 s la altura de oleaje en la zona de *surf* y *nearshore* para Marbella está entre 1 m y 4,4 m, y para Bocagrande se encuentra entre 1 m y 3,6 m.

A partir de los anterior se calculó la profundidad de cierre (Ver (Ec. 1) obteniendo un valor de 4 m a 4,5 m; como bien se ha explicado, este es un valor aproximado que no requiere de elevada exactitud, donde, más allá de tal profundidad se asume que los fenómenos de transporte de sedimento son poco significativos.

Luego, estimada la profundidad de cierre se realizó la extrapolación de los datos batimétricos de aquellos perfiles cuyas profundidades medidas no alcanzaron los 4 m o 4,5 m, donde se localiza el punto de cierre; excepto por el sector de La Boquilla cuyos perfiles fueron recortados hasta los puntos donde inicia la aparición de las primeras barras de sedimentos en cada perfil (Maza Figueroa & Rangel Fajardo, 2015). Las batimetrías extrapoladas pueden observarse desde el *Anexo 1* hasta el *Anexo 16*.



5.3. ANÁLISIS DE LOS SUPUESTOS DEL PERFIL DE EQUILIBRIO DE DEAN Y SU COMPARACIÓN CON LAS CONDICIONES DE LAS PLAYAS LOCALES

Para el desarrollo de su modelo, Dean asumió que los esfuerzos ejercidos por el oleaje en el fondo del perfil eran iguales, es decir, fuerzas constructivas y destructivas se suponen de igual magnitud; además, asumió que las condiciones de equilibrio en los perfiles se lograban cuando la disipación de energía por unidad de volumen era constante a lo largo del perfil. Bajo estas condiciones se puede concluir que ninguna playa existente se encuentra en equilibrio, pues no existen tales condiciones de oleaje constante que permitan una disipación constante; sin embargo, sí existe un rango de valores entre los cuales puede variar el oleaje, el sedimento y la batimetría; es a partir de este rango de valores que es posible realizar un ajuste al perfil de equilibrio también llamado perfil medio.

Entre las suposiciones postuladas por Dean para su modelo se encuentran:

- Los perfiles de equilibrio son cóncavos hacia arriba.
- Tamaños de granos pequeño y grandes están asociados a pendientes suaves y pronunciadas, respectivamente.
- El frente de la playa es plano.
- Olas peraltadas dan lugar a pendientes más suaves.

Además de esto, Dean propuso que su modelo fuera aplicable a la zona de *surf*, que es la zona de mayor interacción oleaje-fondo, o en su defecto, para modelar la *nearshore* como él mismo lo hizo al estudiar las playas en la Costa de Florida hasta una profundidad de cierre de aproximadamente 4,6 m. El modelo no es útil para ajustar zonas de barras. Así también, argumentó que este modelo es funcional para playas disipativas y con roturas de ola tipo *spilling*.



Para las playas de Cartagena, algunos sectores coinciden más o menos con todas estas condiciones. En cuanto al oleaje la altura de ola de tormenta determinada para Cartagena como ya se hizo mención es de 2,5 m, la cual coincide con aquellas alturas de ola empleadas por Dean en Florida, esto es, entre 2 m y 4 m. De igual forma, hay similitud entre las profundidades de cierre determinadas en ambas zonas, para Florida 4,6 m y para Cartagena alrededor de los 4 m a 4,5 m. En cuanto al suelo, en ambas zonas el sedimento promedio osciló alrededor de los 0,2 mm considerándose una arena fina. Como factor de comparación importante se encuentran el tipo de rotura de ola y estados modales de la playa, para la primera variable, así como lo requirió Dean en Cartagena el tipo de rotura más frecuente es *spilling* con una menor presencia de rotura tipo *plunging* (Moreno Egel, Agámez, Castro, & Voulgaris, 2004), en cuanto a lo segundo, el estado modal de playa más común en Cartagena es disipativo, existiendo también playas de tipo intermedio en La Boquilla (Avedaño Camargo & Bonfante Zarza, 2012; Bula Jiménez & Medoza Vergara, 2013; Maza Figueroa & Rangel Fajardo, 2015).

Por otro lado, al realizar una comparación con playas alrededor del mundo donde fue aplicado el modelo de Dean, la bibliografía relata que, en las playas de El Caribe, Boom & Green (1988) en su estudio de los pendientes y los perfiles de equilibrio de las playas de Saint Marteen y Curazao, efectuaron un ajuste de la ecuación de Dean a las condiciones de estas playas. Las playas de El Caribe en este estudio son sometidas a alturas de ola significativa inferiores a las que se presentan en las costas de Cartagena, variando entre 1 m y 2 m, mientras que las playas de Cartagena tienen una altura de ola significativa de 2,5 m; a pesar de esto, las playas de Saint Marteen y Curazao tienen tamaños de sedimento mayores a los de las playas de Cartagena, entre 0,22 mm y 0,53 mm, es decir, son playas compuestas de arenas finas y medias. Sin embargo, las profundidades de cierre en estas playas alcanzan dimensiones similares a las de las playas locales, entre 4 m y 6 m, siendo 4 m la profundidad de cierre más común en las playas locales. Por otra parte, las playas de Saint Marteen y Curazao tienen pendientes pronunciadas y de gran concavidad, a diferencia de las playas de Cartagena, donde se presentan bajas concavidades y pendientes no tan



pronunciadas. El ajuste de la ecuación de Dean en estas playas fue considerado bueno (Boom & Green, 1988).

En Valencia, España L. Aragonés et al. (2015) ajustaron la ecuación de Dean a una serie de 28 playas, donde las condiciones sedimentológicas y geomorfológicas son levemente parecidas a las de las playas de Cartagena, encontrándose arenas finas y medias con tamaño promedio del grano entre 0,17 mm y 0,42 mm. Las condiciones de oleaje son también similares a las condiciones locales al utilizarse en este estudio un H_s de 2,8 m; y, por tanto, las profundidades de cierre variaron en el mismo rango de los valores locales, entre 4,41 m y 5,2 m. El ajuste en este estudio fue bueno, obteniéndose coeficientes de correlación de Pearson entre 0,983 y 0,999 (Aragonés, Villacampa, Navarro-González, & López, 2016).

Harshinie Karunarathna et al. (2016) en su estudio donde se aplicó la ecuación tradicional de Dean para modelar perfiles de equilibrio en las costas de Hasaki, Japón, obtuvieron un ajuste considerado aceptable; las condiciones sedimentológicas fueron similares a las playas de Cartagena en mención, con tamaños promedio del grano de 0,18 mm y siendo el suelo de arenas finas; a pesar de ello, las condiciones de oleaje en la zona difieren de las condiciones locales generando profundidades de cierre considerablemente grandes, entre 8 m y 9 m (Karunarathna, y otros, 2016).

A partir de lo expuesto, es notable que existen similitudes entre las playas de Florida y el Golfo de México en que Dean basó su modelo y las playas de Cartagena que el presente estudio ha ajustado, existiendo mayores discrepancias en la zona de La Boquilla por efecto de su estado modal de playas, y también, la presencia de barras como se ha reportado. Además, el ajuste de la teoría de perfiles de equilibrio de Dean en otras playas alrededor del mundo, y con características similares a las playas locales respaldan el uso de este modelo. Lo anterior no justifica el aprobar totalmente el ajuste, pero sí se muestra como buen indicio para proceder con el mencionado modelo.



5.4. APLICACIÓN DE LA AUTOFUNCIONES DE EIGEN: FUNCIÓN MEDIA DE CADA PERFIL

Mediante el software y lenguaje de programación R se calcularon las componentes principales o autofunciones de Eigen de las series batimétricas en cada perfil, donde la primera autofunción hallada representa el perfil medio medido a través del tiempo. Así se obtuvo una batimetría promedio para cada perfil en cada época según la información disponible. Las batimetrías resultantes pueden observarse desde el *Anexo 17* hasta el *Anexo 22*.

Además, en el siguiente cuadro se explica el porcentaje de varianza que explicó el perfil medio en cada caso. Entre mayor sea la varianza mayor información de las variaciones batimétricas en el tiempo representa el perfil medio determinado.

Cuadro 5. Varianza del perfil medio (1ra autofunción de Eigen) en cada caso.

Playa	Perfil	Varianza 1ra autofunción
Bocagrande	P6 invierno	98,94%
	P7 invierno	98,24%
	P8 invierno	99,84%
	P9 invierno	99,84%
Marbella	P15 invierno	98,44%
	P16 invierno	99,30%
	P17 invierno	99,50%
	P18 invierno	99,97%
	P15 intermedio	99,45%



Playa	Perfil	Varianza 1ra
	P16 intermedio	99,27%
	P17 intermedio	99,87%
	P18 intermedio	99,95%
	P17 verano	99,56%
	P15 verano	99,57%
	P16 verano	99,38%
La Boquilla	P24 invierno	88,98%
	BNA2 invierno	81,91%

Como lo muestra el *Cuadro 5* el perfil medio en los casos de Bocagrande y Marbella representa en gran medida las series batimétricas en estas zonas con valores de varianza entre el 98,24 % y 99,97 %. Para el caso de La Boquilla estos valores disminuyen, pero continúan siendo aún valores elevados, entre el rango del 80 % al 90 %, esto es debido a que las batimetrías en esta zona presentan mayores discrepancias a través del tiempo, traducido en un oleaje más variable y una zona más inestable lo cual dificulta su representación en un único perfil.

Además, de cada uno de estos perfiles medios se calculó su pendiente media s hasta el punto de cierre, como también la pendiente en los primeros 100 metros sumergidos del perfil, como se visualiza a continuación (Ver *Cuadro 6*).

Cuadro 6. Pendiente media y pendiente de los primeros 100 metros sumergidos de cada perfil.

Playa	Perfil	s	s 100 m
Bocagrande	P6 invierno	-1,89%	-1,98%



Playa	Perfil	s	s 100 m
	P7 invierno	-1,61%	-2,65%
	P8 invierno	-1,65%	-2,82%
	P9 invierno	-0,86%	-2,41%
Marbella	P15 invierno	-2,49%	-2,67%
	P16 invierno	-1,87%	-2,81%
	P17 invierno	-1,92%	-2,55%
	P18 invierno	-1,35%	-3,04%
	P15 intermedio	-2,04%	-3,00%
	P16 intermedio	-1,54%	-3,06%
	P17 intermedio	-1,84%	-2,90%
	P18 intermedio	-1,90%	3,61%
	P17 verano	-2,33%	-2,56%
	P15 verano	-1,72%	-2,45%
	P16 verano	-1,74%	-2,03%
La Boquilla	P24 invierno	-1,93%	-1,93%
	BNA2 invierno	-4,57%	-4,57%

Como se observa en el *Cuadro 6*, la pendiente media de los perfiles en Cartagena oscila entre 0,8 % y 2,5 %, siendo la zona de mayores pendientes Marbella con valores entre 1,72 % y 2,49 %, seguida por Bocagrande con valores de pendiente entre 0,86 % y 1,89 %, todo esto parece coincidir con las conclusiones generales realizadas para Cartagena previamente, donde se habló de un rango de pendientes entre 0,7 % y 3,2 %, siendo que para ese momento las playas de Bocagrande presentaron mayores pendientes que las playas de Marbella (Moreno Egel, Agámez, Castro, & Voulgaris, 2004). Como ya se hizo mención, por efecto de presencia de barras, los perfiles en La Boquilla fueron trabajados hasta una



distancia medida desde la línea de costa, inferior a los 100 m, motivo que explica la pendiente media tan elevada en el perfil BNA2. Todos los perfiles presentan mayores pendientes en la zona más cercana a la línea de costa, razón que explica la curvatura en los mismos; sin embargo, a partir de la relación entre la pendiente media y la pendiente en los primeros 100 m, puede afirmarse que solo los perfiles de La Boquilla son considerablemente cóncavos a causa de su elevada pendiente inicial.

5.5. AJUSTE AL MODELO DE DEAN APLICANDO MINIMOS CUADRADOS

Mediante el software estadístico SPSS, se realizó el ajuste de la ecuación de Dean para cada uno de los perfiles obtenidos mediante las autofunciones de Eigen, esto teniendo en cuenta que esta autofunción representa la morfología promedio de la serie batimétrica en el tiempo de cada perfil. SPSS se fundamenta en el método de los mínimos cuadrados para ajustar series de datos, de esta forma, se obtuvieron los parámetros A y n característicos de la función potencial de Dean para cada uno de los perfiles estudiados. El *Cuadro 7* condensa los parámetros obtenidos al ajustar los datos reales de cada perfil.

Cuadro 7. Parámetros de la ecuación de Dean A , n y A_d (para $n=2/3$) ajustados mediante mínimos cuadrado.

Playa	Perfil	Parámetros del ajuste		
		A_d [m ^{1/3}]	A [m ^{1/3}]	n
Bocagrande	P6 invierno	0,053	0,037	0,873
	P7 invierno	0,057	0,055	0,800
	P8 invierno	0,073	0,100	0,648
	P9 invierno	0,070	0,038	0,814
Marbella	P15 invierno	0,049	0,050	0,875
	P16 invierno	0,055	0,047	0,864



Playa	Perfil	Parámetros del ajuste		
		$A_d [m^{1/3}]$	$A [m^{1/3}]$	n
	P17 invierno	0,059	0,056	0,825
	P18 invierno	0,061	0,115	0,669
	P15 intermedio	0,039	0,095	0,695
	P16 intermedio	0,116	0,147	0,609
	P17 intermedio	0,115	0,046	0,878
	P18 intermedio	0,100	0,145	0,645
	P15 verano	0,100	0,044	0,865
	P16 verano	0,051	0,077	0,741
	P17 verano	0,054	0,031	0,904
	La Boquilla	P24 invierno	0,035	0,035
BNA2 invierno		0,026	0,021	0,977

La columna titulada A presenta los valores estimados por SPSS para el coeficiente de la ecuación potencial característica de cada perfil, sin tener en cuenta el D_{50} en el perfil; de igual forma, la columna titulada n presenta los exponentes ajustados a la ecuación potencial característica de cada perfil.

Por último, la columna titulada A_d , muestra los valores del parámetro de escala A , calculados mediante los valores de K y m propuestos por Dean (Ver (Ec. 4)).

Los valores de A ajustados variaron en toda la zona de estudio en un rango de $0,021 m^{1/3}$ a $0,147 m^{1/3}$, para Bocagrande el rango fue de $0,037 m^{1/3}$ a $0,100 m^{1/3}$, para Marbella de $0,031 m^{1/3}$ a $0,147 m^{1/3}$ y en La Boquilla de $0,021 m^{1/3}$ a $0,035 m^{1/3}$, información que presenta los perfiles más inclinados para Marbella y los más llanos para La Boquilla (Ver desde la *Ilustración 7* hasta la *Ilustración 11*).



Los valores de n ajustados variaron para toda la zona de estudio en un rango entre 0,609 y 1,077, para Bocagrande el rango fue de 0,648 a 0,730, en Marbella de 0,609 a 0,878 y en La Boquilla los valores fueros los más altos, pero al mismo tiempo los menos confiables (por lo corto de los perfiles) con valores de 0,977 y 1,077.

El *Cuadro 8* muestra la cuantificación del error, utilizando el error relativo, el error estándar y el coeficiente de determinación como parámetros referentes. Estos errores son una representación de la discrepancia entre los datos reales y los datos teóricos, es decir, una comparación entre ambos. Teniendo en cuenta esto, se muestran los errores de la ecuación ajustada mediante SPSS y los datos reales para cada perfil, además, también se muestran los errores de la ecuación planteada por Dean para cada caso particular y los datos reales de cada perfil.

Cuadro 8. Bondad del ajuste del modelo de Dean en cada caso de estudio.

Perfil	Calidad del ajuste				
	Dean Ajustado (n y A)			Dean (A_d y $n=2/3$)	
	Error Estándar	Error Relativo (%)	r^2	Error Estándar	Error Relativo (%)
P6 invierno	0,169	0,39%	0,988	1,420	27,45%
P7 invierno	0,351	1,46%	0,983	1,345	32,01%
P8 invierno	0,748	3,26%	0,905	0,810	3,82%
P9 invierno	0,677	3,82%	0,936	0,672	3,76%
P15 invierno	0,118	0,15%	0,987	1,921	40,56%
P16 invierno	0,318	0,92%	0,993	1,857	31,43%
P17 invierno	0,148	0,26%	0,977	1,495	25,90%
P18 invierno	0,463	1,75%	0,939	1,635	21,76%
P15 intermedio	0,227	0,74%	0,988	1,733	43,16%



Perfil	Calidad del ajuste				
	Dean Ajustado (n y A)			Dean (A_d y $n=2/3$)	
	Error Estándar	Error Relativo (%)	r^2	Error Estándar	Error Relativo (%)
P16 intermedio	0,240	0,66%	0,949	0,221	0,56%
P17 intermedio	0,427	1,72%	0,939	0,361	1,24%
P18 intermedio	0,492	1,63%	0,954	0,864	5,02%
P15 verano	0,207	0,55%	0,976	0,612	4,83%
P16 verano	0,194	0,42%	0,978	1,681	31,47%
P17 verano	0,109	0,13%	0,998	1,489	23,72%
P24 invierno	0,120	1,37%	0,970	0,616	36,28%
BNA2 invierno	0,058	0,25%	0,965	0,789	46,71%

Del anterior cuadro se puede observar que en 11 de los 17 casos de perfiles estudiados el error relativo porcentual de la ecuación planteada con los valores sugeridos por Dean superó el 20 %, es decir, en un 64,7 % de los perfiles estudiados el error porcentual de este modelo fue relativamente elevado. En un 100 % de los perfiles estudiados, el error relativo porcentual del ajuste realizado por SPSS para el modelo de Dean fue inferior a un 5 %. Los perfiles ajustados con el modelo de Dean que más difieren de los datos reales fueron el P7 y P8 de Bocagrande en invierno. En un 100 % de los perfiles estudiados, el coeficiente de determinación de la curva ajustada mediante SPSS fue superior a 0,9, valores ubicados por encima de los hallados en estudios anteriores, 0,22 a 0,78 (Olea Suárez & Santos Oviedo, 2005), 0,02 a 0,78 (Lamadrid Acosta, 2005).



5.6. ANÁLISIS DE CORRELACIONES DE LAS VARIABLE: ENFOQUE SOBRE EL PARÁMETRO N

Mediante el software SPSS fue posible realizar el análisis de correlaciones entre las variables, únicamente para Bocagrande y Marbella, pues, en La Boquilla al existir solo dos perfiles en estudio no sería muy representativo el resultado arrojado. El indicador empleado fue el coeficiente de correlación de Spearman para relaciones no paramétricas.

Cuadro 9. Correlaciones entre las diferentes variables en Bocagrande-invierno. **La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlaciones no paramétricas para época de invierno					
	D_{50}	s	s 100 m	z	n
D_{50}	1,000	0,400	-0,800	0,800	-0,800
s	0,400	1,000	-0,200	0,800	-0,200
s 100 m	-0,800	-0,200	1,000	-0,400	1,000**
z	0,800	0,800	-0,400	1,000	-0,400
n	-0,800	-0,200	1,000**	-0,400	1,000

Para el caso de Bocagrande, existe una alta correlación entre el valor z y los valores de D_{50} y s , siendo ambas de 0,800, es decir, en el sentido de la playa en que aumenta z , hacía el Norte (desde P6 hacía P9), el tamaño medio del grano y la pendiente media de los perfiles también aumentan, esto concuerda con estudios anteriores de playas en el sector donde la playa es más inclinada hacia el Norte. Además, el parámetro n en este caso mostró una significativamente alta correlación con s 100 m, son proporcionales.



Cuadro 10. Correlaciones entre las diferentes variables en Marbella. **La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlaciones no paramétricas para época de invierno					
	D_{50}	s media	s 100 m	z	n
D_{50}	1,000	0,800	-0,400	1,000**	-1,000**
s media	0,800	1,000	-0,800	0,800	-0,800
s 100 m	-0,400	-0,800	1,000	-0,400	0,400
z	1,000**	0,800	-0,400	1,000	-1,000**
n	-1,000**	-0,800	0,400	-1,000**	1,000
Correlaciones no paramétricas para época intermedia					
	D_{50}	s media	s 100 m	z	n
D_{50}	1,000	1,000**	-0,400	0,200	-0,400
s media	1,000**	1,000	-0,400	0,200	-0,400
s 100 m	-0,400	-0,400	1,000	0,800	0,400
z	0,200	0,200	0,800	1,000	0,000
n	-0,400	-0,400	0,400	0,000	1,000
Correlaciones no paramétricas para época de verano					
	D_{50}	s media	s 100 m	z	n
D_{50}	1,000	0,500	1,000**	1,000**	0,500
s media	0,500	1,000	0,500	0,500	-0,500
s 100 m	1,000**	0,500	1,000	1,000**	0,500
z	1,000**	0,500	1,000**	1,000	0,500
n	0,500	-0,500	0,500	0,500	1,000



Ahora, en Marbella, para la época de invierno se encontró que como lo afirma la teoría de Dean hay proporcionalidad entre el D_{50} y la pendiente media del perfil, y al igual que en Bocagrande, el tamaño del grano y la pendiente media de la playa aumentan en la dirección Norte. Respecto a n tiene una relación altamente significativa con el tamaño del grano y con su ubicación en la playa (z), disminuyendo n en la dirección Norte.

En Marbella, para la época intermedia no hubo mayor correlación entre los parámetros, a excepción de la proporcionalidad entre la pendiente media y el tamaño del grano que se hizo evidente.

Finalmente, para la época de verano en Marbella, fue notorio el papel desempeñado por la pendiente en los primeros 100 m del perfil, al presentar una alta correlación con el tamaño del grano, y aumentar en la dirección Norte. Además, el tamaño del grano también aumenta en la dirección Norte.

Para los diferentes sectores, respecto a la correlación de las variables con el exponente n , aunque fue altamente significativa en el sector de Marbella-invierno ($z-n$, $z-D_{50}$), en los demás sectores no fue el caso; siendo así, no es práctico plantear una ecuación solo para Marbella, y únicamente para esa época.

5.7. ANÁLISIS DE CORRELACIONES DE LAS VARIABLES: ENFOQUE SOBRE EL PARÁMETRO A

Se realizó el análisis de correlaciones enfocado en la relación entre el parámetro de escala A y la velocidad de caída w . Profundizando poco en las relaciones entre las otras variables al ser abordado en el anterior ítem.

Para ello se hizo necesario el cálculo de la velocidad de caída w utilizando la ecuación de Cheng (Ver (Ec. 5)). Los resultados se observan en el *Cuadro 11*.



Cuadro 11. Velocidad de caída del grano en cada caso de estudio.

Playa	Perfil	w [m/s]
Bocagrande	P6 invierno	0,012
	P7 invierno	0,014
	P8 invierno	0,020
	P9 invierno	0,019
Marbella	P15 invierno	0,014
	P16 invierno	0,017
	P17 invierno	0,018
	P18 invierno	0,019
	P15 intermedio	0,013
	P16 intermedio	0,018
	P17 intermedio	0,017
	P18 intermedio	0,013
	P17 verano	0,010
	P15 verano	0,015
	P16 verano	0,016
La Boquilla	P24 invierno	0,011
	BNA2 invierno	0,011

Para el cálculo de la velocidad de caída se hizo uso de un valor aproximado de 1024 Kg/m^3 para la densidad del agua de mar (Kholostyakov, 2010).



Cuadro 12. Correlaciones entre diferentes variables en Bocagrande-invierno: enfoque sobre $A(w)$. **La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlaciones no paramétricas para la época de invierno					
	w	s media	s 100 m	z	A
w	1,000	0,400	-0,800	0,800	0,800
s media	0,400	1,000	-0,200	0,800	0,200
s 100 m	-0,800	-0,200	1,000	-0,400	-1,000**
z	0,800	0,800	-0,400	1,000	0,400
A	0,800	0,200	-1,000**	0,400	1,000

El parámetro A en Bocagrande presentó una correlación altamente significativa con la pendiente en los primeros 100 m, y su correlación con w aunque fue alta (0,800) no fue significativa (significativa en el nivel 0,05), por lo que es descartado el planteamiento de una ecuación $A(w)$.

Cuadro 13. Correlaciones entre diferentes variables en Marbella: enfoque sobre $A(w)$.

**La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlaciones no paramétricas para la época de invierno					
	w	s media	s 100 m	z	A
w	1,000	1,000**	-0,400	0,200	0,400
s media	1,000**	1,000	-0,400	0,200	0,400
s 100 m	-0,400	-0,400	1,000	0,800	-0,400
z	0,200	0,200	0,800	1,000	0,000
A	0,400	0,400	-0,400	0,000	1,000



Correlaciones no paramétricas para la época intermedia					
	w	s media	s 100 m	z	A
w	1,000	1,000**	-0,400	0,200	0,400
s media	1,000**	1,000	-0,400	0,200	0,400
s 100 m	-0,400	-0,400	1,000	0,800	-0,400
z	0,200	0,200	0,800	1,000	0,000
A	0,400	0,400	-0,400	0,000	1,000
Correlaciones no paramétricas para la época de verano					
	w	s media	s 100 m	z	A
w	1,000	0,500	1,000**	1,000**	-0,500
s media	0,500	1,000	0,500	0,500	-0,500
s 100 m	1,000**	0,500	1,000	1,000**	0,500
z	1,000**	0,500	1,000**	1,000	0,500
A	-0,500	0,500	-0,500	-0,500	1,000

Para todas las épocas en Marbella el parámetro A mostró baja correlación con la velocidad de caída del grano, descartando inmediatamente posibilidad alguna de ajuste $A(w)$.

5.8. AJUSTE AL MODELO DE DEAN POR SECTOR DE PLAYA

Conociendo los parámetros ajustados y los errores de los ajustes realizados para cada perfil estudiado, se procedió a encontrar una ecuación general para cada sector de playa y época climática del año. Para esto, fue necesario hacer uso del promedio ponderado, dándole mayor importancia a los perfiles que poseen mayor cantidad de información real.



Para calcular el promedio ponderado de los parámetros incidentes en la ecuación potencial de perfil de equilibrio, fue necesario separar homogéneamente los perfiles, esto permitió encontrar parámetros que definan una condición de playa uniforme en tiempo y espacio.

Cuadro 14. Parámetros ajustados al modelo de Dean en Bocagrande y el número de mediciones de cada perfil.

Perfil	Parámetros del ajuste		N
	$A [m^{1/3}]$	n	
P6 invierno	0,037	0,873	4
P7 invierno	0,055	0,800	11
P8 invierno	0,100	0,648	11
P9 invierno	0,038	0,814	12
			38
Promedio ponderado	0,061	0,769	

En el *Cuadro 14*, se observa el promedio ponderado del parámetro de escala A y el exponente n para el sector de playa de Bocagrande, se utilizaron 38 mediciones distribuidas de la siguiente manera en los cinco perfiles estudiados para esta zona: tres mediciones del P6 en época de verano, cuatro mediciones del P6 en época de invierno, 11 mediciones del P7, 11 mediciones del P8 y 12 mediciones del P9.

Se determinó que el promedio ponderado del parámetro de escala A fue de $0,061 m^{1/3}$ y del exponente n fue $0,769$, para el sector de playa de Bocagrande, lo cual difiere de los valores calculados en estudios previos, A : $0,078 m^{1/3}$ a $0,083 m^{1/3}$, y n : $0,647$ a $0,666$ (Lamadrid Acosta, 2005).



Cuadro 15. Parámetros ajustados en Marbella y el número de mediciones de cada perfil.

Perfil	Parámetros de los ajustes		N
	A [m ^{1/3}]	n	
P15 invierno	0,050	0,875	5
P15 verano	0,044	0,865	3
P15 intermedio	0,095	0,695	5
P16 invierno	0,047	0,864	6
P16 verano	0,077	0,741	3
P16 intermedio	0,147	0,609	5
P17 invierno	0,056	0,825	21
P17 intermedio	0,046	0,878	4
P17 verano	0,031	0,904	4
P18 invierno	0,115	0,669	2
P18 intermedio	0,145	0,645	4
			62
Promedio Ponderado			
Invierno	0,057	0,830	
Verano	0,049	0,843	
Intermedio	0,110	0,701	

En el *Cuadro 15*, se estima el promedio ponderado del parámetro de escala A y el exponente n para el sector de playa de Marbella, en cada una de las tres épocas climáticas. Se utilizaron 62 mediciones distribuidas de la siguiente forma a través del sector de playa de Marbella: cinco mediciones del P15 en invierno, tres mediciones del P15 en verano,



cinco mediciones del P15 en intermedio, seis mediciones del P16 en invierno, tres mediciones del P16 en verano, cinco mediciones del P16 en intermedio, 21 mediciones del P17 en invierno, cuatro mediciones del P17 en verano, cuatro mediciones del P17 en intermedio, 20 mediciones del P18 en invierno antes del año 2003, dos mediciones del P18 en verano antes de 2003, dos mediciones del P18 en invierno después de 2003 y cuatro mediciones de P18 después de 2003.

Se determinó que el promedio ponderado del parámetro de escala A y el exponente n para la época de invierno fue de $0,057 \text{ m}^{1/3}$ y $0,830$ respectivamente, para la época de verano fue de $0,048 \text{ m}^{1/3}$ y $0,843$ respectivamente y para la época intermedia fue de $0,110 \text{ m}^{1/3}$ y $0,701$ respectivamente. Los valores ofrecidos de los parámetros en previos estudios son, para el 2005, A : $0,089 \text{ m}^{1/3}$ y n : $0,727$ en invierno y $0,716$ en verano; para el 2012, A : $0,021 \text{ m}^{1/3}$ a $0,19 \text{ m}^{1/3}$ y n : $0,19$ a $1,03$. Comparado con los resultados del primer estudio en mención (Aguilar Collazo & Jiménez Romero, 2005) el valor de A difiere, siendo el caso más semejante el perfil en época intermedia, y los valores de n en invierno y verano son mayores en el actual ajuste, es decir, se habla de perfiles inicialmente más profundos; comparando con los resultados del segundo estudio en mención (Avedaño Camargo & Bonfante Zarza, 2012) es difícil realizar una comparación cuando en este se ofrecen rangos bastante amplios de valores.

Cuadro 16. Parámetros ajustados en La Boquilla y el número de mediciones de cada perfil.

Perfil	Parámetros de los ajustes			N
	$A_d \text{ [m}^{1/3}\text{]}$	$A \text{ [m}^{1/3}\text{]}$	n	
P24	0,035	0,035	1.077	16
BNA2	0,026	0,021	0.977	16
				32
Promedio Ponderado		0,028	1,027	



En el *Cuadro 16* se aprecia el promedio ponderado del parámetro de escala A y del exponente n para el sector de playa de La Boquilla; sin embargo, al existir solo dos perfiles en estudio en esta zona se decidió trabajar cada perfil con su respectivo valor. Se utilizaron 32 mediciones sobre la zona.

Por otro lado, al comparar los valores del parámetro de escala A y el exponente n obtenidos para las playas de Cartagena con los valores obtenidos en anteriores estudios donde se empleó el modelo de Dean (Ver *1.1* y *5.3*) se observa que, respecto al estudio realizado en El Caribe, en las playas de Sint Maarten/St Martin & Curazao, por Boom & Green (1988) las playas locales fueron mucho más llanas y con pendientes más suaves al obtenerse valores de A entre $0,020 \text{ m}^{1/3}$ y $0,070 \text{ m}^{1/3}$ (excepto por el sector de Marbella en época intermedia con valores de $0,110 \text{ m}^{1/3}$), contrario a lo obtenido por los mencionados autores con valores de A entre $0,3 \text{ m}^{1/3}$ y $0,5 \text{ m}^{1/3}$ que representan pendientes bastante elevadas. El Parámetro n en estas playas de El Caribe fue alrededor de 0,5, valor por debajo del rango hallado para Cartagena de 0,75 a 1, resultados que explican playas locales con poca concavidad y de tipo disipativas, contrarias a las playas de elevada concavidad y de tipo reflectivas presentadas por los mencionados autores.

Los valores de A determinados para Cartagena presentaron un poco de similitud con aquellos valores obtenidos por Harshinie Karunarathna et al. (2016) en las playas de la costa de Hasaki, Japón, ubicándose por debajo del valor A igual a $0,092 \text{ m}^{1/3}$ calculado en la mencionada costa, es decir, perfiles con pendientes consideradas llanas o intermedias; además, el exponente n utilizado por Harshinie Karunarathna y otros fue el mismo calculado por Dean, esto es, 0,66 lo que representa playas más cóncavas que las locales.

Existió mayor similitud entre los valores de A obtenidos en las playas locales y aquellos valores ajustados por L. Aragonés et al. (2015) en Valencia, España, que oscilaron en un rango de $0,033 \text{ m}^{1/3}$ a $0,149 \text{ m}^{1/3}$, playas con relación de profundidad-longitud muy semejantes a las playas en Cartagena. En este caso el parámetro de curvatura n también varió en un rango similar a los valores locales, pero sesgándose hacía la condición de mayor concavidad, los valores oscilaron entre 0,605 y 0,836.



Los valores de los parámetros de la ecuación de Dean ajustados a las playas locales también difirieron de aquellos publicados por otros autores, como Zetina et al. (2008), donde para las playas de Yucatán, México, el parámetro de escala A varió entre $0,30 \text{ m}^{1/3}$ y $0,70 \text{ m}^{1/3}$, y el exponente n varió entre $0,20$ y $0,70$ lo cual representan perfiles de muy elevada pendiente, por lo menos al inicio, y completamente cóncavos, cabe anotar que, en el mencionado estudio, el ajuste no fue el esperado. También Tuba Özkan-Haller & Brundidge (2007) al analizar solo el parámetro de escala A en las playas de Dalaware, costa este de Estados Unidos, encontraron que el valor osciló entre $0,27 \text{ m}^{1/3}$ y $0,38 \text{ m}^{1/3}$, valores muy por encima de los calculados en playas locales, presentándose estos perfiles de Dalaware con pendientes empinadas.

Ahora, tomando como punto de partida los promedios ponderados de los parámetros A y n , se plantearon las ecuaciones generales para cada sector de playa y cada época climática. En el caso particular del parámetro de escala A , se recomendaron los valores de K y m de la ecuación general de $A(w)$, propuesta por Dean, que mejor se ajustaran al promedio ponderado de cada sector de playa, esto debido a que no se logró encontrar correlación entre la velocidad de caída y los parámetros de escala A ajustados con SPSS, es decir, no fue posible plantear una ecuación que definiera A en función w .

Teniendo en cuenta que, la ecuación general que describe el parámetro de escala A propuesta por Dean es:

$$A = K * w^m$$

Se estableció que los valores de K y m que mejor se adecúan a las condiciones de cada sector de playa son:

- Bocagrande invierno: $K = 0,90$; $m = 0,66$
- Marbella invierno: $K = 0,83$; $m = 0,66$
- Marbella intermedio: $K = 1,05$; $m = 0,545$
- Marbella verano: $K = 0,81$; $m = 0,66$



- Perfil BNA2 invierno: $K = 0,7; m = 0,66$
- Perfil P24 invierno: $K = 0,51; m = 0,66$

Así, para determinar si las ecuaciones generales planteadas (K y m propuestos, y n ponderado) funcionan mejor que la ecuación tradicional de Dean, se calcularon los errores relativo y estándar con respecto a los datos reales de cada perfil, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 17. Bondad del ajuste usando el $A(K, w, m)$ y n ponderado en cada sector y bondad del ajuste usando el $A(w)$ y el $n (2/3)$ de Dean.

Playa	Perfil	Dean (A_d y $n=2/3$)		Dean por sector		N
		Error Estándar	Error relativo (%)	Error Estándar	Error relativo (%)	
Bocagrande	P6 invierno	1,420	27,45%	0,569	4,41%	4
	P7 invierno	1,345	32,01%	0,369	2,41%	11
	P8 invierno	0,810	3,82%	2,824	46,45%	11
	P9 invierno	0,672	3,76%	1,906	30,26%	12
Marbella	P15 invierno	1,921	40,56%	0,578	3,68%	5
	P16 invierno	1,857	31,43%	0,286	0,75%	6
	P17 invierno	1,495	25,90%	0,361	1,51%	21
	P18 invierno	1,635	21,76%	1,302	13,80%	2
	P15 intermedio	1,733	43,16%	1,567	35,31%	5
	P16 intermedio	0,221	0,56%	0,678	5,25%	5
	P17 intermedio	0,361	1,24%	0,306	0,88%	4
	P18 intermedio	0,864	5,02%	0,545	2,00%	4
	P15 verano	0,612	4,83%	2,597	87,11%	3



Playa	Perfil	Dean (A_d y $n=2/3$)		Dean por sector		N
	P16 verano	1,681	31,47%	0,329	1,20%	3
	P17 verano	1,489	23,72%	0,851	7,87%	4
La Boquilla	P24 invierno	0,616	36,28%	0,120	1,37%	16
	BNA2 invierno	0,789	46,71%	0,210	3,31%	16
Total perfiles						132

En el *Cuadro 17*, se puede observar que, en 13 de los 17 perfiles estudiados, la ecuación general estimada se ajustó mejor a los datos reales que la ecuación tradicional de Dean, es decir, es un 76,5 % más representativa.

El mayor error relativo porcentual obtenido mediante la ecuación potencial estimada, fue en el perfil P15 para época de verano, se presentó un error relativo porcentual de 87,11 %, por otra parte, la ecuación tradicional de Dean, presentó su mayor error en el perfil P15 para época intermedia, con un error de 46,13 %.

El menor error relativo porcentual obtenido mediante la ecuación potencial estimada, fue en el perfil P16 para época intermedia, con un 0,75% de error relativo, por otra parte, la ecuación tradicional de Dean, presentó su menor error en el perfil P16 para época de invierno, con un error de 0,56 %.

A partir del *Cuadro 17* se observa que los perfiles P8 y P9 ajustan mejor con el valor n de Dean que con el valor de n ponderado obtenido para el sector de Bocagrande. El perfil P15 presenta bajo ajuste con los n obtenidos para Marbella tanto en época de verano como época intermedia. El perfil P18 en invierno también presenta bajo ajuste con el n obtenido. A excepción de los casos ya mencionados se recomienda trabajar los perfiles con los valores de n y A obtenidos por sector.



En este sentido, se obtuvieron seis ecuaciones generales de tipo potencial que abarcan los sectores de playa y épocas climáticas estudiadas, las ecuaciones encontradas en este procedimiento son:

1. Para el sector de Bocagrande (excluyendo P8 y P9):

$$y = A * x^{0,77} \quad (\text{Ec. 25})$$

$$K = 0,90; m = 0,66$$

2. Para el sector de Marbella en época de invierno:

$$y = A * x^{0,83} \quad (\text{Ec. 26})$$

$$K = 0,83; m = 0,66$$

3. Para el sector de Marbella en época intermedia:

$$y = A * x^{0,70} \quad (\text{Ec. 27})$$

$$K = 1,05; m = 0,545 \text{ (excluye P15)}$$

4. Para el sector de Marbella en época de verano:

$$y = A * x^{0,84} \quad (\text{Ec. 28})$$

$$K = 0,81; m = 0,66 \text{ (excluye P15)}$$

5. Para el sector de la Boquilla perfil BNA2 en invierno:



$$y = A * x^{0,98} \quad (\text{Ec. 29})$$

$$K = 0,7; m = 0,66$$

6. Para el sector de La Boquilla perfil P24 en invierno:

$$y = A * x^{1,08} \quad (\text{Ec. 30})$$

$$K = 0,51; m = 0,66$$

A efecto que varios perfiles fueron excluidos de las ecuaciones generales por sectores se procedió con el ajuste del modelo alterno seleccionado, el modelo de Bodge.

5.9. AJUSTE AL MODELO ALTERNO: BODGE

Al igual que el caso de Dean, y en vista que varios perfiles no presentaron un buen ajuste a este modelo, se realizó el ajuste de las batimetrías medias a otro modelo de perfil de playa, de tipo exponencial, el modelo de Bodge. Este autor trató de contrastar su modelo con el modelo potencial de Dean, razón por la cual hizo uso en su ajuste de las mismas playas que inicialmente utilizó Dean, sobre la costa este de Estados Unidos; que, como se mostró en el 4.3 presentan características similares a las playas locales, y por tanto, la aplicabilidad del modelo de Bodge, vista desde esa sencilla inspección indica ser válida para Cartagena.

En este caso, SPSS se fundamentó en un ajuste de tipo no lineal, empleando iteraciones para encontrar los mejores valores de los parámetros B y k , que definen al modelo de Bodge en cada caso estudiado (Ver 1.2.7). El *Cuadro 18* condensa los parámetros obtenidos al ajustar los datos reales de cada perfil.



Cuadro 18. Parámetros ajustados al modelo de Bodge.

Playa	Perfil	Parámetros de los ajustes	
		B [m]	k [m^{-1}]
Bocagrande	P6 invierno	46,40	$4,5 \times 10^{-04}$
	P7 invierno	4,54	$8,0 \times 10^{-03}$
	P8 invierno	4,97	$7,0 \times 10^{-03}$
	P9 invierno	4,50	$7,0 \times 10^{-03}$
Marbella	P15 invierno	12,00	$3,0 \times 10^{-03}$
	P16 invierno	6,30	$7,0 \times 10^{-03}$
	P17 invierno	6,40	$5,0 \times 10^{-03}$
	P18 invierno	4,58	$1,0 \times 10^{-02}$
	P15 intermedio	10,96	$2,0 \times 10^{-03}$
	P16 intermedio	5,43	$6,0 \times 10^{-03}$
	P17 intermedio	5,30	$8,0 \times 10^{-03}$
	P18 intermedio	4,99	$1,1 \times 10^{-02}$
	P15 verano	138,60	$1,7 \times 10^{-04}$
	P16 verano	7,23	$4,0 \times 10^{-03}$
	P17 verano	11,43	$2,0 \times 10^{-03}$
	La Boquilla	P24 invierno	NA
BNA2 invierno		10,93	$2,0 \times 10^{-03}$

La columna del parámetro B presenta los valores estimados por SPSS para el coeficiente de la ecuación exponencial característica de cada perfil, siendo este valor muy similar a la



profundidad de cierre según Bodge; de igual forma, la columna del parámetro k presenta los valores de este exponente de la ecuación de Bodge en cada caso.

Los valores de k ajustados variaron en un rango entre $4,5 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$ y $1,0 \times 10^{-2} \text{ m}^{-1}$, los valores de B ajustados variaron en un rango entre 4,54 m y 138,60 m, siendo este último valor totalmente desfasado e indica que, para este perfil, como para el perfil P6, la batimetría a ajustar debería ser más larga, con un punto de corte del perfil menos empinado, es decir, más estable, con tal de hallar un valor más realista de B . Un rango más convincente de B sería para Bocagrande entre 4,5 m y 5 m, para Marbella entre 4,6 m y 7,3 m (Ver desde la *Ilustración 7* hasta la *Ilustración 11*).

El *Cuadro 19* al igual que en el ajuste de Dean muestra la cuantificación del error, utilizando el error relativo, el error estándar y el coeficiente de determinación como parámetros referentes. Los resultados condensados en el cuadro muestran la discrepancia entre la ecuación exponencial ajustada mediante SPSS y los datos reales para cada perfil.

Cuadro 19. Bondad del ajuste del modelo de Bodge en cada caso de estudio.

Perfil	Calidad del ajuste		
	Error Estándar	Error relativo (%)	r^2
P6 invierno	0,101	0,14%	0,994
P7 invierno	0,077	0,07%	0,996
P8 invierno	0,144	0,12%	0,973
P9 invierno	0,116	0,11%	0,987
P15 invierno	0,362	1,44%	0,995
P16 invierno	0,435	1,73%	0,996
P17 invierno	0,103	0,12%	0,998
P18 invierno	0,119	0,12%	0,992



Perfil	Calidad del ajuste		
	Error Estándar	Error relativo (%)	r^2
P15 intermedio	0,384	2,12%	0,987
P16 intermedio	0,172	0,34%	0,987
P17 intermedio	0,061	0,03%	0,998
P18 intermedio	0,079	0,04%	0,997
P15 verano	0,067	0,06%	0,998
P16 verano	0,140	0,22%	0,995
P17 verano	0,110	0,13%	0,996
P24 invierno	NA	NA	NA
BNA2 invierno	0,055	0,23%	0,995

En el *Cuadro 19* se puede observar que el valor más elevado del error relativo fue de 1,73 %, siendo el valor promedio de este error 0,42 %, lo cual indica un ajuste bastante bondadoso para los perfiles modelados con Bodge. En un 100 % de los perfiles estudiados, el coeficiente de determinación de la curva ajustada mediante SPSS fue superior a 0,97, lo cual muestra perfiles bien representados con el mencionado modelo y un ajuste de mayor calidad que la modelación de Dean.

Conociendo los parámetros ajustados y los errores de los ajustes realizados para cada perfil estudiado, se procede a encontrar una ecuación general para cada sector de playa y época climática del año. Para esto, al igual que en el ajuste de Dean, es necesario hacer uso del promedio ponderado.



Cuadro 20. Parámetros ajustados en Bocagrande al modelo de Bodge y número de mediciones en cada caso de estudio.

Perfil	Parámetros de los ajustes		N
	B [m]	k [m ⁻¹]	
P6 invierno	46,40	$4,5 \times 10^{-04}$	4
P7 invierno	4,54	$8,0 \times 10^{-03}$	11
P8 invierno	4,97	$7,0 \times 10^{-03}$	11
P9 invierno	4,50	$7,0 \times 10^{-03}$	12
			38
Prom. Ponderado	4,67	$7,3 \times 10^{-03}$	

En el *Cuadro 20* se observa el promedio ponderado del parámetro B y el exponente k para el sector de playa de Bocagrande, se utilizaron 34 mediciones para el cálculo del promedio, pues, fue excluido de la ponderación el perfil P6 al presentar un valor extremo de B .

Se determinó que el promedio ponderado del parámetro B fue de 4,67 m y del exponente k fue $7,3 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$, para el sector de playa de Bocagrande.

Cuadro 21. Parámetros ajustados en Marbella al modelo de Bodge y número de mediciones en cada caso de estudio.

Perfil	Parámetros de los ajustes		N
	B [m]	k [m ⁻¹]	
P15 invierno	12,00	$3,0 \times 10^{-03}$	5
P15 verano	138,60	$1,7 \times 10^{-04}$	3
P15 intermedio	10,96	$2,0 \times 10^{-03}$	5



Perfil	Parámetros de los ajustes		N
P16 invierno	6,30	$7,0 \times 10^{-03}$	6
P16 verano	7,23	$4,0 \times 10^{-03}$	3
P16 intermedio	5,43	$6,0 \times 10^{-03}$	5
P17 invierno	6,40	$5,0 \times 10^{-03}$	21
P17 intermedio	5,30	$8,0 \times 10^{-03}$	4
P17 verano	11,43	$2,0 \times 10^{-03}$	4
P18 invierno	4,58	$1,0 \times 10^{-02}$	2
P18 intermedio	4,99	$1,1 \times 10^{-02}$	4
			62

Prom. Ponderado		
Invierno	7,09	$5,4 \times 10^{-03}$
Verano	9,63	$2,1 \times 10^{-03}$
Intermedio	6,84	$6,4 \times 10^{-03}$

En el Cuadro 21 se estima el promedio ponderado del parámetro B y el exponente k para el sector de playa de Marbella, en cada una de las tres épocas climáticas. Se utilizaron 34 mediciones del sector en invierno, 18 mediciones para la época intermedia en el sector; y siete mediciones para el verano, pues, fueron excluidas las mediciones del P15 en verano al arrojar un B de 138,60 m.

Se determinó que el promedio ponderado del parámetro B y el exponente k para la época de invierno fue de 7,09 m y $5,4 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ respectivamente, para la época de verano fue de 9,63 m y $2,1 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ respectivamente y para la época intermedia fue de 6,84 m y $6,4 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ respectivamente.



Cuadro 22. Parámetros ajustados en La Boquilla al modelo de Bodge y número de mediciones en cada caso de estudio.

Perfil	Parámetros de los ajustes		N
	B [m]	k [m ⁻¹]	
P24	NA	NA	16
BNA2	10,93	$2,0 \times 10^{-03}$	16
			32

En la el *Cuadro 22* se aprecian los valores del parámetro B y el exponente k para el sector de La Boquilla, debido a su corta longitud y forma casi recta el perfil P24 no pudo ser ajustado al modelo de Bodge, que es basado en iteraciones; se utilizaron entonces 16 mediciones del perfil BNA2.

Por otro lado, al comparar los valores de los parámetros B y k obtenidos en el presente documento, y aquellos valores publicados en anteriores estudios, se puede observar que, para las playas de Cartagena el valor de B varió entre 4,5 m y 9,6 m, encontrándose los valores sesgados hacía los 4,5 m, que, como se ha indicado antes parece ser el valor de profundidad de cierre más usual en la zona de estudio; y el valor del exponente k osciló entre $4,0 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ y $,0 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ considerándose como valores bajos y por tanto perfiles de poca curvatura; en cambio para el caso de las playas de Yucatán, México, los autores Zetina et al. (2008) publicaron valores de B entre 1,02 m y 2,5 m, y valores de k entre $0,033 \text{ m}^{-1}$ y $0,183 \text{ m}^{-1}$, es decir, son perfiles de elevada curvatura, pero de consideración llana. Bodge (1992) al modelar las playas de la costa este de Estados Unidos, mismas playas modeladas por Dean, encontró que el valor de B varió entre 2,6 m y 9,5 m, existiendo excepciones como valores de 60 m, y los valores de k oscilaron entre $3,0 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ y $1,19 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$, es decir, perfiles de poca concavidad, mucho menos cóncavos que los presentados por Dean, aunque hayan sido ajustados en la misma zona.



A partir de los promedios ponderados calculados previamente se obtuvieron las siguientes ecuaciones de Bodge por sector y época estudiada:

1. Para el sector de Bocagrande en época de invierno (excluyendo el P6):

$$y = 4,67(1 - e^{-7.3*10^{-3}*x}) \quad (\text{Ec. 31})$$

1. Para el sector de Marbella en época de invierno:

$$y = 7,09(1 - e^{-5.4*10^{-3}*x}) \quad (\text{Ec. 32})$$

2. Para el sector de Marbella en época de verano (excluyendo el P15):

$$y = 9,63(1 - e^{-2.1*10^{-3}*x}) \quad (\text{Ec. 33})$$

3. Para el sector de Marbella en época intermedia:

$$y = 6,84(1 - e^{-6.4*10^{-3}*x}) \quad (\text{Ec. 34})$$

4. Para el sector de La Boquilla en invierno perfil BNA2:

$$y = 10,93(1 - e^{-2.0*10^{-3}*x}) \quad (\text{Ec. 35})$$

Por último, para verificar la bondad de ajuste de las ecuaciones planteadas por sectores, compuestas por los parámetros B y k promediados en cada playa, se calcularon los errores relativo y estándar con respecto a los datos reales de cada perfil. Se obtuvieron los siguientes resultados:



Cuadro 23. Bondad del ajuste del modelo de Bodge usando valores ponderados por sector de los parámetros B y k .

Playa	Perfil	Error Estándar	Error relativo (%)
Bocagrande	P6 invierno	0,101	0,14%
	P7 invierno	0,077	0,11%
	P8 invierno	0,279	0,45%
	P9 invierno	0,235	0,46%
Marbella	P15 invierno	0,173	0,33%
	P16 invierno	0,305	0,85%
	P17 invierno	0,372	1,60%
	P18 invierno	0,728	4,32%
	P15 intermedio	0,816	9,58%
	P16 intermedio	0,856	8,37%
	P17 intermedio	0,481	2,19%
	P18 intermedio	0,583	2,28%
	P15 verano	0,067	0,06%
	P16 verano	0,658	4,82%
P17 verano	0,379	1,56%	
La Boquilla	P24 invierno	NA	NA
	BNA2 invierno	0,055	0,23%

Del *Cuadro 23* se observa que el mayor error relativo porcentual obtenido mediante las ecuaciones exponenciales estimadas, fue en el perfil P15 para época intermedia, se presentó un error relativo porcentual de 9,58 %, por otra parte, el menor error relativo fue en el mismo perfil para la época de verano, con un valor del 0,06 %.



En general para Bocagrande en invierno el mayor error relativo usando la ecuación de Bodge fue 0,46 %, en Marbella durante el invierno el valor más elevado fue de 4,32 %, para la época intermedia fue el ya mencionado 9,58 %, y para los perfiles de verano en este sector fue de 4,82 %.

5.10. SÍNTESIS DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos en este y el anterior ítem se ha obtenido un compendio de ecuaciones para modelar cada perfil y cada sector, algunos perfiles ajustaron bien con el modelo de Dean pero muchos más ajustaron con el modelo de Bodge.

Cuadro 24. Parámetros de ecuaciones de Dean y Bodge en playas estudiadas.

Perfil	Dean ($y = Ax^n$)				Bodge [$y = B(1 - e^{-kx})$]		
	$A = Kw^m, [m^{1/3}]$		n	ϵ (%)	B, [m]	K, [m^{-1}]	ϵ (%)
	K	m					
P6 invierno	0,90	0,66	0,77	4,5	46,4	$4,5 \times 10^{-4}$	0,2
P7 invierno							
P8 invierno	A= 0,100		0,65	3,3	4,67	$7,3 \times 10^{-3}$	0,4
P9 invierno	A= 0,038		0,81	3,9			
P15 invierno	0,83	0,66	0,83	5,0	7,04	$5,4 \times 10^{-3}$	1,8
P16 invierno							
P17 invierno							
P18 invierno							
P15 intermedio	A= 0,095		0,70	0,8	6,84	$6,4 \times 10^{-3}$	2,2
P16 intermedio	1,05	0,545		2,8			4,3
P17 intermedio							



Perfil	Dean ($y = Ax^n$)			Bodge [$y = B(1 - e^{-kx})$]			
	$A = Kw^m, [m^{1/3}]$		n	ϵ (%)	B, [m]	K, [m^{-1}]	ϵ (%)
P18 intermedio							
P15 verano	A= 0,044		0,84	0,6	138,6	$1,7 \times 10^{-4}$	0,1
P16 verano	0,81	0,66		4,6	9,63	$2,1 \times 10^{-3}$	3,2
P17 verano							
BNA2 invierno	0,70	0,66	0,98	0,3	10,93	$2,0 \times 10^{-3}$	0,3
P24 invierno	0,51		1,08	1,4	NA	NA	NA

De la anterior tabla se puede inferir que para los sectores de Bocagrande en época de invierno, Marbella en época de invierno y verano, conviene utilizar las ecuaciones ajustadas al modelo de Bodge. Para los sectores de Marbella en época intermedia y La Boquilla en invierno, conviene utilizar las ecuaciones ajustadas al modelo de Dean; sin embargo, en este último sector por su naturaleza ondulada conviene analizar con otro modelo distinto a los dos aquí mencionados.

Como resumen del título de análisis de resultados, se tiene que:

Mediante la comparación entre las condiciones de las playas locales y los supuestos o condiciones de playas donde se ha ajustado o implementado la ecuación de Dean, se pudo observar que, existe similitud entre las características sedimentológicas e hidrodinámicas de dos sectores de playa estudiados en Cartagena (Bocagrande y Marbella) y las playas para las cuales fue ajustado el modelo de Dean, playas de La Florida, esto es, diámetros de grano del suelo alrededor de 0,20 mm, profundidades de cierre cercanas a los 4 m, olas con rotura tipo spilling (descrestamiento). Por otro lado, no hay similitud en la geomorfología de las playas del sector La Boquilla y las playas ajustadas por Dean, de igual forma, no puede ser ajustado adecuadamente este sector con el mencionado modelo al presentarse barras arenosas en la zona, una de las limitaciones del modelo de Dean.



Las ecuaciones generales planteadas con el modelo de Dean para cada sector de playa en este estudio, describen adecuadamente un gran porcentaje de los perfiles medidos en campo en comparación con la ecuación tradicional de Dean, describen un 76,5 % de los perfiles medidos. Existieron perfiles que arrojaron errores de ajuste muy bajos al usar estas ecuaciones por sector, el 71 % de los perfiles ajustados con este modelo presentaron errores relativos porcentuales inferiores al 10 %; sin embargo, en otros perfiles no fue el caso, razón que justificó la aplicación del modelo alterno de Bodge.

Para las playas del sector de Bocagrande, donde se trabajaron cuatro perfiles en época de invierno, se encontró que el exponente n que mejor ajusta a las condiciones de estas playas es de 0,77, por tanto, se puede concluir que las playas de Bocagrande son menos cóncavas de lo que se plantea en la ecuación de Dean, presentando una desviación de 0,11 respecto al valor original de 0,66. Resultando perfiles ajustados menos cóncavos que aquellos modelados previamente, n desde 0,647 a 0,666 (Lamadrid Acosta, 2005).

En las playas de Marbella se estudiaron las tres épocas climáticas, estas son invierno, verano e intermedio. A su vez, se encontró que los exponentes n que mejor ajustan las condiciones de estas playas en invierno, verano e intermedio, son de 0,83, 0,82 y 0,70, respectivamente, siendo estas playas en invierno menos cóncavas que las de Bocagrande. Los ajustes realizados en estudios anteriores en este sector arrojaron valores de n alrededor de 0,72, lo que indica perfiles cuya curva de ajuste es un poco más cóncavos que los señalados para invierno y verano en este estudio (Aguilar Collazo & Jiménez Romero, 2005).

Teniendo en cuenta que en el sector de La Boquilla solo se trabajaron dos perfiles, no se consideró entonces como una muestra representativa para determinar una ecuación general en el sector de playa, donde, además, los perfiles están geográficamente distantes, fue preferible analizar cada perfil por separado. En consecuencia, se encontró que los exponentes n que mejor ajustan las condiciones de los perfiles P24 y BNA2 son 1,077 y 0,977, respectivamente.



Se esperaba que los perfiles del sector de playa de La Boquilla derivaran en una ecuación que definiera perfiles de mayor concavidad y menor pendiente, debido a las condiciones sedimentológicas conocidas; sin embargo, en este sector se obtuvieron las ecuaciones que mayor pendiente y menor concavidad representaban. Esto se puede explicar pues los perfiles modelados fueron considerablemente cortos, con longitudes menores a 100 m; donde es bien conocido que los perfiles tienden a ser más inclinados en su tramo inicial, así, con perfiles tan cortos no es posible medir realmente la pendiente media y concavidad en la zona.

Respecto al parámetro de escala A , se descartó la posibilidad de ajustar una ecuación de este parámetro en función del tamaño del sedimento, debido a que el análisis de correlaciones enfocado en la relación entre el parámetro de escala A y la velocidad de caída w , determinó correlaciones no significativas en la mayoría de los sectores, en este sentido, no era posible realizar un ajuste de la forma $A(w)$.

Por lo anterior, se utilizó la ecuación general de $A(w)$ planteada por Dean, por el tamaño significativo de datos que empleó el autor en el ajuste de esta función, que además cobijó tamaños de grano alrededor de 0,2 mm y condiciones de oleaje similares a las de Cartagena; asimismo, se optó por acotar y recomendar para cada sector de estudio los valores de los parámetros K y m de la ecuación $A(w)$ que mejor ajustan al valor promedio de A obtenido en el ajuste de cada sector de playa. Se encontró que para el sector de Bocagrande en invierno, los valores de K y m recomendados son 0,96 y 0,66 (no aplica para el P8 y P9), respectivamente. En el caso del sector de playa de Marbella, se recomendaron los valores de K y m para cada época climática, por ende, los valores obtenidos para cada caso fueron 0,81 y 0,66 para verano (no aplica para P15), 1,05 y 0,545 para intermedio (no aplica para P15) y 0,83 y 0,66 para invierno. Los perfiles excluidos para ser representados con los valores de K y m mencionados, debido a su morfología totalmente diferentes al resto de perfiles en la zona son representados en el modelo de Dean con los valores de A ajustados individualmente.



Al comparar los valores medios de A determinados en este estudio para el sector de Bocagrande en época de invierno, alrededor de $0,061 \text{ m}^{1/3}$, indican perfiles con una menor relación profundidad-longitud que aquellos estudios realizados anteriormente, con valores de A desde $0,078 \text{ m}^{1/3}$ a $0,083 \text{ m}^{1/3}$ (Lamadrid Acosta, 2005). Para el sector de Marbella en época de invierno y verano los valores promedios de A , $0,057 \text{ m}^{1/3}$ y $0,048 \text{ m}^{1/3}$ respectivamente, indican también perfiles con relación profundidad-longitud menores a las calculadas en estudios del 2005, con A alrededor de $0,089 \text{ m}^{1/3}$ (Aguilar Collazo & Jiménez Romero, 2005).

En el ajuste de los perfiles al modelo de Bodge, se halló que el 76 % de los perfiles estudiados presentaron errores relativos menores al 0,5 %, el resto de perfiles obtuvieron errores relativos menores al 2,5 %. Para el sector de playas de Bocagrande, el exponente k promedio fue de $7,3 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ y el valor de B fue 4,67 m, valores que no aplican para el perfil P6.

En las playas de Marbella, se encontró que los exponentes k que mejor ajustan las condiciones de estas playas en invierno, verano e intermedio, son de $5,4 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$, $2,1 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ y $6,4 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$, respectivamente. El valor de k describe la concavidad del perfil; al obtenerse valor de k mayores en Bocagrande que en Marbella, se concluye, al igual que en el ajuste al modelo de Dean, que el primer sector mencionado presenta forma más cóncava que el segundo sector en mención.

Los valores del parámetro de proporcionalidad B en Marbella fueron, para invierno, verano e intermedio, 7,09 m, 9,63 m y 6,84 m respectivamente. Estos valores son mayores a los obtenidos en Bocagrande, lo que representa mayores profundidades de cierre. Los valores anteriores no aplican para representar el perfil P15 en verano, el cual debe ser representado individualmente a causa de su forma en demasía recta.

En el sector de La Boquilla solo se logró representar un perfil con el modelo de Bodge, el perfil BNA2 en invierno, con un B de 10,93 m y un valor del exponente k de $2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$. El perfil P24 no fue ajustado por el software, al no ser lo suficientemente largo o tener un



número reducido de puntos batimétricos el software SPSS no logró completar el número necesario de iteraciones para completar la regresión no lineal.

A continuación, se presenta de forma gráfica la curva de ajuste individual de cada modelo, Dean y Bodge, frente a la curva del perfil medio medido en cada sector en cada época estudiada. (Ver desde la *Ilustración 7* hasta la *Ilustración 11*)



Ilustración 7. Perfil medido medio versus perfiles ajustados para Bocagrande en invierno.

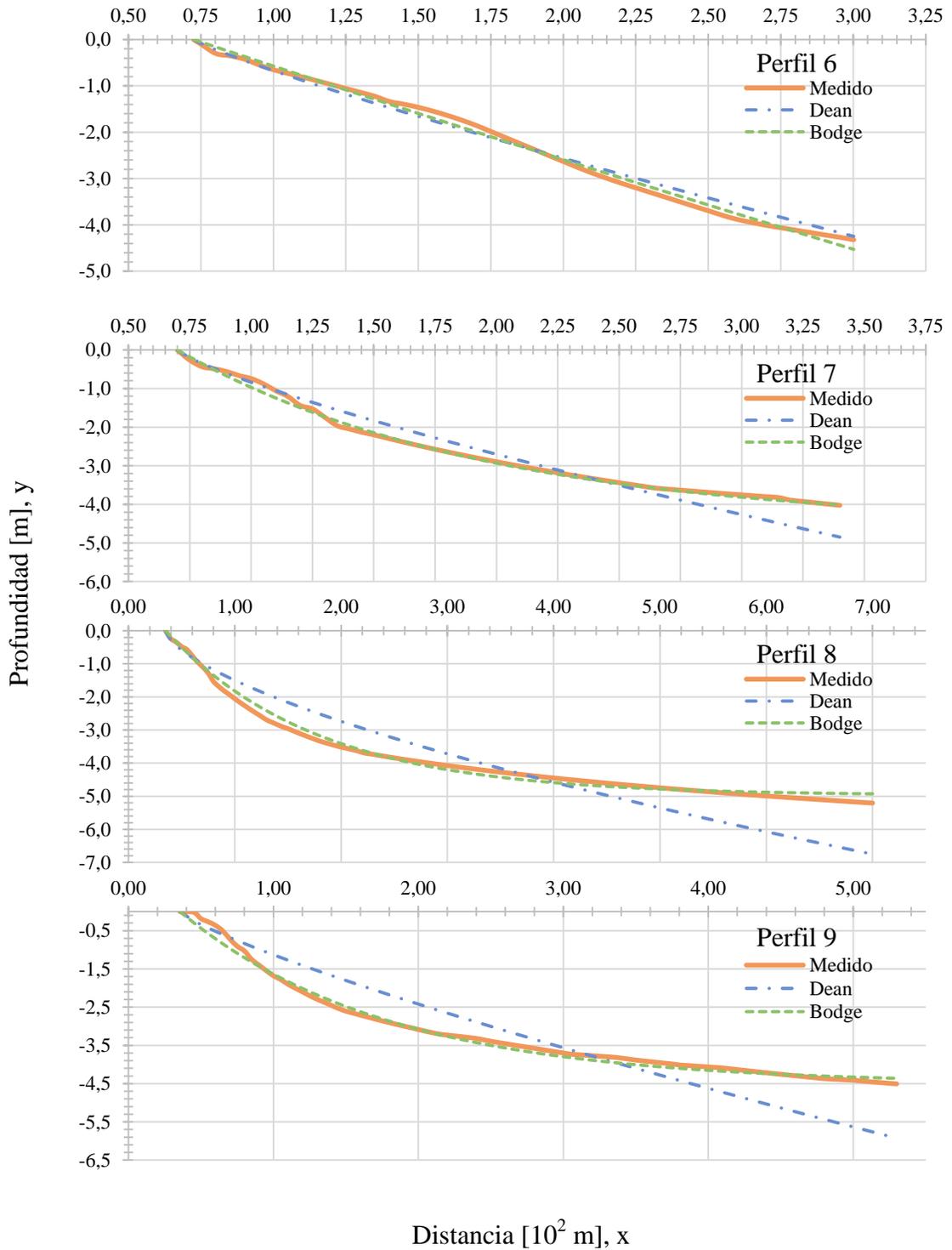




Ilustración 8. Perfil medido medio versus perfiles ajustados para Marbella en invierno.

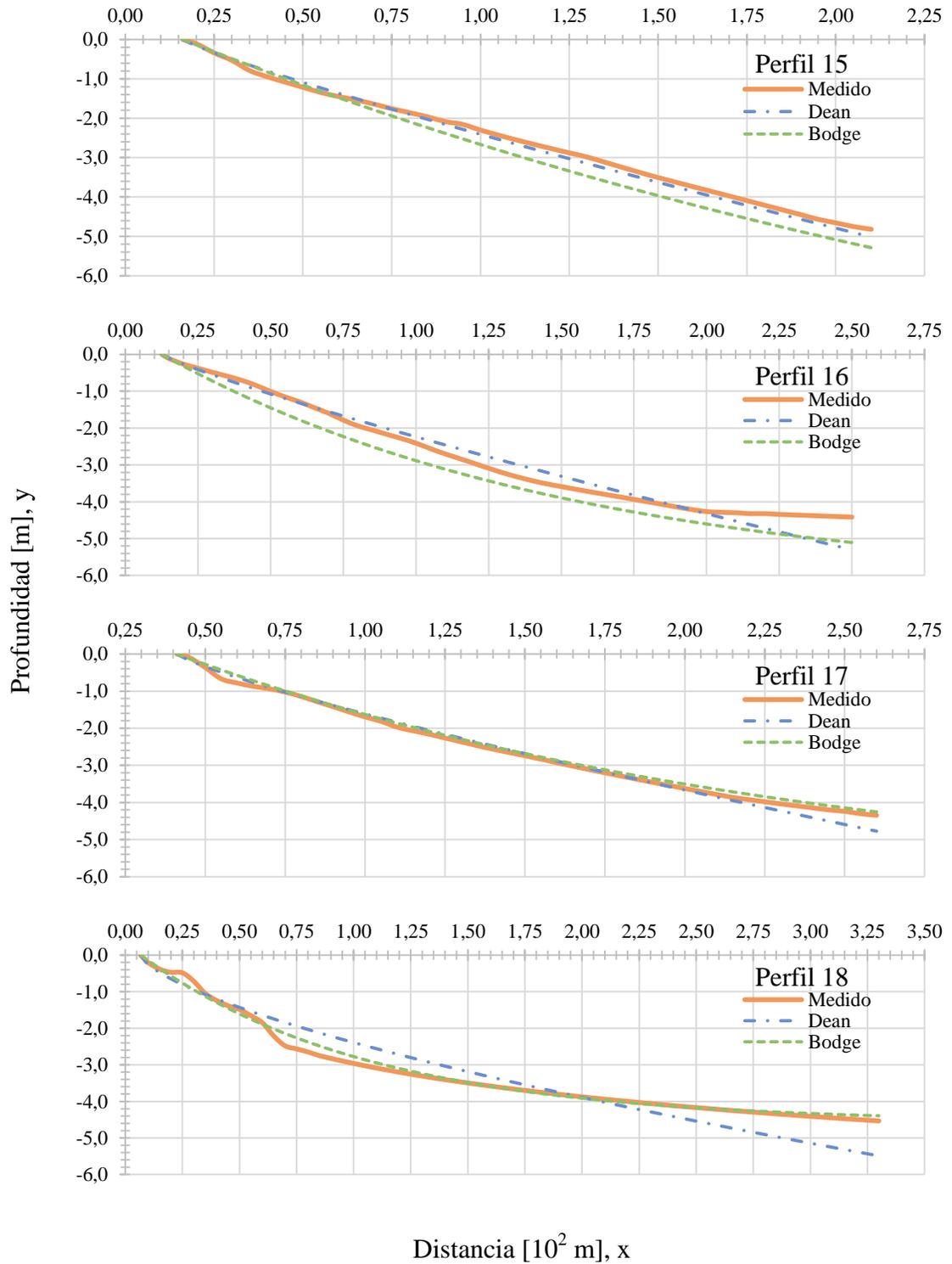




Ilustración 9. Perfil medido medio versus perfiles ajustados para Marbella-intermedio.

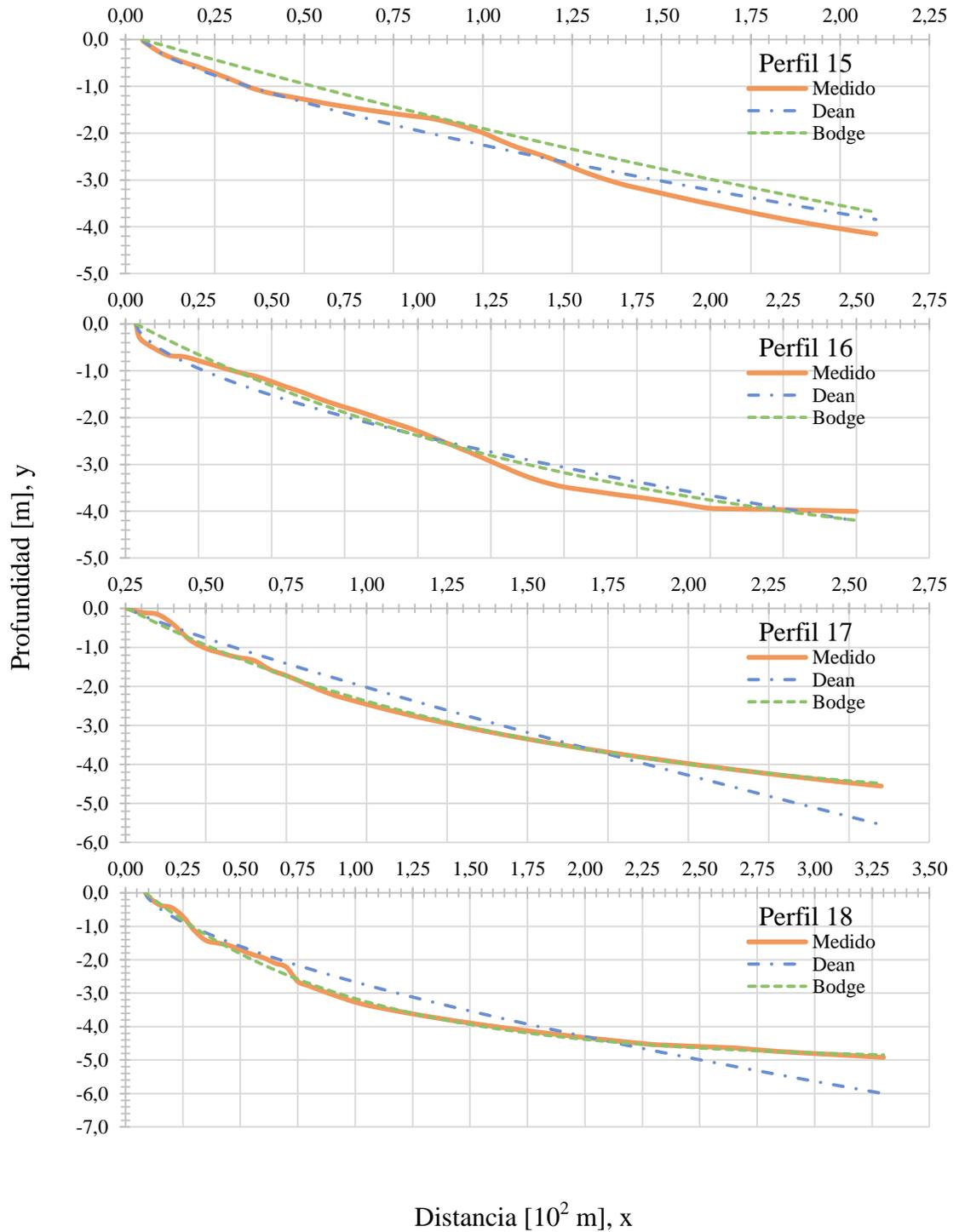




Ilustración 10. Perfil medido medio versus perfiles ajustados para Marbella en verano.

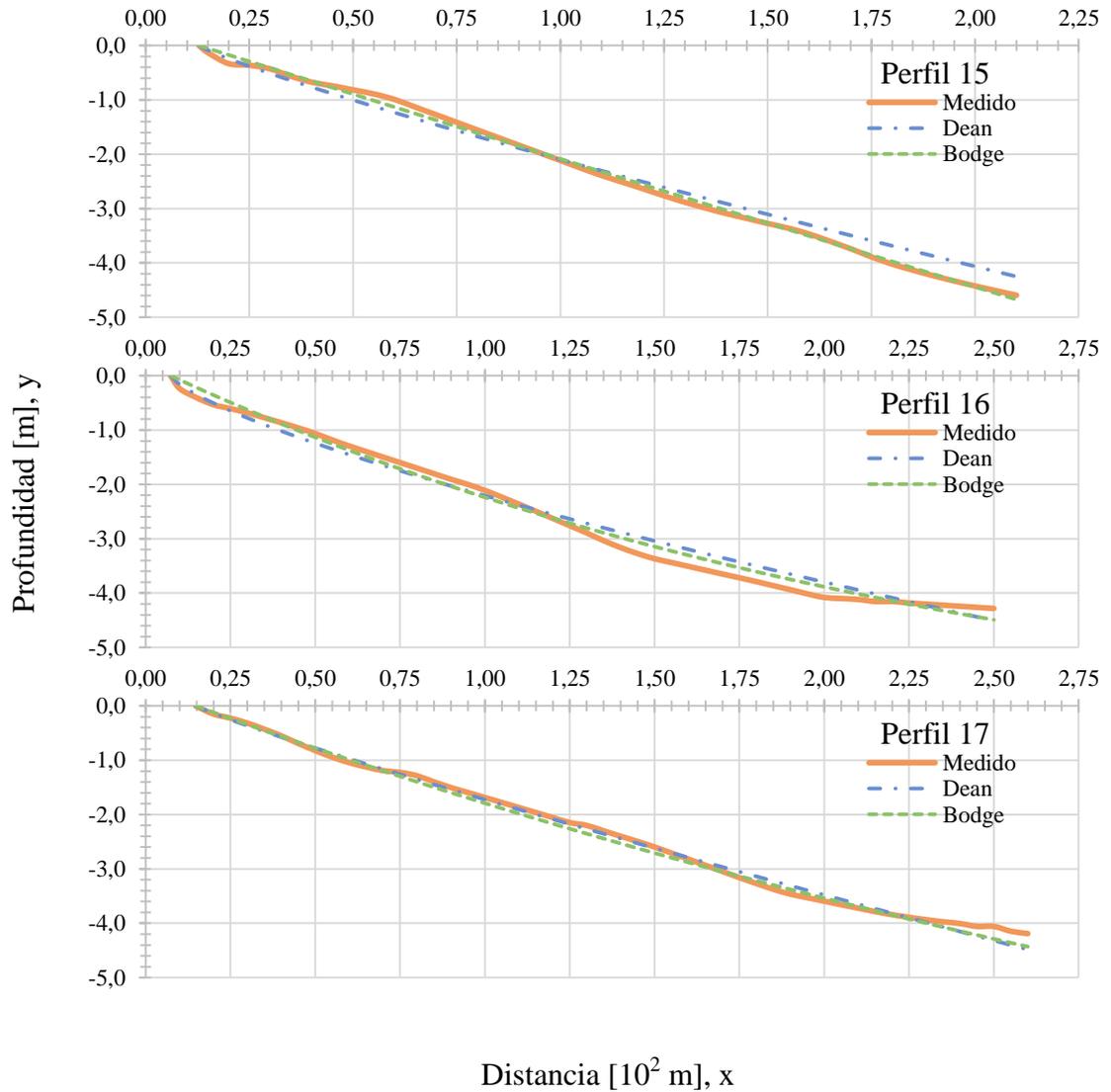
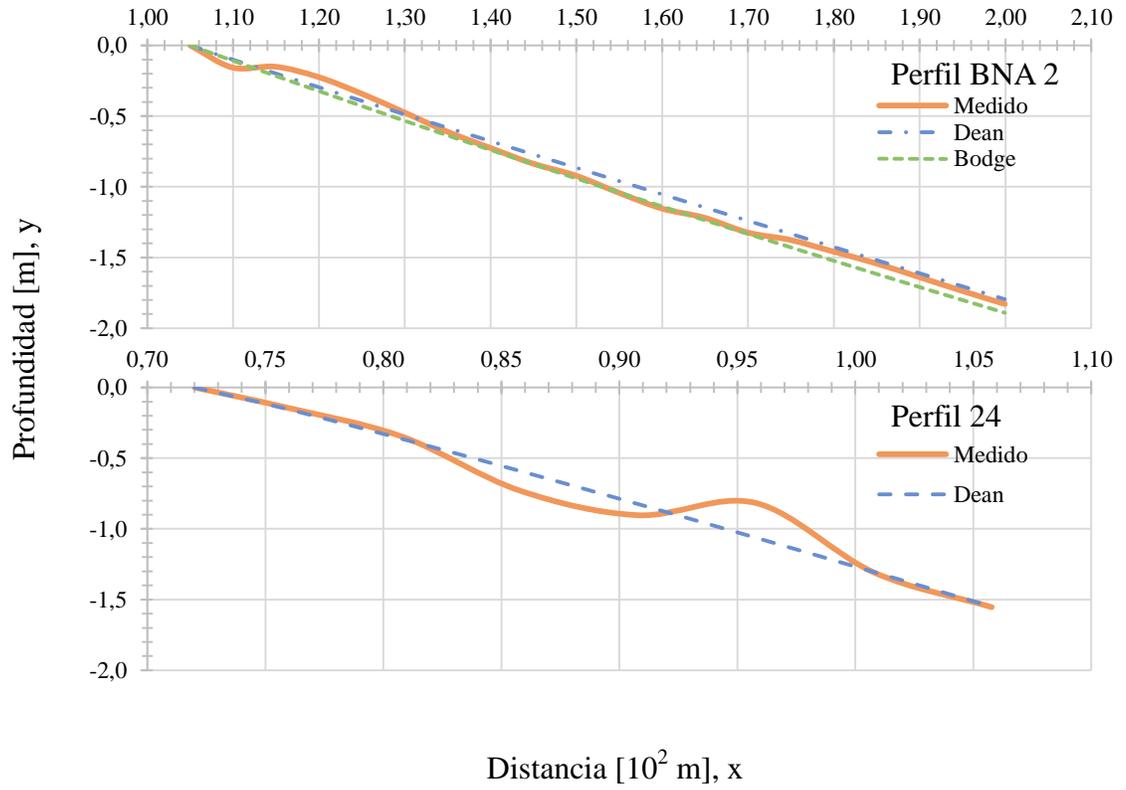




Ilustración 11. Perfil medido medio versus perfiles ajustados para La Boquilla en invierno.





6. CONCLUSIONES

Mediante la comparación entre las condiciones sedimentológicas e hidrodinámicas de los perfiles de playas locales (diámetro de la partícula, profundidad de cierre y tipo de rotura del oleaje) y los supuestos o condiciones donde se ha ajustado o implementado la ecuación de perfil de equilibrio de Dean, se pudo concluir que existe mucha similitud en dos sectores de playa de Cartagena: en Bocagrande y Marbella.

Los perfiles localizados en la Boquilla no presentaron similitudes con el modelo de Dean, por presentar barras y por tanto, no se ajustaron adecuadamente con este modelo.

Se determinaron los parámetros de ajuste de los perfiles de playa por sectores. Para el sector de playas de Bocagrande se encontró que el exponente n que mejor ajusta a las condiciones de estas playas es de 0,77, presentando una diferencia de 0,11 respecto al valor original de 0,66 de Dean, indicando que las playas de Bocagrande son menos cóncavas de lo que se plantea con la ecuación teórica.

Este valor de n igual a 0.77, también difiere de resultados de estudios anteriores realizados para este sector de Cartagena, donde se determinó su valor entre 0,65 a 0,67 (Lamadrid Acosta, 2005).

Para las playas de Marbella dado el número de datos disponibles, fue posible encontrar resultados estudiando las tres épocas climáticas, de invierno, verano e intermedia, encontrándose que los valores del exponente n que mejor ajustan las condiciones de estas playas son 0,83, para invierno y 0,70, para intermedia, respectivamente, siendo estas playas en invierno (época de lluvias) menos cóncavas que las de Bocagrande.

Comparando los ajustes realizados en estudios anteriores con los resultados de este estudio en este sector de playas, se encontraron valores de n alrededor de 0,72, lo que indica perfiles cuya curva de ajuste es un poco más cóncava que lo encontrado para los perfiles de invierno y ligeramente menos que para el perfil de época intermedia, teniendo en cuenta



que en ese estudio no se separaron las épocas del año (Aguilar Collazo & Jiménez Romero, 2005).

Teniendo en cuenta que en el sector de La Boquilla solo se trabajaron dos perfiles, no se consideró entonces como una muestra representativa para determinar una ecuación general en este sector de playa, donde, además, los perfiles están geográficamente distantes y por tanto, se analizó cada perfil por separado. Se encontró que los exponentes n que mejor ajustan las condiciones de los perfiles P24 y BNA2 son 1,077 y 0,977, respectivamente, indicando que en la zona de La Boquilla, los perfiles son mucho menos cóncavos que los de los sectores Bocagrande y Marbella, lo que coincide con las pendientes topográficas encontradas en estos perfiles (menores de 1%) y reportadas en estudios anteriores (Moreno y otros, 2006).

Las ecuaciones generales ajustadas al modelo de Dean para cada sector de playa en este estudio, describen adecuadamente un 71 % de los perfiles medidos en campo en comparación con los exponentes n de la ecuación tradicional de Dean, con errores menores al 10%, en la mayoría de los casos.

Respecto al parámetro de escala A , se descartó la posibilidad de ajustar una ecuación de este parámetro en función del tamaño del sedimento, debido a que el análisis de correlaciones enfocado en la relación entre el parámetro de escala A y la velocidad de caída del grano w , determinó correlaciones no significativas en la mayoría de los sectores; en este sentido, no era posible realizar un ajuste de la forma $A(w)$. Por lo anterior, se concluyó que era recomendable utilizar de manera acotada los parámetros de la ecuación general de $A(w)$ planteada por Dean.

En el ajuste de los perfiles al modelo de Bodge, se halló que el 76 % de los perfiles estudiados presentaron errores relativos menores al 0,5 %, y en el resto de perfiles se obtuvieron errores relativos menores al 2,5 %; sin embargo, los valores hallados para los parámetros k y B , no aplicaron para algunos perfiles, como en el caso de Bocagrande con el perfil P6, en Marbella con el perfil P15 y en La Boquilla con el perfil P24.



El valor de k , en el modelo de Bodge describe la concavidad del perfil; al obtenerse valores de k mayores en Bocagrande ($k=7,3 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$) que en Marbella ($k=5,4 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$), se concluye, al igual que en el ajuste hecho al modelo de Dean, que el primer sector mencionado presenta formas más cóncavas en los perfiles que el segundo sector en mención.

El valor promedio del parámetro de proporcionalidad B encontrado en Marbella para las diferentes épocas del año ($B=7,86 \text{ m}$), fue mayor a los obtenidos en Bocagrande ($B=4,67 \text{ m}$), lo que representa mayores profundidades de cierre en estos perfiles.

En el sector de La Boquilla solo se logró representar un perfil con el modelo de Bodge, el perfil BNA2 en invierno, con un B de $10,93 \text{ m}$ y un valor del exponente k de $2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$.

Las ecuaciones planteadas en este proyecto son apropiadas para el diseño de soluciones adecuadas para proteger las costas por ejemplo frente a procesos erosivos, considerando que son ecuaciones de mayor precisión que las utilizadas con el modelo de Dean tradicional, siempre y cuando se analicen correctamente las variables incidentes desde los aspectos hidrodinámicos y geomorfológicos de las playas.



7. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos y las conclusiones establecidas se realizan las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas con el ajuste de la ecuación de perfil de equilibrio en zonas costeras de Cartagena:

- Recopilación de información de campo actualizada y organizada, referente a las condiciones geomorfológicas, hidrodinámicas y climáticas de los sectores de playa a estudiar, esto con el fin de lograr un ajuste que represente con mayor precisión estas condiciones.
- Proponer una ecuación general que relacione las condiciones sedimentológicas o hidrodinámicas de los sectores de playa estudiados, con los parámetros de los modelos exponenciales de perfil de equilibrio.
- Proponer o implementar modelos alternativos de perfil de equilibrio para ajustar los perfiles de playa de los sectores donde existe la presencia de barras, como es el caso particular del sector de La Boquilla. Un modelo adecuado para trabajar este tipo de perfiles podría ser el modelo de Inman (1993).
- Modelación a escala de laboratorio de las condiciones geomorfológicas y sedimentológicas de las playas en estudio para analizar el comportamiento del perfil de equilibrio, permitiendo obtener datos experimentales que corroboren los modelos teóricos planteados.
- Realizar modelación mediante softwares enfocados en el análisis de perfiles de playa, esto con el fin de realizar comparaciones mucho más detalladas entre los diferentes modelos de perfil de equilibrio planteados.
- Utilizar diferentes softwares estadísticos, tales como Stata o Matlab, que permitan realizar los ajustes de los diferentes modelos de perfil de equilibrio estudiados, y a su vez, genere una mayor cantidad de información que encamine hacia un análisis más profundo de los ajustes realizados.



8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Collazo, R. D., & Jiménez Romero, M. M. (2005). *Clasificación geomorfológica y análisis de la variación espacial y temporal de las playas de Cartagena: Sector Punta Santo Domingo hasta la playa sur de La Bocana*. Cartagena de Indias D. T. y C.: Universidad de Cartagena.
- Aragónés, L., Villacampa, Y., Navarro-González, F. J., & López, I. (2016). Numerical modelling of the equilibrium profile in Valencia (Spain). *Ocean engineering*, 123, 164-173. doi:10.1016/j.oceaneng.2016.07.036
- Avedaño Camargo, C. L., & Bonfante Zarza, N. P. (2012). *Clasificación geomorfológica y análisis de la variación espacial y temporal de las playas de Cartagena: sector Marbella*. Cartagena de Indias, D. T. y C.: Universidad de Cartagena.
- Bodge, K. R. (1992). Representing equilibrium beach profile with an exponential expression. *Journal of Coastal Research*, 47-55.
- Boom, J. D., & Green, M. O. (1988). Caribbean beach-face slopes and beach equilibrium profiles. (B. L. Edge, Ed.) *Coastal Engineering*, 1618-1630. doi:10.1061/9780872626874.121
- Brunn, P. (1954). *Coast erosion and the development of beach profiles*. Washington: U.S. Beach Erosion Board.
- Bula Jiménez, M. M., & Medoza Vergara, M. (2013). *Comportamiento de los perfiles de playa por efecto de las estructuras costeras. Caso de estudio sector Bocagrande en el tramo comprendido entre las calles 3 Y 6*. Cartagena de Indias D. T. y C.: Universidad de Cartagena.
- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2007). *Métodos numéricos para ingenieros*. Rumford, E.E.U.U.: McGraw-Hill.



- Contreras García, J. M., Molina Portillo, E., & Arteaga Cezón, P. (2010). *Introducción a la programación estadística con R para profesores*. España.
- Dean, R. G. (1991). Equilibrium beach profile: Characteristics and applications. *Journal of Coastal Research*, 53-84.
- Dean, R. G., & Dalrymple, R. A. (2004). *Coastal processes with engineering applications*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Del Valle Morales, J., Silva Casarín, R., & Mendoza Baldwin, E. G. (2012). Una metodología para medir la velocidad de caída de granos de arena con equipo óptico. *XXII Congreso Nacional De Hidráulica*. Acapulco: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dolan, R., Hayden, P., & Felder, W. (1977). Systematic variations in inshore bathymetry. *The journal of Geology*, 85(2).
- Hair, J., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1999). *Análisis multivariante*. Madrid : Printice Hall Iberia.
- Kamphuis, J. W. (2010). *Introduction to Coastal Engineering and Management, 2a edición* (Vol. 30). Kingstone, Canadá: World Scientific.
- Karunarithna, H., Horrillo-Caraballo, J., Kuriyama, Y., Mase, H., Ranasinghe, R., & Reeve, D. (2016). Linkages between sediment composition, wave climate and beach profile variability at multiple timescales. *Marine Geology*, 194-208.
- Kholostyakov, R. (2010). *Estudio sobre la variabilidad de la temperatura superficial del mar en el Caribe Colombiano*. Bogotá: IDEAM.
- Komar, P. D., & McDougal, W. G. (1994). The analysis of exponential beach profiles. *Journal of Coastal Research*, 59-69.



- Kriebel, D. L., Kraus, N. C., & Larson, M. (1991). Engineering methods for predicting beach. *Coastal Sediments*, 557-571.
- Lamadrid Acosta, R. E. (2005). *Clasificación geomorfológica y análisis de los perfiles en los sectores Castillogrande - Laguito y Bocagrande*. Cartagena de Indias D. T. y C.: Universidad de Cartagena.
- Maza Figueroa, J. D., & Rangel Fajardo, T. (2015). *Estudio de perfiles para la determinación de estados modales de playa en el sector La Boquilla en la ciudad de Cartagena de Indias*. Cartagena de Indias D., T. y C.: Universidad de Cartagena.
- Medina, R., Vidal, C., González, M., Bernabeu, A. M., & Galofré, J. (2001). Modelado de la morfodinamica de playas por medio de formulaciones de «Equilibrio». *Física de la Tierra*, 95-117.
- Moore, D. S. (2005). *Estadística aplicada básica*. Madrid, España: ANTONI BOSCH.
- Moreno Egel, D. (2003). *Evaluación de los procesos costeros en Cartagena desde El Laguito hasta La Boquilla*. Cartagena de Indias: COLCIENCIAS. Universidad de Cartagena.
- Moreno Egel, D. (2010). Notas de clase del curso Hidráulica de Costas. (D. Moreno Egel, Ed.) Cartagena de Indias D. T. y C., Bolívar, Colombia: Universidad de Cartagena. Programa de Ingeniería Civil.
- Moreno Egel, D., Agámez, M., Castro, E., & Voulgaris, G. (2004). Beach Morphology and Coastal Protection along Headland Bays in Cartagena de Indias, Colombia. *Journal of Coastal Research*, 1658-1664.
- Olea Suárez, O. B., & Santos Oviedo, D. (2005). *Clasificación geomorfológica y análisis de la variación espacial y temporal de las barras presentes en los perfiles de las*



playas de Cartagena en el sector Bocana Norte a Punta Icacos. Cartagena de Indias D. T. y C.: Universidad de Cartagena.

Özkan-Haller, H., & Brundidge, S. (2007). Equilibrium beach profile concept for Delaware beaches. *Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering*, 147-160. doi:10.1061/(ASCE)0733-950X(2007)133:2(147)

Pérez López, C. (2001). *Técnicas estadísticas con SPSS*. Madrid: Pearson Educación S.A.

Pérez López, C. (2004). *Técnicas de análisis multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS*. Madrid: Pearson Educación S.A.

Petroni, R. V. (2005). *Hidráulica Marítima y de Estuarios*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Dunken.

Türker, U., & Kabdasli, M. S. (2004). The effects of sediment characteristics and wave height on shape-parameter for representing equilibrium beach profiles. *Ocean Engineering*, 281–291. doi:10.1016/j.oceaneng.2004.12.016

Zetina M., C. E., Sánchez, P. I., Osorio, R. H., Mariño, T. I., Castillo Ch., R. J., & Cauich T., J. C. (2008). Análisis de modelos de perfil de playa en equilibrio aplicados a una playa de Yucatán, México. *Ingeniería*, 12(3), 15-31. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46712302>



ANEXOS

Anexo 1. Batimetrías perfil P6 época de invierno.

Abscisa	Cota			
	1/8/01	1/10/01	1/11/01	1/10/02
0	1,26	1,26	1,26	1,26
5	1,29	1,37	1,42	0,80
10	1,24	1,35	1,40	0,78
15	1,04	1,13	1,05	0,42
20	0,88	0,94	0,80	0,18
25	0,75	0,78	0,71	0,08
30	0,67	0,68	0,66	0,03
35	0,68	0,69	0,68	0,05
40	0,68	0,68	0,68	0,06
45	0,66	0,67	0,65	0,03
50	0,64	0,66	0,65	0,03
55	0,65	0,65	0,79	0,16
60	0,63	0,64	0,75	0,12
65	0,64	0,64	0,46	-0,17
70	0,51	0,61	0,17	-0,45
75	0,08	0,57	-0,17	-0,79
80	-0,19	0,45	-0,37	-1,00
85	-0,21	0,23	-0,36	-0,98
90	-0,24	-0,01	-0,38	-1,01
95	-0,30	-0,31	-0,46	-1,09
100	-0,37	-0,52	-0,54	-1,17
105	-0,46	-0,58	-0,62	-1,25
110	-0,55	-0,65	-0,70	-1,33
115	-0,66	-0,71	-0,78	-1,41
120	-0,77	-0,78	-0,86	-1,49
125	-0,88	-0,85	-0,94	-1,57
130	-1,00	-0,91	-1,02	-1,65
135	-1,12	-0,98	-1,10	-1,73
140	-1,19	-1,05	-1,18	-1,95
145	-1,18	-1,11	-1,26	-2,05
150	-1,21	-1,18	-1,34	-2,15



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota			
	1/8/01	1/10/01	1/11/01	1/10/02
155	-1,31	-1,24	-1,42	-2,24
160	-1,43	-1,31	-1,51	-2,34
165	-1,58	-1,40	-1,59	-2,44
170	-1,73	-1,51	-1,70	-2,54
175	-1,88	-1,66	-1,83	-2,64
180	-2,03	-1,82	-1,96	-2,74
185	-2,18	-1,97	-2,10	-2,84
190	-2,32	-2,12	-2,23	-2,94
195	-2,48	-2,28	-2,36	-3,04
200	-2,62	-2,42	-2,49	-3,14
210	-2,89	-2,73	-2,76	-3,33
220	-3,10	-2,96	-3,02	-3,53
230	-3,30	-3,17	-3,22	-3,72
240	-3,51	-3,38	-3,41	-3,91
250	-3,72	-3,60	-3,61	-4,10
260	-3,92	-3,80	-3,81	-4,26
270	-4,06	-3,92	-4,00	-4,35
280	-4,19	-4,03	-4,10	-4,43
290	-4,33	-4,14	-4,18	-4,51
300	-4,46	-4,26	-4,27	-4,61
310	-4,59	-4,37	-4,62	-4,71
320	-4,70	-4,49	-4,70	-4,81



Anexo 2. Batimetrías perfil P7 época de invierno.

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
0	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
5	0,95	0,96	1,11	1,08	1,08	1,10	1,07	1,07	1,03	1,06	1,07
10	0,88	0,89	0,99	0,99	1,00	0,97	1,02	1,02	0,99	1,03	1,03
15	0,86	0,79	0,84	0,83	0,84	0,84	0,89	0,89	0,88	0,93	0,92
20	0,83	0,70	0,85	0,86	0,87	0,85	0,89	0,89	0,87	0,90	0,90
25	0,74	0,65	0,90	0,92	0,90	0,89	0,89	0,89	0,87	0,90	0,89
30	0,64	0,60	0,78	0,80	0,80	0,80	0,83	0,83	0,82	0,85	0,85
35	0,64	0,63	0,82	0,70	0,70	0,70	0,79	0,79	0,77	0,79	0,78
40	0,63	0,67	0,84	0,64	0,63	0,62	0,67	0,67	0,63	0,69	0,70
45	0,65	0,61	0,65	0,62	0,62	0,60	0,61	0,61	0,59	0,62	0,62
50	0,68	0,55	0,62	0,63	0,64	0,62	0,49	0,49	0,47	0,50	0,49
55	0,67	0,57	0,66	0,68	0,69	0,66	0,59	0,60	0,57	0,63	0,62
60	0,66	0,59	0,67	0,69	0,70	0,69	0,70	0,70	0,68	0,70	0,70
65	0,21	0,52	0,51	0,52	0,52	0,57	0,27	0,27	0,24	0,28	0,29
70	-0,24	0,45	0,18	0,19	0,20	0,25	-0,16	-0,21	-0,14	-0,23	-0,32
75	-0,29	0,14	-0,23	-0,23	-0,15	-0,08	-0,34	-0,35	-0,34	-0,41	-0,51
80	-0,35	-0,19	-0,29	-0,35	-0,26	-0,23	-0,55	-0,55	-0,51	-0,64	-0,68
85	-0,40	-0,32	-0,32	-0,42	-0,34	-0,31	-0,58	-0,59	-0,55	-0,65	-0,70
90	-0,45	-0,44	-0,50	-0,52	-0,39	-0,35	-0,64	-0,63	-0,60	-0,67	-0,72
95	-0,51	-0,57	-0,72	-0,69	-0,52	-0,46	-0,68	-0,70	-0,68	-0,73	-0,76



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
100	-0,56	-0,70	-0,76	-0,84	-0,70	-0,65	-0,70	-0,72	-0,66	-0,72	-0,82
105	-0,97	-0,98	-0,90	-0,97	-0,86	-0,81	-0,72	-0,73	-0,71	-0,78	-0,85
110	-1,37	-1,25	-1,08	-1,14	-1,00	-0,96	-0,82	-0,89	-0,82	-0,89	-0,93
115	-1,66	-1,31	-1,23	-1,31	-1,15	-1,12	-0,94	-0,98	-0,94	-1,01	-1,08
120	-1,94	-1,37	-1,76	-1,64	-1,47	-1,30	-1,10	-1,15	-1,04	-1,13	-1,28
125	-2,04	-1,43	-1,51	-1,52	-1,39	-1,46	-1,26	-1,34	-1,25	-1,44	-1,47
130	-2,14	-2,40	-1,62	-1,63	-1,49	-1,65	-1,38	-1,46	-1,41	-1,57	-1,65
135	-2,24	-2,65	-1,72	-1,73	-1,60	-1,55	-1,80	-1,83	-1,77	-1,87	-1,94
140	-2,34	-2,65	-1,82	-1,83	-1,69	-1,64	-1,88	-1,91	-1,86	-1,96	-2,02
145	-2,45	-2,65	-1,91	-1,92	-1,79	-1,74	-1,96	-1,99	-1,94	-2,04	-2,10
150	-2,43	-2,63	-2,00	-2,02	-1,88	-1,83	-2,04	-2,07	-2,02	-2,11	-2,18
155	-2,50	-2,68	-2,09	-2,10	-1,97	-1,92	-2,11	-2,15	-2,09	-2,19	-2,26
160	-2,56	-2,73	-2,18	-2,19	-2,06	-2,01	-2,19	-2,22	-2,17	-2,26	-2,33
165	-2,61	-2,77	-2,26	-2,27	-2,14	-2,09	-2,26	-2,29	-2,24	-2,33	-2,40
170	-2,67	-2,81	-2,34	-2,35	-2,22	-2,17	-2,33	-2,36	-2,31	-2,40	-2,47
175	-2,72	-2,86	-2,42	-2,43	-2,30	-2,25	-2,39	-2,43	-2,37	-2,47	-2,54
180	-2,78	-2,90	-2,50	-2,51	-2,37	-2,32	-2,46	-2,49	-2,44	-2,53	-2,60
185	-2,83	-2,94	-2,57	-2,58	-2,45	-2,40	-2,52	-2,55	-2,50	-2,60	-2,66
190	-2,88	-2,98	-2,64	-2,65	-2,52	-2,47	-2,58	-2,62	-2,56	-2,66	-2,73
195	-2,93	-3,02	-2,71	-2,73	-2,59	-2,54	-2,64	-2,68	-2,62	-2,72	-2,79
200	-2,97	-3,05	-2,78	-2,79	-2,66	-2,61	-2,70	-2,73	-2,68	-2,78	-2,84
205	-3,02	-3,09	-2,85	-2,86	-2,73	-2,68	-2,76	-2,79	-2,74	-2,83	-2,90



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
210	-3,06	-3,13	-2,91	-2,93	-2,79	-2,74	-2,81	-2,85	-2,79	-2,89	-2,96
215	-3,11	-3,16	-2,98	-2,99	-2,85	-2,80	-2,87	-2,90	-2,85	-2,94	-3,01
220	-3,15	-3,19	-3,04	-3,05	-2,92	-2,87	-2,92	-2,95	-2,90	-3,00	-3,06
225	-3,19	-3,23	-3,10	-3,11	-2,98	-2,93	-2,97	-3,00	-2,95	-3,05	-3,12
230	-3,24	-3,26	-3,16	-3,17	-3,04	-2,99	-3,02	-3,06	-3,00	-3,10	-3,17
235	-3,28	-3,29	-3,22	-3,23	-3,10	-3,05	-3,07	-3,10	-3,05	-3,15	-3,22
240	-3,32	-3,32	-3,27	-3,29	-3,15	-3,10	-3,12	-3,15	-3,10	-3,20	-3,26
245	-3,35	-3,35	-3,33	-3,34	-3,21	-3,16	-3,17	-3,20	-3,15	-3,24	-3,31
250	-3,39	-3,38	-3,38	-3,40	-3,26	-3,21	-3,21	-3,25	-3,19	-3,29	-3,36
255	-3,43	-3,41	-3,44	-3,45	-3,32	-3,27	-3,26	-3,29	-3,24	-3,34	-3,40
260	-3,47	-3,44	-3,49	-3,50	-3,37	-3,32	-3,31	-3,34	-3,28	-3,38	-3,45
265	-3,50	-3,47	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,35	-3,38	-3,33	-3,43	-3,49
270	-3,54	-3,50	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,39	-3,42	-3,37	-3,47	-3,53
275	-3,57	-3,52	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,43	-3,47	-3,41	-3,51	-3,58
280	-3,60	-3,55	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,48	-3,51	-3,45	-3,55	-3,62
285	-3,64	-3,57	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,52	-3,55	-3,50	-3,59	-3,66
290	-3,67	-3,60	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,56	-3,59	-3,54	-3,63	-3,70
295	-3,70	-3,63	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,60	-3,63	-3,58	-3,67	-3,74
300	-3,73	-3,65	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,63	-3,67	-3,61	-3,71	-3,78
305	-3,76	-3,67	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,67	-3,71	-3,65	-3,75	-3,82
310	-3,80	-3,70	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,71	-3,74	-3,69	-3,79	-3,85
315	-3,83	-3,72	-3,54	-3,55	-3,42	-3,37	-3,75	-3,78	-3,73	-3,82	-3,89



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
320	-3,85	-3,75	-3,66	-3,67	-3,54	-3,49	-3,78	-3,82	-3,76	-3,86	-3,93
325	-3,88	-3,77	-3,69	-3,71	-3,57	-3,52	-3,82	-3,85	-3,80	-3,90	-3,96
330	-3,91	-3,79	-3,72	-3,74	-3,60	-3,55	-3,85	-3,89	-3,83	-3,93	-4,00
335	-3,94	-3,81	-3,76	-3,77	-3,63	-3,58	-3,89	-3,92	-3,87	-3,96	-4,03
340	-3,97	-3,83	-3,79	-3,80	-3,67	-3,62	-3,92	-3,96	-3,90	-4,00	-4,07
345	-4,00	-3,86	-3,82	-3,83	-3,70	-3,65	-3,96	-3,99	-3,94	-4,03	-4,10
350	-4,02	-3,88	-3,85	-3,86	-3,73	-3,68	-3,99	-4,02	-3,97	-4,07	-4,13
355	-4,05	-3,90	-3,88	-3,89	-3,76	-3,71	-3,99	-4,02	-3,97	-4,07	-4,13
360	-4,08	-3,92	-3,91	-3,92	-3,78	-3,73	-3,99	-4,02	-3,97	-4,07	-4,13
365	-4,10	-3,94	-3,94	-3,95	-3,81	-3,76	-3,99	-4,02	-3,97	-4,07	-4,13
370	-4,13	-3,96	-3,96	-3,98	-3,84	-3,79	-3,99	-4,02	-3,97	-4,07	-4,13
375	-4,15	-3,98	-3,99	-4,00	-3,87	-3,82	-3,99	-4,02	-3,97	-4,07	-4,13
380	-4,18	-4,00	-4,02	-4,03	-3,90	-3,85	-3,99	-4,02	-3,97	-4,07	-4,13
385	-4,20	-4,02	-4,05	-4,06	-3,93	-3,88	-3,99	-4,02	-3,97	-4,07	-4,13
390	-4,23	-4,04	-4,07	-4,09	-3,95	-3,90	-3,99	-4,02	-3,97	-4,07	-4,13
395	-4,25	-4,05	-4,10	-4,11	-3,98	-3,93	-3,99	-4,02	-3,97	-4,07	-4,13
400	-4,27	-4,07	-4,13	-4,14	-4,00	-3,96	-4,01	-4,04	-3,99	-4,09	-4,15
405	-4,30	-4,09	-4,15	-4,17	-4,03	-3,98	-4,04	-4,07	-4,02	-4,11	-4,18
410	-4,32	-4,11	-4,18	-4,19	-4,06	-4,01	-4,06	-4,09	-4,04	-4,14	-4,20
415	-4,34	-4,13	-4,20	-4,22	-4,08	-4,03	-4,09	-4,12	-4,07	-4,16	-4,23
420	-4,36	-4,15	-4,23	-4,24	-4,11	-4,06	-4,11	-4,14	-4,09	-4,19	-4,26
425	-4,39	-4,16	-4,25	-4,27	-4,13	-4,08	-4,14	-4,17	-4,12	-4,21	-4,28



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
430	-4,41	-4,18	-4,28	-4,29	-4,16	-4,11	-4,16	-4,19	-4,14	-4,24	-4,30
435	-4,43	-4,20	-4,30	-4,31	-4,18	-4,13	-4,19	-4,22	-4,16	-4,26	-4,33
440	-4,45	-4,21	-4,33	-4,34	-4,20	-4,15	-4,21	-4,24	-4,19	-4,29	-4,35
445	-4,47	-4,23	-4,35	-4,36	-4,23	-4,18	-4,23	-4,27	-4,21	-4,31	-4,38
450	-4,49	-4,25	-4,37	-4,39	-4,25	-4,20	-4,26	-4,29	-4,24	-4,33	-4,40
455	-4,51	-4,26	-4,40	-4,41	-4,27	-4,22	-4,28	-4,31	-4,26	-4,36	-4,42
460	-4,54	-4,28	-4,42	-4,43	-4,30	-4,25	-4,30	-4,34	-4,28	-4,38	-4,45
465	-4,56	-4,29	-4,44	-4,45	-4,32	-4,27	-4,33	-4,36	-4,30	-4,40	-4,47
470	-4,58	-4,31	-4,46	-4,48	-4,34	-4,29	-4,35	-4,38	-4,33	-4,42	-4,49
475	-4,60	-4,33	-4,49	-4,50	-4,36	-4,31	-4,37	-4,40	-4,35	-4,45	-4,51
480	-4,61	-4,34	-4,51	-4,52	-4,39	-4,34	-4,39	-4,42	-4,37	-4,47	-4,53
485	-4,63	-4,36	-4,53	-4,54	-4,41	-4,36	-4,41	-4,45	-4,39	-4,49	-4,56
490	-4,65	-4,37	-4,55	-4,56	-4,43	-4,38	-4,43	-4,47	-4,41	-4,51	-4,58
495	-4,67	-4,39	-4,57	-4,58	-4,45	-4,40	-4,46	-4,49	-4,43	-4,53	-4,60
500	-4,69	-4,40	-4,59	-4,61	-4,47	-4,42	-4,48	-4,51	-4,46	-4,55	-4,62
505	-4,71	-4,42	-4,61	-4,63	-4,49	-4,44	-4,50	-4,53	-4,48	-4,57	-4,64
510	-4,73	-4,43	-4,63	-4,65	-4,51	-4,46	-4,52	-4,55	-4,50	-4,59	-4,66
515	-4,75	-4,45	-4,65	-4,67	-4,53	-4,48	-4,54	-4,57	-4,52	-4,61	-4,68
520	-4,77	-4,46	-4,67	-4,69	-4,55	-4,50	-4,56	-4,59	-4,54	-4,63	-4,70
525	-4,78	-4,47	-4,69	-4,71	-4,57	-4,52	-4,58	-4,61	-4,56	-4,65	-4,72
530	-4,80	-4,49	-4,71	-4,73	-4,59	-4,54	-4,60	-4,63	-4,58	-4,67	-4,74
535	-4,82	-4,50	-4,73	-4,75	-4,61	-4,56	-4,62	-4,65	-4,60	-4,69	-4,76



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
540	-4,84	-4,51	-4,75	-4,77	-4,63	-4,58	-4,64	-4,67	-4,62	-4,71	-4,78



Anexo 3. Batimetrías perfil P8 época de invierno

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,49	1,50	1,43	1,41
5	1,15	1,13	0,93	0,92	0,94	0,96	1,01	1,02	1,01	1,02	1,01
10	0,81	0,76	0,79	0,79	0,82	0,84	0,94	0,95	0,93	0,95	0,93
15	0,56	0,65	0,77	0,80	0,82	0,84	0,79	0,78	0,80	0,79	0,77
20	0,32	0,55	0,79	0,78	0,80	0,82	0,40	0,39	0,40	0,41	0,38
25	0,06	0,22	0,83	0,81	0,82	0,86	-0,06	-0,08	0,02	-0,03	-0,19
30	-0,20	-0,13	0,77	0,77	0,80	0,82	-0,16	-0,20	-0,15	-0,09	-0,26
35	-0,29	-0,20	0,31	0,34	0,39	0,43	-0,24	-0,27	-0,17	-0,16	-0,24
40	-0,39	-0,27	-0,10	-0,07	-0,04	-0,03	-0,34	-0,36	-0,27	-0,37	-0,42
45	-0,43	-0,41	-0,18	-0,19	-0,16	-0,11	-0,43	-0,45	-0,38	-0,48	-0,52
50	-0,47	-0,55	-0,24	-0,28	-0,24	-0,17	-0,66	-0,70	-0,64	-0,60	-0,66
55	-0,57	-0,73	-0,10	-0,39	-0,46	-0,36	-0,72	-0,74	-0,61	-0,72	-0,78
60	-0,66	-0,90	-0,59	-0,59	-0,63	-0,56	-0,85	-0,92	-0,73	-0,82	-0,92
65	-0,76	-1,09	-0,78	-0,76	-0,82	-0,71	-1,02	-1,02	-0,98	-1,05	-1,23
70	-0,86	-1,28	-0,96	-0,95	-0,99	-0,92	-1,18	-1,28	-1,14	-1,16	-1,22
75	-0,96	-1,38	-1,28	-1,11	-1,21	-1,08	-1,36	-1,41	-1,30	-1,34	-1,42
80	-1,05	-1,48	-1,40	-1,34	-1,41	-1,34	-1,70	-1,77	-1,67	-1,66	-1,77
85	-1,15	-1,58	-1,59	-1,51	-1,56	-1,53	-1,86	-1,90	-1,80	-1,84	-1,93
90	-1,25	-1,68	-1,75	-1,75	-1,75	-1,73	-1,94	-1,98	-1,88	-1,92	-2,01
95	-1,35	-1,78	-1,88	-1,88	-1,88	-1,88	-2,04	-2,08	-1,98	-2,02	-2,11



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
100	-1,44	-1,88	-2,06	-2,05	-2,08	-2,02	-2,13	-2,17	-2,07	-2,11	-2,20
105	-1,54	-1,98	-2,21	-2,20	-2,23	-2,17	-2,21	-2,25	-2,15	-2,19	-2,28
110	-1,64	-2,08	-2,35	-2,35	-2,37	-2,31	-2,30	-2,34	-2,24	-2,27	-2,37
115	-1,75	-2,19	-2,49	-2,48	-2,51	-2,45	-2,38	-2,41	-2,32	-2,35	-2,44
120	-1,87	-2,29	-2,62	-2,61	-2,64	-2,58	-2,45	-2,49	-2,39	-2,43	-2,52
125	-2,00	-2,38	-2,74	-2,74	-2,76	-2,70	-2,52	-2,56	-2,46	-2,50	-2,59
130	-2,14	-2,53	-2,86	-2,86	-2,88	-2,82	-2,59	-2,63	-2,53	-2,57	-2,66
135	-2,28	-2,60	-2,92	-2,92	-2,94	-2,88	-2,66	-2,70	-2,60	-2,64	-2,73
140	-2,37	-2,66	-2,99	-2,98	-3,01	-2,95	-2,72	-2,76	-2,66	-2,70	-2,79
145	-2,48	-2,72	-3,05	-3,05	-3,08	-3,01	-2,79	-2,83	-2,73	-2,76	-2,85
150	-2,59	-2,78	-3,09	-3,08	-3,11	-3,05	-2,85	-2,89	-2,79	-2,82	-2,91
155	-2,69	-2,83	-3,15	-3,15	-3,18	-3,11	-2,90	-2,94	-2,84	-2,88	-2,97
160	-2,79	-2,89	-3,22	-3,22	-3,24	-3,18	-2,96	-3,00	-2,90	-2,94	-3,03
165	-2,89	-2,94	-3,29	-3,28	-3,31	-3,25	-3,01	-3,05	-2,96	-2,99	-3,08
170	-2,99	-2,99	-3,35	-3,34	-3,37	-3,31	-3,07	-3,11	-3,01	-3,05	-3,14
175	-3,08	-3,04	-3,41	-3,41	-3,43	-3,37	-3,12	-3,16	-3,06	-3,10	-3,19
180	-3,17	-3,09	-3,47	-3,47	-3,49	-3,43	-3,17	-3,21	-3,11	-3,15	-3,24
185	-3,25	-3,13	-3,51	-3,50	-3,53	-3,47	-3,22	-3,26	-3,16	-3,20	-3,29
190	-3,34	-3,18	-3,54	-3,53	-3,56	-3,50	-3,26	-3,30	-3,21	-3,24	-3,33
195	-3,42	-3,22	-3,57	-3,57	-3,59	-3,53	-3,31	-3,35	-3,25	-3,29	-3,38
200	-3,50	-3,27	-3,60	-3,60	-3,63	-3,56	-3,36	-3,39	-3,30	-3,33	-3,42
205	-3,50	-3,31	-3,63	-3,63	-3,66	-3,60	-3,40	-3,44	-3,34	-3,38	-3,47



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
210	-3,53	-3,35	-3,67	-3,66	-3,69	-3,63	-3,44	-3,48	-3,38	-3,42	-3,51
215	-3,57	-3,39	-3,69	-3,69	-3,72	-3,66	-3,48	-3,52	-3,42	-3,46	-3,55
220	-3,60	-3,43	-3,76	-3,76	-3,78	-3,72	-3,52	-3,56	-3,47	-3,50	-3,59
225	-3,64	-3,47	-3,79	-3,78	-3,81	-3,75	-3,56	-3,60	-3,51	-3,54	-3,63
230	-3,67	-3,50	-3,81	-3,81	-3,84	-3,77	-3,57	-3,61	-3,52	-3,55	-3,64
235	-3,70	-3,54	-3,84	-3,84	-3,86	-3,80	-3,60	-3,64	-3,54	-3,58	-3,67
240	-3,73	-3,58	-3,87	-3,86	-3,89	-3,83	-3,63	-3,66	-3,57	-3,60	-3,69
245	-3,76	-3,61	-3,89	-3,88	-3,91	-3,85	-3,65	-3,69	-3,59	-3,63	-3,72
250	-3,79	-3,65	-3,91	-3,91	-3,94	-3,87	-3,67	-3,71	-3,62	-3,65	-3,74
255	-3,82	-3,68	-3,94	-3,93	-3,96	-3,90	-3,70	-3,74	-3,64	-3,68	-3,77
260	-3,85	-3,70	-3,96	-3,96	-3,98	-3,92	-3,72	-3,76	-3,66	-3,70	-3,79
265	-3,88	-3,72	-3,98	-3,98	-4,01	-3,94	-3,75	-3,79	-3,69	-3,72	-3,81
270	-3,91	-3,75	-4,01	-4,00	-4,03	-3,97	-3,77	-3,81	-3,71	-3,75	-3,84
275	-3,94	-3,77	-4,03	-4,02	-4,05	-3,99	-3,79	-3,83	-3,73	-3,77	-3,86
280	-3,96	-3,79	-4,05	-4,05	-4,07	-4,01	-3,81	-3,85	-3,75	-3,79	-3,88
285	-3,99	-3,81	-4,07	-4,07	-4,09	-4,03	-3,84	-3,87	-3,78	-3,81	-3,90
290	-4,01	-3,83	-4,09	-4,09	-4,12	-4,05	-3,86	-3,90	-3,80	-3,84	-3,93
295	-4,04	-3,85	-4,12	-4,11	-4,14	-4,08	-3,88	-3,92	-3,82	-3,86	-3,95
300	-4,06	-3,87	-4,14	-4,13	-4,16	-4,10	-3,90	-3,94	-3,84	-3,88	-3,97
305	-4,09	-3,90	-4,16	-4,15	-4,18	-4,12	-3,92	-3,96	-3,86	-3,90	-3,99
310	-4,11	-3,92	-4,18	-4,17	-4,20	-4,14	-3,94	-3,98	-3,88	-3,92	-4,01
315	-4,14	-3,93	-4,20	-4,19	-4,22	-4,16	-3,96	-4,00	-3,90	-3,94	-4,03



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
320	-4,16	-3,95	-4,22	-4,21	-4,24	-4,18	-3,98	-4,02	-3,92	-3,96	-4,05
325	-4,18	-3,97	-4,24	-4,23	-4,26	-4,20	-4,00	-4,04	-3,94	-3,98	-4,07
330	-4,21	-3,99	-4,25	-4,25	-4,28	-4,21	-4,02	-4,06	-3,96	-4,00	-4,09
335	-4,23	-4,01	-4,27	-4,27	-4,30	-4,23	-4,04	-4,08	-3,98	-4,02	-4,11
340	-4,25	-4,03	-4,29	-4,29	-4,31	-4,25	-4,06	-4,09	-4,00	-4,03	-4,12
345	-4,27	-4,05	-4,31	-4,30	-4,33	-4,27	-4,07	-4,11	-4,01	-4,05	-4,14
350	-4,29	-4,07	-4,33	-4,32	-4,35	-4,29	-4,09	-4,13	-4,03	-4,07	-4,16
355	-4,32	-4,08	-4,35	-4,34	-4,37	-4,31	-4,11	-4,15	-4,05	-4,09	-4,18
360	-4,34	-4,10	-4,36	-4,36	-4,39	-4,32	-4,13	-4,17	-4,07	-4,11	-4,20
365	-4,36	-4,12	-4,38	-4,38	-4,40	-4,34	-4,15	-4,18	-4,09	-4,12	-4,21
370	-4,38	-4,14	-4,40	-4,39	-4,42	-4,36	-4,16	-4,20	-4,10	-4,14	-4,23
375	-4,40	-4,15	-4,41	-4,41	-4,44	-4,38	-4,18	-4,22	-4,12	-4,16	-4,25
380	-4,42	-4,17	-4,43	-4,43	-4,45	-4,39	-4,20	-4,24	-4,14	-4,17	-4,27
385	-4,44	-4,19	-4,45	-4,44	-4,47	-4,41	-4,21	-4,25	-4,15	-4,19	-4,28
390	-4,46	-4,20	-4,46	-4,46	-4,49	-4,43	-4,23	-4,27	-4,17	-4,21	-4,30
395	-4,48	-4,22	-4,48	-4,48	-4,50	-4,44	-4,25	-4,28	-4,19	-4,22	-4,31
400	-4,49	-4,23	-4,50	-4,49	-4,52	-4,46	-4,26	-4,30	-4,20	-4,24	-4,33
405	-4,51	-4,25	-4,51	-4,51	-4,53	-4,47	-4,28	-4,32	-4,22	-4,26	-4,35
410	-4,53	-4,26	-4,53	-4,52	-4,55	-4,49	-4,29	-4,33	-4,23	-4,27	-4,36
415	-4,55	-4,28	-4,54	-4,54	-4,57	-4,50	-4,31	-4,35	-4,25	-4,29	-4,38
420	-4,57	-4,30	-4,56	-4,55	-4,58	-4,52	-4,32	-4,36	-4,27	-4,30	-4,39
425	-4,58	-4,31	-4,57	-4,57	-4,60	-4,53	-4,34	-4,38	-4,28	-4,32	-4,41



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
430	-4,60	-4,33	-4,59	-4,58	-4,61	-4,55	-4,35	-4,39	-4,30	-4,33	-4,42
435	-4,62	-4,34	-4,60	-4,60	-4,63	-4,56	-4,37	-4,41	-4,31	-4,35	-4,44
440	-4,64	-4,35	-4,62	-4,61	-4,64	-4,58	-4,38	-4,42	-4,33	-4,36	-4,45
445	-4,65	-4,37	-4,63	-4,63	-4,66	-4,59	-4,40	-4,44	-4,34	-4,38	-4,47
450	-4,67	-4,38	-4,65	-4,64	-4,67	-4,61	-4,41	-4,45	-4,35	-4,39	-4,48
455	-4,69	-4,40	-4,66	-4,66	-4,68	-4,62	-4,43	-4,47	-4,37	-4,41	-4,50
460	-4,70	-4,41	-4,68	-4,67	-4,70	-4,64	-4,44	-4,48	-4,38	-4,42	-4,51
465	-4,72	-4,43	-4,69	-4,69	-4,71	-4,65	-4,46	-4,50	-4,40	-4,43	-4,52
470	-4,73	-4,44	-4,70	-4,70	-4,73	-4,66	-4,47	-4,51	-4,41	-4,45	-4,54
475	-4,75	-4,45	-4,72	-4,71	-4,74	-4,68	-4,48	-4,52	-4,42	-4,46	-4,55
480	-4,77	-4,47	-4,73	-4,73	-4,75	-4,69	-4,50	-4,54	-4,44	-4,48	-4,57
485	-4,78	-4,48	-4,74	-4,74	-4,77	-4,71	-4,51	-4,55	-4,45	-4,49	-4,58
490	-4,80	-4,49	-4,76	-4,75	-4,78	-4,72	-4,52	-4,56	-4,46	-4,50	-4,59
495	-4,81	-4,51	-4,77	-4,77	-4,79	-4,73	-4,54	-4,58	-4,48	-4,52	-4,61
500	-4,83	-4,52	-4,78	-4,78	-4,81	-4,74	-4,55	-4,59	-4,49	-4,53	-4,62
505	-4,84	-4,53	-4,80	-4,79	-4,82	-4,76	-4,56	-4,60	-4,50	-4,54	-4,63
510	-4,86	-4,54	-4,81	-4,81	-4,83	-4,77	-4,58	-4,62	-4,52	-4,55	-4,64
515	-4,87	-4,56	-4,82	-4,82	-4,84	-4,78	-4,59	-4,63	-4,53	-4,57	-4,66
520	-4,88	-4,57	-4,84	-4,83	-4,86	-4,80	-4,60	-4,64	-4,54	-4,58	-4,67
525	-4,90	-4,58	-4,85	-4,84	-4,87	-4,81	-4,61	-4,65	-4,55	-4,59	-4,68
530	-4,91	-4,59	-4,86	-4,86	-4,88	-4,82	-4,63	-4,67	-4,57	-4,60	-4,70
535	-4,93	-4,61	-4,87	-4,87	-4,89	-4,83	-4,64	-4,68	-4,58	-4,62	-4,71



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
			Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
540	-4,94	-4,62	-4,88	-4,88	-4,91	-4,85	-4,65	-4,69	-4,59	-4,63	-4,72



Anexo 4. Batimetrías del perfil P9 época de invierno.

Abscisa	Cota											
				Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
0	1,19	1,19	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
5	1,20	1,20	1,20	1,37	1,36	1,37	1,38	1,35	1,36	1,35	1,36	1,35
10	1,21	1,21	1,22	1,32	1,35	1,35	1,35	1,36	1,35	1,37	1,36	1,37
15	0,98	1,03	0,97	0,99	1,03	1,02	1,03	1,11	1,10	1,11	1,11	1,10
20	0,76	0,84	0,73	0,84	0,83	0,84	0,82	0,96	0,96	0,95	0,93	0,96
25	0,67	0,57	0,50	0,93	0,93	0,91	0,93	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
30	0,57	0,29	0,27	0,92	0,92	0,89	0,90	0,30	0,25	0,31	0,30	0,18
35	0,19	0,00	0,05	0,91	0,93	0,91	0,93	-0,06	-0,10	-0,05	-0,02	-0,14
40	-0,05	-0,28	-0,16	0,81	0,83	0,80	0,82	-0,09	-0,15	-0,09	-0,07	-0,13
45	-0,28	-0,39	-0,30	0,37	0,34	0,29	0,33	-0,11	-0,15	-0,08	-0,12	-0,10
50	-0,36	-0,50	-0,44	-0,01	0,01	0,03	-0,01	-0,19	-0,24	-0,16	-0,19	-0,19
55	-0,45	-0,49	-0,65	-0,09	-0,10	-0,07	-0,06	-0,26	-0,35	-0,25	-0,27	-0,26
60	-0,54	-0,74	-0,86	-0,18	-0,16	-0,12	-0,17	-0,33	-0,39	-0,31	-0,33	-0,34
65	-0,59	-0,98	-1,03	-0,29	-0,26	-0,31	-0,30	-0,51	-0,54	-0,45	-0,50	-0,46
70	-0,76	-1,23	-1,19	-0,47	-0,42	-0,48	-0,50	-0,81	-0,82	-0,71	-0,80	-0,70
75	-1,03	-1,48	-1,33	-0,69	-0,62	-0,67	-0,68	-0,95	-0,98	-0,85	-0,95	-1,04
80	-1,22	-1,73	-1,47	-0,86	-0,75	-0,85	-0,90	-0,99	-1,03	-0,90	-1,05	-1,06
85	-1,25	-1,97	-1,61	-1,09	-1,00	-1,06	-1,07	-1,26	-1,40	-1,22	-1,32	-1,32
90	-1,28	-2,22	-1,74	-1,28	-1,22	-1,29	-1,30	-1,41	-1,46	-1,36	-1,41	-1,42
95	-1,32	-2,47	-1,88	-1,45	-1,38	-1,45	-1,47	-1,55	-1,61	-1,51	-1,56	-1,57



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota											
				Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
100	-1,35	-2,60	-2,02	-1,61	-1,61	-1,61	-1,61	-1,69	-1,74	-1,64	-1,70	-1,71
105	-1,38	-2,67	-2,16	-1,71	-1,65	-1,70	-1,71	-1,83	-1,88	-1,78	-1,83	-1,84
110	-1,63	-2,73	-2,30	-1,82	-1,77	-1,81	-1,83	-1,95	-2,00	-1,90	-1,96	-1,96
115	-1,68	-2,80	-2,44	-1,93	-1,88	-1,92	-1,93	-2,07	-2,12	-2,02	-2,08	-2,08
120	-1,71	-2,87	-2,57	-2,03	-1,98	-2,02	-2,04	-2,19	-2,24	-2,14	-2,19	-2,20
125	-1,80	-2,94	-2,71	-2,13	-2,08	-2,12	-2,14	-2,30	-2,35	-2,25	-2,30	-2,31
130	-1,84	-3,00	-2,85	-2,23	-2,18	-2,22	-2,23	-2,40	-2,46	-2,36	-2,41	-2,42
135	-1,99	-3,06	-2,76	-2,32	-2,27	-2,31	-2,33	-2,51	-2,56	-2,46	-2,51	-2,52
140	-2,06	-3,12	-2,83	-2,41	-2,36	-2,40	-2,41	-2,60	-2,66	-2,56	-2,61	-2,62
145	-2,14	-3,17	-2,90	-2,49	-2,44	-2,49	-2,50	-2,70	-2,75	-2,65	-2,70	-2,71
150	-2,23	-3,23	-2,96	-2,58	-2,52	-2,57	-2,58	-2,77	-2,82	-2,72	-2,77	-2,78
155	-2,31	-3,28	-3,02	-2,64	-2,59	-2,63	-2,65	-2,81	-2,86	-2,76	-2,81	-2,82
160	-2,39	-3,33	-3,08	-2,69	-2,64	-2,69	-2,70	-2,86	-2,91	-2,81	-2,86	-2,87
165	-2,46	-3,38	-3,14	-2,75	-2,70	-2,75	-2,76	-2,90	-2,95	-2,85	-2,91	-2,91
170	-2,54	-3,42	-3,19	-2,81	-2,76	-2,80	-2,82	-2,95	-3,00	-2,90	-2,95	-2,96
175	-2,61	-3,47	-3,25	-2,87	-2,81	-2,86	-2,87	-2,99	-3,04	-2,94	-2,99	-3,00
180	-2,68	-3,51	-3,30	-2,92	-2,87	-2,91	-2,93	-3,03	-3,08	-2,98	-3,04	-3,05
185	-2,74	-3,56	-3,35	-2,97	-2,92	-2,96	-2,98	-3,07	-3,12	-3,03	-3,08	-3,09
190	-2,81	-3,60	-3,40	-3,02	-2,97	-3,01	-3,03	-3,11	-3,17	-3,07	-3,12	-3,13
195	-2,87	-3,64	-3,45	-3,07	-3,02	-3,06	-3,08	-3,15	-3,20	-3,11	-3,16	-3,17
200	-2,94	-3,68	-3,49	-3,13	-3,08	-3,12	-3,14	-3,19	-3,24	-3,14	-3,20	-3,20
205	-3,00	-3,72	-3,54	-3,19	-3,14	-3,18	-3,19	-3,23	-3,28	-3,18	-3,23	-3,24



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota											
				Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
210	-3,06	-3,76	-3,54	-3,25	-3,19	-3,24	-3,25	-3,26	-3,32	-3,22	-3,27	-3,28
215	-3,11	-3,79	-3,55	-3,30	-3,24	-3,29	-3,30	-3,30	-3,35	-3,25	-3,30	-3,31
220	-3,17	-3,83	-3,55	-3,30	-3,24	-3,29	-3,30	-3,33	-3,39	-3,29	-3,34	-3,35
225	-3,23	-3,87	-3,56	-3,30	-3,24	-3,29	-3,30	-3,37	-3,42	-3,32	-3,37	-3,38
230	-3,28	-3,90	-3,56	-3,30	-3,24	-3,29	-3,30	-3,40	-3,45	-3,35	-3,41	-3,41
235	-3,33	-3,93	-3,60	-3,30	-3,24	-3,29	-3,30	-3,43	-3,48	-3,39	-3,44	-3,45
240	-3,38	-3,97	-3,64	-3,30	-3,24	-3,29	-3,30	-3,47	-3,52	-3,42	-3,47	-3,48
245	-3,42	-4,00	-3,68	-3,35	-3,30	-3,34	-3,35	-3,50	-3,55	-3,45	-3,50	-3,51
250	-3,45	-4,03	-3,71	-3,40	-3,34	-3,39	-3,40	-3,53	-3,58	-3,48	-3,53	-3,54
255	-3,48	-4,03	-3,75	-3,44	-3,39	-3,44	-3,45	-3,56	-3,61	-3,51	-3,56	-3,57
260	-3,51	-4,03	-3,79	-3,49	-3,44	-3,48	-3,50	-3,59	-3,64	-3,54	-3,59	-3,60
265	-3,54	-4,03	-3,82	-3,54	-3,49	-3,53	-3,54	-3,61	-3,67	-3,57	-3,62	-3,63
270	-3,57	-4,03	-3,86	-3,58	-3,53	-3,58	-3,59	-3,64	-3,69	-3,59	-3,65	-3,66
275	-3,60	-4,03	-3,89	-3,63	-3,58	-3,62	-3,63	-3,67	-3,72	-3,62	-3,67	-3,68
280	-3,62	-4,03	-3,92	-3,67	-3,62	-3,66	-3,68	-3,70	-3,75	-3,65	-3,70	-3,71
285	-3,65	-4,06	-3,96	-3,72	-3,66	-3,71	-3,72	-3,72	-3,77	-3,68	-3,73	-3,74
290	-3,68	-4,09	-3,99	-3,76	-3,71	-3,75	-3,76	-3,75	-3,80	-3,70	-3,75	-3,76
295	-3,70	-4,11	-4,02	-3,80	-3,75	-3,79	-3,81	-3,78	-3,83	-3,73	-3,78	-3,79
300	-3,73	-4,14	-4,05	-3,84	-3,79	-3,83	-3,85	-3,80	-3,85	-3,75	-3,80	-3,81
305	-3,75	-4,17	-4,05	-3,89	-3,84	-3,88	-3,90	-3,83	-3,88	-3,78	-3,83	-3,84
310	-3,78	-4,19	-4,05	-3,89	-3,84	-3,88	-3,90	-3,85	-3,90	-3,80	-3,85	-3,86
315	-3,80	-4,22	-4,05	-3,89	-3,84	-3,88	-3,90	-3,87	-3,93	-3,83	-3,88	-3,89



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota											
				Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
320	-3,83	-4,24	-4,05	-3,89	-3,84	-3,88	-3,90	-3,90	-3,95	-3,85	-3,90	-3,91
325	-3,85	-4,27	-4,05	-3,89	-3,84	-3,88	-3,90	-3,92	-3,97	-3,87	-3,93	-3,93
330	-3,87	-4,29	-4,05	-3,89	-3,84	-3,88	-3,90	-3,94	-4,00	-3,90	-3,95	-3,96
335	-3,89	-4,31	-4,08	-3,89	-3,84	-3,88	-3,90	-3,97	-4,02	-3,92	-3,97	-3,98
340	-3,92	-4,34	-4,11	-3,91	-3,86	-3,91	-3,92	-3,99	-4,04	-3,94	-3,99	-4,00
345	-3,94	-4,36	-4,13	-3,95	-3,90	-3,94	-3,96	-4,01	-4,06	-3,96	-4,02	-4,02
350	-3,96	-4,38	-4,16	-3,98	-3,93	-3,98	-3,99	-4,03	-4,08	-3,98	-4,04	-4,05
355	-3,98	-4,38	-4,16	-4,02	-3,97	-4,01	-4,02	-4,05	-4,11	-4,01	-4,06	-4,07
360	-4,00	-4,38	-4,16	-4,05	-4,00	-4,04	-4,06	-4,07	-4,13	-4,03	-4,08	-4,09
365	-4,02	-4,38	-4,16	-4,09	-4,03	-4,08	-4,09	-4,10	-4,15	-4,05	-4,10	-4,11
370	-4,04	-4,38	-4,16	-4,12	-4,07	-4,11	-4,13	-4,12	-4,17	-4,07	-4,12	-4,13
375	-4,06	-4,38	-4,16	-4,15	-4,10	-4,14	-4,16	-4,14	-4,19	-4,09	-4,14	-4,15
380	-4,08	-4,38	-4,16	-4,20	-4,15	-4,20	-4,21	-4,16	-4,21	-4,11	-4,16	-4,17
385	-4,10	-4,40	-4,19	-4,20	-4,15	-4,20	-4,21	-4,18	-4,23	-4,13	-4,18	-4,19
390	-4,12	-4,43	-4,21	-4,20	-4,15	-4,20	-4,21	-4,20	-4,25	-4,15	-4,20	-4,21
395	-4,14	-4,45	-4,23	-4,20	-4,15	-4,20	-4,21	-4,21	-4,27	-4,17	-4,22	-4,23
400	-4,16	-4,47	-4,26	-4,20	-4,15	-4,20	-4,21	-4,23	-4,28	-4,19	-4,24	-4,25
405	-4,18	-4,48	-4,28	-4,20	-4,15	-4,20	-4,21	-4,25	-4,30	-4,20	-4,26	-4,27
410	-4,20	-4,50	-4,30	-4,21	-4,16	-4,20	-4,22	-4,27	-4,32	-4,22	-4,27	-4,28
415	-4,22	-4,52	-4,33	-4,24	-4,19	-4,23	-4,25	-4,29	-4,34	-4,24	-4,29	-4,30
420	-4,23	-4,54	-4,35	-4,27	-4,22	-4,26	-4,28	-4,31	-4,36	-4,26	-4,31	-4,32
425	-4,25	-4,56	-4,37	-4,30	-4,25	-4,29	-4,31	-4,32	-4,38	-4,28	-4,33	-4,34



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota											
				Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	10/2001	11/2001	10/2002	6/10/07	6/10/07	7/10/07	7/10/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
430	-4,27	-4,58	-4,39	-4,33	-4,28	-4,32	-4,33	-4,34	-4,39	-4,29	-4,35	-4,36
435	-4,29	-4,60	-4,41	-4,36	-4,30	-4,35	-4,36	-4,36	-4,41	-4,31	-4,36	-4,37
440	-4,30	-4,62	-4,43	-4,38	-4,33	-4,38	-4,39	-4,38	-4,43	-4,33	-4,38	-4,39
445	-4,32	-4,63	-4,45	-4,41	-4,36	-4,40	-4,42	-4,39	-4,45	-4,35	-4,40	-4,41
450	-4,34	-4,65	-4,48	-4,44	-4,39	-4,43	-4,45	-4,41	-4,46	-4,36	-4,41	-4,42
455	-4,36	-4,67	-4,50	-4,47	-4,41	-4,46	-4,47	-4,43	-4,48	-4,38	-4,43	-4,44
460	-4,37	-4,69	-4,52	-4,49	-4,44	-4,48	-4,50	-4,44	-4,49	-4,40	-4,45	-4,46
465	-4,39	-4,70	-4,54	-4,52	-4,47	-4,51	-4,53	-4,46	-4,51	-4,41	-4,46	-4,47
470	-4,40	-4,72	-4,56	-4,55	-4,49	-4,54	-4,55	-4,48	-4,53	-4,43	-4,48	-4,49
475	-4,42	-4,74	-4,58	-4,57	-4,52	-4,56	-4,58	-4,49	-4,54	-4,44	-4,50	-4,51
480	-4,44	-4,75	-4,59	-4,60	-4,54	-4,59	-4,60	-4,51	-4,56	-4,46	-4,51	-4,52
485	-4,45	-4,77	-4,61	-4,60	-4,54	-4,59	-4,60	-4,52	-4,57	-4,48	-4,53	-4,54
490	-4,47	-4,79	-4,63	-4,60	-4,54	-4,59	-4,60	-4,54	-4,59	-4,49	-4,54	-4,55
495	-4,48	-4,80	-4,65	-4,60	-4,54	-4,59	-4,60	-4,55	-4,61	-4,51	-4,56	-4,57
500	-4,50	-4,82	-4,67	-4,60	-4,54	-4,59	-4,60	-4,57	-4,62	-4,52	-4,57	-4,58
505	-4,51	-4,83	-4,69	-4,62	-4,57	-4,61	-4,63	-4,58	-4,64	-4,54	-4,59	-4,60
510	-4,53	-4,85	-4,71	-4,64	-4,59	-4,64	-4,65	-4,60	-4,65	-4,55	-4,60	-4,61
515	-4,54	-4,86	-4,71	-4,67	-4,62	-4,66	-4,67	-4,61	-4,66	-4,57	-4,62	-4,63
520	-4,56	-4,88	-4,71	-4,69	-4,64	-4,68	-4,70	-4,63	-4,68	-4,58	-4,63	-4,64
525	-4,57	-4,88	-4,72	-4,72	-4,66	-4,71	-4,72	-4,64	-4,69	-4,59	-4,65	-4,66
530	-4,58	-4,88	-4,73	-4,74	-4,69	-4,73	-4,74	-4,66	-4,71	-4,61	-4,66	-4,67



Anexo 5. Batimetrías del perfil P15 época de invierno.

Abscisa	Cota				
				Mañana	Mañana
	1/10/01	1/11/01	1/10/02	8/09/12	22/09/12
0	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
5	0,95	0,96	0,85	0,17	-0,01
10	0,63	0,64	0,54	-0,30	-0,26
15	0,42	0,42	0,57	-0,54	-0,61
20	0,23	0,21	0,47	-0,63	-0,73
25	0,06	0,00	0,09	-0,86	-0,91
30	-0,10	-0,19	-0,19	-0,94	-1,17
35	-0,27	-0,38	-0,29	-1,33	-1,59
40	-0,43	-0,53	-0,41	-1,52	-1,77
45	-0,60	-0,60	-0,53	-1,70	-1,89
50	-0,76	-0,66	-0,69	-1,85	-2,03
55	-0,91	-0,73	-0,88	-1,99	-2,13
60	-1,06	-0,80	-1,05	-2,03	-2,22
65	-1,21	-0,87	-1,16	-2,06	-2,31
70	-1,37	-0,94	-1,29	-2,15	-2,39
75	-1,52	-1,00	-1,44	-2,28	-2,47
80	-1,67	-1,07	-1,60	-2,35	-2,54
85	-1,82	-1,13	-1,76	-2,43	-2,60
90	-1,97	-1,21	-1,92	-2,60	-2,66
95	-2,12	-1,27	-2,07	-2,55	-2,72
100	-2,27	-1,40	-2,23	-2,78	-2,78
105	-2,42	-1,64	-2,40	-2,83	-2,83
110	-2,57	-1,86	-2,55	-2,88	-2,88
115	-2,71	-2,06	-2,69	-2,93	-2,93
120	-2,86	-2,26	-2,82	-2,98	-2,98
125	-3,01	-2,45	-2,93	-3,02	-3,02
130	-3,16	-2,65	-3,05	-3,06	-3,06
135	-3,31	-2,85	-3,17	-3,17	-3,17
140	-3,44	-3,05	-3,28	-3,28	-3,28
145	-3,54	-3,26	-3,40	-3,40	-3,40
150	-3,64	-3,44	-3,52	-3,52	-3,52
155	-3,74	-3,59	-3,63	-3,63	-3,63
160	-3,84	-3,73	-3,75	-3,75	-3,75



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota				
				Mañana	Mañana
	1/10/01	1/11/01	1/10/02	8/09/12	22/09/12
165	-3,94	-3,85	-3,87	-3,87	-3,87
170	-4,04	-3,98	-3,99	-3,99	-3,99
175	-4,14	-4,11	-4,11	-4,11	-4,11
180	-4,24	-4,24	-4,23	-4,23	-4,23
185	-4,35	-4,36	-4,35	-4,35	-4,35
190	-4,45	-4,49	-4,47	-4,47	-4,47
195	-4,55	-4,63	-4,59	-4,59	-4,59
200	-4,66	-4,75	-4,72	-4,66	-4,66
205	-4,77	-4,83	-4,84	-4,74	-4,74
210	-4,87	-4,92	-4,96	-4,76	-4,76



Anexo 6. Batimetrías perfil del perfil P15 época intermedia y verano.

Abscisa	Cota-intermedio					Cota-verano		
		Mañana	Mañana	Mañana	Mañana			
	1/05/02	20/05/12	23/06/12	4/07/12	25/07/12	1/12/01	1/02/02	1/01/03
0	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
5	0,85	-0,32	-0,22	-0,28	-0,03	0,76	0,39	0,90
10	0,39	-0,61	-0,52	-0,65	-0,34	0,28	-0,23	0,48
15	-0,15	-0,71	-0,69	-0,76	-0,63	-0,12	-0,37	-0,01
20	-0,49	-0,90	-0,89	-0,85	-0,71	-0,38	-0,47	-0,32
25	-0,55	-1,20	-1,24	-0,96	-0,81	-0,46	-0,46	-0,35
30	-0,61	-1,45	-1,60	-1,08	-0,97	-0,55	-0,54	-0,42
35	-0,71	-1,59	-1,84	-1,23	-1,38	-0,66	-0,74	-0,57
40	-0,80	-1,71	-1,91	-1,43	-1,65	-0,77	-0,91	-0,68
45	-0,87	-1,79	-1,94	-1,60	-1,78	-0,88	-1,01	-0,71
50	-0,94	-1,86	-1,96	-1,78	-1,89	-0,99	-1,11	-0,77
55	-1,03	-1,93	-2,02	-1,93	-2,01	-1,10	-1,21	-0,82
60	-1,11	-1,99	-2,08	-2,08	-2,11	-1,20	-1,31	-0,96
65	-1,15	-2,05	-2,14	-2,21	-2,21	-1,31	-1,41	-1,20
70	-1,19	-2,10	-2,19	-2,33	-2,31	-1,42	-1,52	-1,45
75	-1,23	-2,15	-2,24	-2,45	-2,40	-1,53	-1,62	-1,70
80	-1,27	-2,19	-2,28	-2,55	-2,49	-1,64	-1,72	-1,94
85	-1,31	-2,23	-2,33	-2,65	-2,58	-1,74	-1,82	-2,19
90	-1,35	-2,39	-2,48	-2,75	-2,67	-1,85	-1,93	-2,44
95	-1,38	-2,64	-2,73	-2,84	-2,75	-1,96	-2,03	-2,69
100	-1,43	-2,88	-2,98	-2,92	-2,93	-2,07	-2,13	-2,93
105	-1,49	-3,14	-3,23	-3,19	-3,19	-2,18	-2,23	-3,19
110	-1,55	-3,37	-3,46	-3,42	-3,42	-2,29	-2,33	-3,42
115	-1,56	-3,56	-3,66	-3,61	-3,61	-2,39	-2,44	-3,61
120	-1,68	-3,76	-3,85	-3,81	-3,81	-2,50	-2,54	-3,81
125	-1,94	-3,97	-4,06	-4,01	-4,01	-2,61	-2,64	-4,01
130	-2,21	-4,15	-4,24	-4,20	-4,20	-2,72	-2,74	-4,20
135	-2,49	-4,30	-4,40	-4,35	-4,35	-2,83	-2,85	-4,35
140	-2,74	-4,44	-4,53	-4,48	-4,48	-2,94	-2,95	-4,48
145	-2,97	-4,53	-4,63	-4,58	-4,58	-3,05	-3,05	-4,58
150	-3,19	-4,63	-4,73	-4,68	-4,68	-3,17	-3,15	-4,68
155	-3,42	-4,73	-4,82	-4,78	-4,78	-3,31	-3,22	-4,78
160	-3,62	-4,83	-4,92	-4,87	-4,87	-3,45	-3,36	-4,87



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota-intermedio					Cota-verano		
		Mañana	Mañana	Mañana	Mañana			
	1/05/02	20/05/12	23/06/12	4/07/12	25/07/12	1/12/01	1/02/02	1/01/03
165	-3,79	-4,92	-5,02	-4,97	-4,97	-3,59	-3,59	-4,97
170	-3,95	-5,02	-5,12	-5,07	-5,07	-3,73	-3,84	-5,07
175	-4,12	-5,12	-5,21	-5,17	-5,17	-3,87	-4,14	-5,17
180	-4,28	-5,22	-5,31	-5,26	-5,26	-4,00	-4,38	-5,26
185	-4,41	-5,31	-5,40	-5,36	-5,36	-4,15	-4,54	-5,36
190	-4,55	-5,40	-5,49	-5,44	-5,44	-4,28	-4,68	-5,44
195	-4,69	-5,47	-5,57	-5,52	-5,52	-4,42	-4,81	-5,52
200	-4,82	-5,55	-5,65	-5,60	-5,60	-4,54	-4,93	-5,60
205	-4,91	-5,63	-5,73	-5,68	-5,68	-4,64	-5,06	-5,68
210	-4,99	-5,71	-5,80	-5,76	-5,76	-4,74	-5,18	-5,76



Anexo 7. Batimetrías del perfil P16 época de invierno.

Abscisa	Cota					
					Mañana	Mañana
	1/08/01	1/10/01	1/11/01	1/10/02	8/09/12	22/09/12
0	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
5	0,65	0,76	0,83	0,77	-0,22	0,17
10	0,36	0,60	0,61	0,60	-0,84	-0,31
15	0,00	0,41	0,12	0,42	-0,71	-0,69
20	-0,25	0,22	-0,20	0,21	-0,72	-0,72
25	-0,33	0,03	-0,22	-0,07	-0,77	-0,80
30	-0,41	-0,16	-0,28	-0,26	-0,85	-0,90
35	-0,49	-0,35	-0,39	-0,33	-0,92	-1,03
40	-0,56	-0,53	-0,51	-0,40	-1,09	-1,09
45	-0,63	-0,72	-0,62	-0,47	-1,34	-1,24
50	-0,71	-0,91	-0,73	-0,56	-1,60	-1,49
55	-0,78	-1,10	-0,84	-0,66	-1,80	-1,71
60	-0,89	-1,29	-0,95	-0,79	-1,95	-1,86
65	-1,07	-1,45	-1,06	-0,92	-2,13	-2,04
70	-1,25	-1,67	-1,17	-1,09	-2,28	-2,19
75	-1,43	-2,02	-1,28	-1,30	-2,42	-2,33
80	-1,61	-2,25	-1,39	-1,47	-2,56	-2,47
85	-1,76	-2,27	-1,51	-1,58	-2,70	-2,62
90	-1,91	-2,31	-1,63	-1,69	-2,85	-2,76
95	-2,06	-2,35	-1,77	-1,77	-2,99	-2,90
100	-2,21	-2,40	-1,90	-1,92	-3,13	-3,04
105	-2,36	-2,47	-2,04	-2,22	-3,28	-3,19
110	-2,52	-2,55	-2,18	-2,43	-3,42	-3,33
115	-2,67	-2,66	-2,31	-2,53	-3,56	-3,47
120	-2,82	-2,77	-2,45	-2,63	-3,71	-3,62
125	-2,98	-2,88	-2,59	-2,72	-3,86	-3,77
130	-3,12	-3,00	-2,73	-2,82	-4,00	-3,91
135	-3,22	-3,11	-2,87	-2,92	-4,12	-4,03
140	-3,32	-3,22	-3,00	-3,01	-4,21	-4,13
145	-3,42	-3,33	-3,10	-3,11	-4,28	-4,19
150	-3,52	-3,44	-3,20	-3,21	-4,31	-4,22
155	-3,62	-3,55	-3,30	-3,30	-4,34	-4,25



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota					
					Mañana	Mañana
	1/08/01	1/10/01	1/11/01	1/10/02	8/09/12	22/09/12
160	-3,72	-3,65	-3,40	-3,40	-4,37	-4,28
165	-3,82	-3,73	-3,50	-3,50	-4,40	-4,31
170	-3,92	-3,81	-3,59	-3,60	-4,43	-4,34
175	-4,02	-3,89	-3,69	-3,69	-4,46	-4,37
180	-4,11	-3,97	-3,79	-3,79	-4,50	-4,41
185	-4,18	-4,05	-3,89	-3,89	-4,54	-4,45
190	-4,25	-4,13	-3,99	-3,98	-4,60	-4,51
195	-4,33	-4,22	-4,07	-4,08	-4,64	-4,55
200	-4,39	-4,29	-4,15	-4,18	-4,66	-4,57
205	-4,41	-4,31	-4,17	-4,20	-4,68	-4,59
210	-4,43	-4,33	-4,19	-4,21	-4,68	-4,59
215	-4,47	-4,37	-4,23	-4,26	-4,68	-4,59
220	-4,47	-4,37	-4,23	-4,25	-4,68	-4,59
225	-4,50	-4,40	-4,26	-4,28	-4,68	-4,59
230	-4,52	-4,43	-4,28	-4,31	-4,69	-4,60
235	-4,54	-4,45	-4,30	-4,33	-4,69	-4,60
240	-4,56	-4,47	-4,33	-4,35	-4,69	-4,61
245	-4,59	-4,49	-4,35	-4,37	-4,70	-4,61
250	-4,61	-4,51	-4,37	-4,39	-4,70	-4,61



Anexo 8. Batimetrías perfil P16 época intermedia y verano.

Abscisa	Cota-intermedio					Cota-verano		
		Mañana	Mañana	Mañana	Mañana			
	1/05/02	20/05/12	23/06/12	4/07/12	25/07/12	1/12/01	1/02/02	1/02/03
0	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
5	0,57	-0,67	-0,65	-0,75	-0,14	0,23	0,38	0,10
10	0,24	-0,85	-0,77	-0,97	-0,56	-0,21	-0,05	-0,44
15	-0,12	-0,97	-0,90	-0,90	-0,89	-0,31	-0,39	-0,57
20	-0,40	-0,88	-0,92	-0,96	-0,82	-0,39	-0,61	-0,70
25	-0,59	-0,97	-1,02	-1,07	-0,84	-0,45	-0,62	-0,85
30	-0,71	-1,13	-1,09	-1,15	-0,94	-0,51	-0,65	-0,99
35	-0,70	-1,30	-1,25	-1,24	-1,05	-0,59	-0,70	-1,13
40	-0,72	-1,43	-1,39	-1,32	-1,16	-0,68	-0,76	-1,28
45	-0,75	-1,55	-1,51	-1,42	-1,19	-0,76	-0,83	-1,42
50	-0,82	-1,66	-1,62	-1,56	-1,38	-0,84	-0,93	-1,56
55	-0,93	-1,79	-1,75	-1,70	-1,52	-0,92	-1,08	-1,70
60	-1,04	-1,89	-1,85	-1,85	-1,66	-1,01	-1,22	-1,85
65	-1,18	-2,02	-1,98	-1,99	-1,80	-1,09	-1,31	-1,99
70	-1,27	-2,16	-2,11	-2,13	-1,95	-1,17	-1,41	-2,13
75	-1,27	-2,30	-2,25	-2,28	-2,09	-1,26	-1,50	-2,28
80	-1,27	-2,42	-2,37	-2,42	-2,23	-1,34	-1,60	-2,42
85	-1,28	-2,56	-2,52	-2,56	-2,38	-1,42	-1,70	-2,56
90	-1,30	-2,70	-2,66	-2,70	-2,52	-1,50	-1,79	-2,70
95	-1,28	-2,85	-2,80	-2,85	-2,66	-1,56	-1,89	-2,85
100	-1,34	-2,99	-2,94	-2,99	-2,80	-1,67	-1,98	-2,99
105	-1,51	-3,13	-3,09	-3,13	-2,95	-1,83	-2,08	-3,13
110	-1,68	-3,28	-3,23	-3,28	-3,09	-2,00	-2,18	-3,28
115	-1,85	-3,42	-3,37	-3,42	-3,23	-2,19	-2,27	-3,42
120	-2,03	-3,56	-3,52	-3,56	-3,38	-2,37	-2,37	-3,56
125	-2,22	-3,71	-3,67	-3,71	-3,52	-2,56	-2,46	-3,71
130	-2,41	-3,86	-3,81	-3,86	-3,67	-2,74	-2,56	-3,86
135	-2,62	-4,00	-3,96	-4,00	-3,82	-2,93	-2,66	-4,02
140	-2,80	-4,12	-4,08	-4,12	-3,94	-3,11	-2,75	-4,16
145	-2,97	-4,21	-4,17	-4,21	-4,03	-3,26	-2,85	-4,27
150	-3,14	-4,28	-4,24	-4,28	-4,10	-3,38	-2,94	-4,36
155	-3,31	-4,31	-4,27	-4,31	-4,13	-3,47	-3,04	-4,41
160	-3,46	-4,34	-4,30	-4,34	-4,16	-3,56	-3,14	-4,46



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota-intermedio					Cota-verano		
		Mañana	Mañana	Mañana	Mañana			
	1/05/02	20/05/12	23/06/12	4/07/12	25/07/12	1/12/01	1/02/02	1/02/03
165	-3,62	-4,37	-4,33	-4,37	-4,19	-3,65	-3,23	-4,51
170	-3,76	-4,40	-4,36	-4,40	-4,22	-3,74	-3,33	-4,56
175	-3,90	-4,43	-4,38	-4,43	-4,24	-3,83	-3,42	-4,61
180	-4,03	-4,46	-4,42	-4,46	-4,28	-3,92	-3,52	-4,66
185	-4,16	-4,50	-4,45	-4,50	-4,31	-4,02	-3,62	-4,72
190	-4,28	-4,54	-4,50	-4,54	-4,36	-4,10	-3,71	-4,78
195	-4,39	-4,60	-4,55	-4,60	-4,41	-4,18	-3,81	-4,86
200	-4,50	-4,64	-4,59	-4,64	-4,45	-4,25	-3,91	-4,92
205	-4,52	-4,64	-4,59	-4,66	-4,47	-4,27	-3,93	-4,94
210	-4,53	-4,64	-4,59	-4,66	-4,47	-4,29	-3,95	-4,96
215	-4,58	-4,64	-4,59	-4,66	-4,47	-4,33	-3,99	-5,00
220	-4,57	-4,64	-4,59	-4,66	-4,47	-4,33	-3,98	-5,00
225	-4,60	-4,65	-4,61	-4,66	-4,48	-4,36	-4,01	-5,03
230	-4,63	-4,66	-4,61	-4,67	-4,48	-4,38	-4,04	-5,05
235	-4,65	-4,66	-4,62	-4,67	-4,49	-4,40	-4,06	-5,07
240	-4,67	-4,67	-4,62	-4,68	-4,49	-4,42	-4,08	-5,09
245	-4,69	-4,67	-4,63	-4,68	-4,49	-4,44	-4,10	-5,11
250	-4,71	-4,68	-4,64	-4,68	-4,50	-4,46	-4,12	-5,14



Anexo 9. Batimetrías perfil P17 época de invierno.

Abscisa	Cota										
					Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Mañana	Tarde
	1/08/01	1/10/01	1/11/01	1/10/02	20/10/07	20/10/07	21/10/07	21/10/07	27/10/07	3/11/07	3/11/07
0	0,77	0,77	0,77	0,77	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,35
5	0,79	0,79	0,79	0,79	0,84	0,86	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85
10	0,71	0,71	0,71	0,71	0,98	1,00	1,00	0,99	1,01	1,00	1,01
15	0,41	0,41	0,41	0,41	0,96	0,95	0,87	0,94	0,96	0,95	0,96
20	0,20	0,20	0,20	0,20	1,06	1,10	1,10	1,06	1,07	1,08	1,06
25	0,13	0,13	0,13	0,13	0,50	0,51	0,49	0,55	0,49	0,48	0,47
30	-0,21	-0,26	0,05	-0,23	0,31	0,33	0,32	0,32	0,31	0,35	0,36
35	-0,31	-0,36	-0,05	-0,33	0,33	0,35	0,33	0,34	0,35	0,14	0,12
40	-0,39	-0,44	-0,13	-0,41	0,34	0,35	0,34	0,34	0,35	-0,21	-0,23
45	-0,42	-0,48	-0,17	-0,44	0,19	0,21	0,19	0,19	0,19	-0,46	-0,47
50	-0,49	-0,54	-0,23	-0,51	-0,04	-0,06	-0,06	-0,05	-0,22	-0,63	-0,66
55	-0,59	-0,64	-0,33	-0,61	-0,42	-0,44	-0,51	-0,44	-0,49	-0,96	-1,02
60	-0,70	-0,75	-0,44	-0,72	-0,68	-0,71	-0,73	-0,69	-0,71	-1,01	-0,98
65	-0,82	-0,87	-0,56	-0,84	-0,76	-0,73	-0,78	-0,81	-0,88	-0,97	-0,97
70	-0,94	-0,99	-0,68	-0,96	-0,88	-0,88	-0,88	-0,82	-0,97	-1,08	-1,05
75	-1,06	-1,11	-0,80	-1,08	-0,95	-0,91	-0,93	-0,90	-1,06	-1,12	-1,14
80	-1,18	-1,23	-0,92	-1,20	-1,07	-1,04	-1,06	-1,11	-1,17	-1,17	-1,23
85	-1,30	-1,36	-1,04	-1,32	-1,35	-1,32	-1,29	-1,34	-1,31	-1,22	-1,24
90	-1,42	-1,48	-1,16	-1,44	-1,51	-1,46	-1,49	-1,52	-1,39	-1,23	-1,51
95	-1,54	-1,60	-1,28	-1,56	-1,67	-1,58	-1,60	-1,64	-1,56	-1,46	-1,67



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
					Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Mañana	Tarde
	1/08/01	1/10/01	1/11/01	1/10/02	20/10/07	20/10/07	21/10/07	21/10/07	27/10/07	3/11/07	3/11/07
100	-1,66	-1,72	-1,41	-1,68	-1,78	-1,74	-1,74	-1,75	-1,72	-1,72	-1,80
105	-1,78	-1,84	-1,53	-1,80	-1,91	-1,82	-1,86	-1,89	-1,86	-1,91	-1,90
110	-1,85	-1,96	-1,65	-1,92	-2,14	-2,03	-1,99	-1,97	-2,08	-2,10	-2,17
115	-1,99	-2,08	-1,77	-2,04	-2,14	-2,11	-2,14	-2,05	-2,15	-2,18	-2,25
120	-2,13	-2,27	-1,89	-2,24	-2,20	-2,16	-2,18	-2,11	-2,21	-2,23	-2,30
125	-2,27	-2,37	-2,01	-2,36	-2,31	-2,27	-2,29	-2,21	-2,32	-2,34	-2,41
130	-2,40	-2,46	-2,13	-2,47	-2,41	-2,37	-2,39	-2,31	-2,42	-2,44	-2,51
135	-2,54	-2,56	-2,24	-2,59	-2,50	-2,47	-2,49	-2,41	-2,51	-2,54	-2,61
140	-2,66	-2,66	-2,34	-2,70	-2,60	-2,56	-2,58	-2,50	-2,61	-2,63	-2,70
145	-2,75	-2,75	-2,44	-2,78	-2,69	-2,65	-2,67	-2,59	-2,70	-2,72	-2,79
150	-2,83	-2,85	-2,55	-2,85	-2,77	-2,74	-2,76	-2,68	-2,79	-2,81	-2,88
155	-2,92	-2,94	-2,65	-2,93	-2,86	-2,82	-2,84	-2,76	-2,87	-2,89	-2,96
160	-3,01	-3,04	-2,75	-3,01	-2,94	-2,90	-2,92	-2,85	-2,95	-2,97	-3,04
165	-3,10	-3,13	-2,85	-3,08	-3,02	-2,98	-3,00	-2,92	-3,03	-3,05	-3,12
170	-3,19	-3,21	-2,96	-3,14	-3,10	-3,06	-3,08	-3,00	-3,11	-3,13	-3,20
175	-3,27	-3,30	-3,06	-3,20	-3,17	-3,13	-3,15	-3,08	-3,18	-3,20	-3,27
180	-3,36	-3,38	-3,16	-3,26	-3,24	-3,21	-3,23	-3,15	-3,25	-3,28	-3,35
185	-3,45	-3,46	-3,24	-3,31	-3,31	-3,28	-3,30	-3,22	-3,32	-3,35	-3,42
190	-3,53	-3,54	-3,32	-3,38	-3,38	-3,35	-3,37	-3,29	-3,39	-3,42	-3,49
195	-3,59	-3,63	-3,40	-3,47	-3,45	-3,41	-3,43	-3,35	-3,46	-3,48	-3,55
200	-3,65	-3,71	-3,48	-3,56	-3,51	-3,48	-3,50	-3,42	-3,52	-3,55	-3,62
205	-3,71	-3,80	-3,56	-3,66	-3,58	-3,54	-3,56	-3,48	-3,59	-3,61	-3,68



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota										
					Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Mañana	Tarde
	1/08/01	1/10/01	1/11/01	1/10/02	20/10/07	20/10/07	21/10/07	21/10/07	27/10/07	3/11/07	3/11/07
210	-3,77	-3,87	-3,63	-3,75	-3,64	-3,60	-3,62	-3,54	-3,65	-3,67	-3,74
215	-3,83	-3,94	-3,71	-3,85	-3,70	-3,66	-3,68	-3,60	-3,71	-3,73	-3,80
220	-3,89	-3,99	-3,79	-3,93	-3,76	-3,72	-3,74	-3,66	-3,77	-3,79	-3,86
225	-3,95	-4,04	-3,88	-3,99	-3,82	-3,78	-3,80	-3,72	-3,83	-3,85	-3,92
230	-4,01	-4,09	-3,95	-4,05	-3,87	-3,84	-3,86	-3,78	-3,88	-3,91	-3,98
235	-4,07	-4,14	-4,01	-4,12	-3,93	-3,89	-3,91	-3,83	-3,94	-3,96	-4,03
240	-4,13	-4,18	-4,06	-4,18	-3,98	-3,95	-3,97	-3,89	-3,99	-4,02	-4,09
245	-4,19	-4,23	-4,14	-4,25	-4,04	-4,00	-4,02	-3,94	-4,05	-4,07	-4,14
250	-4,19	-4,23	-4,14	-4,25	-4,09	-4,05	-4,07	-3,99	-4,10	-4,12	-4,19
255	-4,31	-4,33	-4,28	-4,38	-4,14	-4,10	-4,12	-4,04	-4,15	-4,17	-4,24
260	-4,37	-4,38	-4,35	-4,45	-4,17	-4,14	-4,16	-4,08	-4,18	-4,21	-4,28



Anexo 10. Continuación batimetrías del perfil P17 época de invierno.

Abscisa	Cota (continuación)									
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Tarde	Mañana	Mañana	Mañana
	4/11/07	4/11/07	5/11/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08	8/09/12	22/09/12
0	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,07	1,07
5	0,85	0,86	0,85	0,87	0,87	0,85	0,87	0,87	0,50	0,33
10	1,00	1,00	1,00	1,10	1,10	1,10	1,12	1,11	0,40	0,24
15	0,95	0,95	0,95	1,03	1,03	1,02	1,03	1,03	0,37	0,21
20	1,09	1,11	1,08	1,24	1,23	1,23	1,25	1,25	0,28	0,13
25	0,48	0,45	0,47	0,51	0,52	0,52	0,51	0,53	0,12	-0,07
30	0,36	0,35	0,35	0,39	0,41	0,39	0,39	0,40	0,04	-0,12
35	0,16	0,15	0,18	0,31	0,29	0,31	0,30	0,31	0,01	-0,15
40	-0,18	-0,16	-0,20	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	-0,04	-0,16
45	-0,44	-0,49	-0,45	0,36	0,35	0,36	0,35	0,37	-0,17	-0,34
50	-0,62	-0,62	-0,71	-0,12	-0,13	-0,13	-0,13	-0,14	-0,42	-0,65
55	-1,03	-1,07	-1,07	-0,47	-0,41	-0,32	-0,39	-0,47	-0,76	-0,91
60	-0,95	-0,93	-1,19	-0,61	-0,49	-0,48	-0,53	-0,63	-0,81	-0,95
65	-0,91	-0,90	-1,01	-0,74	-0,72	-0,71	-0,72	-0,87	-0,91	-1,05
70	-1,00	-0,97	-0,82	-0,79	-0,71	-0,68	-0,71	-0,98	-1,01	-1,06
75	-1,02	-1,05	-0,91	-0,91	-0,80	-0,83	-0,83	-0,90	-1,16	-1,13
80	-1,13	-1,11	-0,97	-1,03	-0,93	-0,92	-1,02	-1,05	-1,25	-1,25
85	-1,15	-1,14	-1,03	-1,11	-1,07	-0,96	-1,07	-1,03	-1,63	-1,54
90	-1,29	-1,29	-1,11	-1,14	-1,12	-0,99	-1,10	-0,99	-1,99	-1,78
95	-1,55	-1,56	-1,19	-1,21	-1,09	-1,07	-1,22	-1,02	-2,12	-2,05



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota (continuación)									
	Mañana 4/11/07	Tarde 4/11/07	Mañana 5/11/07	Tarde 31/10/08	Mañana 1/11/08	Tarde 1/11/08	Tarde 2/11/08	Mañana 3/11/08	Mañana 8/09/12	Mañana 22/09/12
100	-1,71	-1,74	-1,37	-1,34	-1,23	-1,19	-1,27	-1,20	-2,14	-2,07
105	-1,80	-1,96	-1,57	-1,36	-1,31	-1,21	-1,27	-1,23	-2,19	-2,12
110	-2,07	-2,08	-1,93	-1,47	-1,43	-1,32	-1,40	-1,35	-2,31	-2,23
115	-2,15	-2,16	-2,01	-1,62	-1,52	-1,46	-1,49	-1,42	-2,42	-2,35
120	-2,20	-2,21	-2,06	-1,64	-1,62	-1,47	-1,65	-1,53	-2,53	-2,45
125	-2,31	-2,32	-2,17	-1,70	-1,70	-1,69	-1,67	-1,50	-2,63	-2,55
130	-2,41	-2,42	-2,27	-1,79	-1,69	-1,86	-1,70	-1,58	-2,73	-2,65
135	-2,51	-2,52	-2,37	-1,89	-1,83	-1,77	-1,84	-1,74	-2,82	-2,75
140	-2,60	-2,61	-2,46	-1,97	-1,91	-1,85	-1,91	-1,81	-2,91	-2,84
145	-2,69	-2,70	-2,55	-2,04	-1,98	-1,92	-1,98	-1,88	-3,00	-2,93
150	-2,78	-2,79	-2,64	-2,11	-2,05	-1,99	-2,05	-1,95	-3,08	-3,01
155	-2,86	-2,87	-2,72	-2,21	-2,15	-2,10	-2,16	-2,06	-3,17	-3,09
160	-2,94	-2,95	-2,80	-2,33	-2,27	-2,21	-2,28	-2,18	-3,25	-3,17
165	-3,02	-3,03	-2,88	-2,45	-2,39	-2,33	-2,40	-2,30	-3,32	-3,25
170	-3,10	-3,11	-2,96	-2,57	-2,51	-2,45	-2,52	-2,42	-3,40	-3,33
175	-3,17	-3,18	-3,03	-2,69	-2,63	-2,57	-2,64	-2,53	-3,47	-3,40
180	-3,25	-3,26	-3,11	-2,81	-2,75	-2,69	-2,75	-2,65	-3,54	-3,47
185	-3,32	-3,33	-3,18	-2,93	-2,87	-2,81	-2,87	-2,77	-3,61	-3,54
190	-3,38	-3,39	-3,24	-3,05	-2,99	-2,93	-2,99	-2,89	-3,68	-3,60
195	-3,45	-3,46	-3,31	-3,17	-3,11	-3,05	-3,11	-3,01	-3,74	-3,67
200	-3,52	-3,53	-3,38	-3,29	-3,23	-3,17	-3,23	-3,13	-3,81	-3,73
205	-3,58	-3,59	-3,44	-3,41	-3,35	-3,29	-3,35	-3,25	-3,87	-3,79



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota (continuación)									
	Mañana 4/11/07	Tarde 4/11/07	Mañana 5/11/07	Tarde 31/10/08	Mañana 1/11/08	Tarde 1/11/08	Tarde 2/11/08	Mañana 3/11/08	Mañana 8/09/12	Mañana 22/09/12
210	-3,64	-3,65	-3,50	-3,53	-3,47	-3,41	-3,47	-3,37	-3,93	-3,85
215	-3,70	-3,71	-3,56	-3,65	-3,59	-3,53	-3,59	-3,49	-3,99	-3,91
220	-3,76	-3,77	-3,62	-3,69	-3,63	-3,58	-3,64	-3,54	-4,04	-3,97
225	-3,82	-3,83	-3,68	-3,74	-3,67	-3,62	-3,68	-3,58	-4,10	-4,03
230	-3,88	-3,89	-3,74	-3,78	-3,72	-3,66	-3,72	-3,62	-4,16	-4,08
235	-3,93	-3,94	-3,79	-3,82	-3,76	-3,70	-3,77	-3,66	-4,21	-4,14
240	-3,99	-3,99	-3,84	-3,86	-3,80	-3,74	-3,81	-3,71	-4,26	-4,19
245	-4,04	-4,05	-3,90	-3,90	-3,84	-3,78	-3,85	-3,75	-4,31	-4,24
250	-4,09	-4,10	-3,95	-3,94	-3,88	-3,82	-3,89	-3,79	-4,36	-4,29
255	-4,14	-4,15	-4,00	-3,98	-3,92	-3,86	-3,92	-3,82	-4,40	-4,33
260	-4,18	-4,19	-4,04	-4,02	-3,96	-3,90	-3,96	-3,86	-4,44	-4,37



Anexo 11. Batimetrías del perfil P17 época intermedia y verano.

Abscisa	Cota-intermedio					Cota-verano		
		Mañana	Mañana	Mañana	Mañana			
	1/05/02	20/05/12	23/06/12	4/07/12	25/07/12	1/12/01	1/02/02	1/02/03
0	0,77	1,07	1,07	1,07	1,07	0,77	0,77	0,77
5	0,39	0,34	0,32	0,31	0,52	0,47	0,23	0,74
10	0,06	0,25	0,27	0,23	0,40	0,09	-0,15	0,66
15	-0,22	0,22	0,10	0,19	0,36	-0,06	-0,29	0,47
20	-0,44	0,14	0,02	0,12	0,30	-0,20	-0,43	0,37
25	-0,57	0,02	-0,04	-0,05	0,14	-0,34	-0,58	0,45
30	-0,67	-0,15	-0,15	-0,13	0,06	-0,48	-0,72	0,43
35	-0,68	-0,28	-0,20	-0,13	0,06	-0,61	-0,85	0,25
40	-0,74	-0,77	-0,50	-0,27	0,02	-0,72	-0,96	0,03
45	-0,86	-1,12	-1,03	-0,50	-0,33	-0,80	-1,04	-0,28
50	-0,98	-1,20	-1,05	-1,03	-0,52	-0,88	-1,12	-0,53
55	-1,11	-1,39	-1,12	-1,00	-0,79	-0,97	-1,20	-0,73
60	-1,24	-1,56	-1,23	-1,04	-0,85	-1,04	-1,28	-0,87
65	-1,41	-1,51	-1,41	-1,11	-0,95	-1,10	-1,34	-0,93
70	-1,53	-1,77	-1,57	-1,48	-1,04	-1,16	-1,40	-0,97
75	-1,59	-1,92	-1,72	-1,62	-1,17	-1,22	-1,46	-0,93
80	-1,65	-2,05	-1,85	-1,88	-1,29	-1,30	-1,53	-0,99
85	-1,70	-2,18	-1,98	-2,08	-1,54	-1,38	-1,62	-1,22
90	-1,76	-2,29	-2,09	-2,19	-1,77	-1,47	-1,71	-1,42
95	-1,82	-2,41	-2,21	-2,31	-1,88	-1,56	-1,79	-1,58



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota-intermedio					Cota-verano		
		Mañana	Mañana	Mañana	Mañana			
	1/05/02	20/05/12	23/06/12	4/07/12	25/07/12	1/12/01	1/02/02	1/02/03
100	-1,87	-2,51	-2,31	-2,41	-1,98	-1,64	-1,88	-1,73
105	-1,93	-2,61	-2,41	-2,51	-2,08	-1,73	-1,97	-1,88
110	-1,99	-2,71	-2,51	-2,61	-2,18	-1,81	-2,05	-2,03
115	-2,04	-2,80	-2,60	-2,70	-2,27	-1,90	-2,14	-2,18
120	-2,10	-2,89	-2,69	-2,79	-2,36	-1,99	-2,22	-2,34
125	-2,16	-2,97	-2,77	-2,87	-2,44	-2,07	-2,31	-2,49
130	-2,21	-3,05	-2,85	-2,95	-2,52	-1,98	-2,40	-2,64
135	-2,27	-3,13	-2,93	-3,03	-2,60	-2,10	-2,48	-2,80
140	-2,33	-3,21	-3,01	-3,11	-2,68	-2,22	-2,57	-2,95
145	-2,37	-3,28	-3,08	-3,18	-2,75	-2,33	-2,65	-3,11
150	-2,44	-3,35	-3,15	-3,25	-2,82	-2,45	-2,74	-3,26
155	-2,57	-3,42	-3,22	-3,32	-2,89	-2,57	-2,83	-3,39
160	-2,70	-3,48	-3,28	-3,38	-2,95	-2,68	-2,91	-3,53
165	-2,85	-3,55	-3,35	-3,45	-3,02	-2,80	-3,00	-3,66
170	-2,98	-3,61	-3,41	-3,51	-3,08	-2,92	-3,08	-3,80
175	-3,10	-3,67	-3,47	-3,57	-3,14	-3,03	-3,17	-3,96
180	-3,22	-3,73	-3,53	-3,63	-3,20	-3,13	-3,26	-4,10
185	-3,34	-3,78	-3,58	-3,68	-3,25	-3,23	-3,34	-4,24
190	-3,45	-3,84	-3,64	-3,74	-3,31	-3,33	-3,43	-4,32
195	-3,53	-3,89	-3,69	-3,79	-3,36	-3,43	-3,52	-4,33
200	-3,61	-3,94	-3,74	-3,84	-3,41	-3,53	-3,60	-4,35
205	-3,70	-3,99	-3,79	-3,89	-3,47	-3,63	-3,69	-4,36



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota-intermedio					Cota-verano		
		Mañana	Mañana	Mañana	Mañana			
	1/05/02	20/05/12	23/06/12	4/07/12	25/07/12	1/12/01	1/02/02	1/02/03
210	-3,77	-4,04	-3,84	-3,94	-3,52	-3,73	-3,77	-4,37
215	-3,84	-4,09	-3,89	-3,99	-3,56	-3,83	-3,86	-4,39
220	-3,90	-4,14	-3,94	-4,04	-3,61	-3,93	-3,94	-4,40
225	-3,97	-4,19	-3,99	-4,09	-3,66	-4,01	-3,99	-4,42
230	-4,02	-4,23	-4,03	-4,13	-3,70	-4,08	-4,04	-4,43
235	-4,05	-4,28	-4,08	-4,18	-3,75	-4,13	-4,10	-4,46
240	-4,08	-4,32	-4,12	-4,22	-3,79	-4,17	-4,14	-4,47
245	-4,15	-4,36	-4,16	-4,26	-3,83	-4,26	-4,20	-4,49
250	-4,15	-4,40	-4,20	-4,30	-3,88	-4,26	-4,20	-4,49
255	-4,25	-4,45	-4,25	-4,35	-3,92	-4,40	-4,31	-4,52
260	-4,30	-4,49	-4,29	-4,39	-3,96	-4,46	-4,37	-4,54



Anexo 12. Batimetrías perfil P18 época intermedia e invierno.

Abscisa	Cota-invierno		Cota-intermedio				
	Mañana	Mañana		Mañana	Mañana	Mañana	Mañana
	8/09/12	22/09/12	1/05/03	20/05/12	23/06/12	4/07/12	25/07/12
0	1,44	0,65	0,71	1,44	1,44	1,44	1,49
5	0,11	0,12	0,13	0,59	0,74	0,04	0,00
10	-0,22	-0,20	-0,27	0,03	0,01	-0,26	-0,29
15	-0,39	-0,40	-0,38	-0,27	-0,31	-0,46	-0,42
20	-0,48	-0,49	-0,48	-0,39	-0,40	-0,49	-0,46
25	-0,51	-0,49	-0,45	-0,58	-1,01	-0,63	-0,54
30	-0,61	-0,86	-0,62	-0,97	-1,35	-1,25	-0,87
35	-0,89	-1,26	-1,13	-1,35	-1,54	-1,46	-1,26
40	-1,19	-1,37	-1,52	-1,46	-1,59	-1,47	-1,40
45	-1,41	-1,45	-1,73	-1,52	-1,63	-1,53	-1,51
50	-1,51	-1,56	-1,93	-1,60	-1,87	-1,60	-1,64
55	-1,61	-1,81	-2,14	-1,67	-2,19	-1,69	-1,69
60	-1,79	-2,02	-2,27	-1,84	-2,21	-1,79	-1,79
65	-2,10	-2,46	-2,21	-2,08	-2,32	-1,94	-1,94
70	-2,48	-2,64	-2,22	-2,29	-2,52	-1,96	-1,96
75	-2,52	-2,77	-2,30	-2,48	-2,71	-2,64	-2,64
80	-2,61	-2,86	-2,39	-2,66	-2,89	-2,73	-2,73
85	-2,71	-2,96	-2,45	-2,83	-3,06	-2,81	-2,81
90	-2,79	-3,04	-2,56	-2,99	-3,22	-2,90	-2,90
95	-2,86	-3,11	-2,75	-3,14	-3,37	-2,97	-2,97
100	-2,93	-3,18	-2,90	-3,28	-3,51	-3,05	-3,05
105	-3,00	-3,25	-2,98	-3,38	-3,62	-3,12	-3,12
110	-3,06	-3,31	-3,06	-3,45	-3,69	-3,18	-3,18
115	-3,12	-3,37	-3,11	-3,52	-3,76	-3,25	-3,25
120	-3,18	-3,43	-3,21	-3,59	-3,82	-3,31	-3,31
125	-3,24	-3,48	-3,41	-3,65	-3,88	-3,37	-3,37
130	-3,29	-3,54	-3,56	-3,71	-3,94	-3,42	-3,42
135	-3,34	-3,59	-3,64	-3,77	-4,00	-3,48	-3,48
140	-3,39	-3,64	-3,71	-3,83	-4,06	-3,53	-3,53
145	-3,44	-3,69	-3,76	-3,88	-4,11	-3,58	-3,58
150	-3,48	-3,73	-3,83	-3,93	-4,16	-3,63	-3,63
155	-3,53	-3,78	-3,89	-3,98	-4,21	-3,68	-3,68
160	-3,57	-3,82	-3,97	-4,03	-4,26	-3,72	-3,72



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota-invierno		Cota-intermedio				
	Mañana	Mañana		Mañana	Mañana	Mañana	Mañana
	8/09/12	22/09/12	1/05/03	20/05/12	23/06/12	4/07/12	25/07/12
165	-3,61	-3,86	-4,10	-4,08	-4,31	-3,77	-3,77
170	-3,66	-3,90	-4,19	-4,12	-4,36	-3,81	-3,81
175	-3,69	-3,94	-4,22	-4,17	-4,40	-3,85	-3,85
180	-3,73	-3,98	-4,25	-4,21	-4,44	-3,89	-3,89
185	-3,77	-4,02	-4,26	-4,25	-4,49	-3,93	-3,93
190	-3,81	-4,05	-4,29	-4,29	-4,53	-3,97	-3,97
195	-3,84	-4,09	-4,31	-4,33	-4,57	-4,01	-4,01
200	-3,88	-4,12	-4,34	-4,37	-4,61	-4,04	-4,04
205	-3,91	-4,16	-4,38	-4,41	-4,64	-4,08	-4,08
210	-3,94	-4,19	-4,41	-4,45	-4,68	-4,11	-4,11
215	-3,97	-4,22	-4,45	-4,48	-4,72	-4,15	-4,15
220	-4,01	-4,25	-4,48	-4,52	-4,75	-4,18	-4,18
225	-4,04	-4,28	-4,52	-4,55	-4,79	-4,21	-4,21
230	-4,07	-4,31	-4,55	-4,59	-4,82	-4,24	-4,24
235	-4,10	-4,34	-4,59	-4,59	-4,82	-4,27	-4,27
240	-4,12	-4,37	-4,62	-4,59	-4,82	-4,30	-4,30
245	-4,15	-4,40	-4,61	-4,59	-4,82	-4,33	-4,33
250	-4,18	-4,43	-4,64	-4,59	-4,82	-4,36	-4,36
255	-4,21	-4,45	-4,63	-4,59	-4,82	-4,39	-4,39
260	-4,23	-4,48	-4,61	-4,59	-4,82	-4,42	-4,42
265	-4,26	-4,51	-4,60	-4,59	-4,82	-4,45	-4,45
270	-4,28	-4,53	-4,63	-4,62	-4,85	-4,47	-4,47
275	-4,31	-4,56	-4,67	-4,64	-4,88	-4,50	-4,50
280	-4,33	-4,58	-4,71	-4,67	-4,90	-4,53	-4,53
285	-4,36	-4,61	-4,74	-4,70	-4,93	-4,55	-4,55
290	-4,38	-4,63	-4,78	-4,73	-4,94	-4,58	-4,58
295	-4,41	-4,65	-4,81	-4,75	-4,94	-4,60	-4,60
300	-4,43	-4,67	-4,85	-4,78	-4,94	-4,62	-4,62
305	-4,45	-4,70	-4,88	-4,80	-4,94	-4,65	-4,65
310	-4,47	-4,72	-4,92	-4,83	-4,95	-4,67	-4,67
315	-4,49	-4,74	-4,95	-4,85	-4,95	-4,69	-4,69
320	-4,52	-4,76	-4,99	-4,88	-4,95	-4,72	-4,72
325	-4,54	-4,78	-5,02	-4,90	-4,97	-4,74	-4,74
330	-4,56	-4,80	-5,06	-4,92	-4,98	-4,76	-4,76



Anexo 13. Batimetrías del perfil BNA2 época de invierno.

Abscisa	Cota							
				Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	1/10/01	1/11/01	1/10/02	10/11/07	10/11/07	11/11/07	11/11/07	12/11/07
0	1,16	1,16	1,16	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
5	0,86	0,79	0,78	2,06	2,02	2,06	2,04	2,07
10	0,55	0,42	0,42	1,36	1,38	1,40	1,40	1,40
15	0,45	0,42	0,45	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00
20	0,35	0,42	0,48	0,75	0,73	0,74	0,73	0,74
25	0,36	0,42	0,49	0,57	0,57	0,57	0,56	0,57
30	0,37	0,41	0,51	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57
35	0,43	0,45	0,52	0,59	0,59	0,59	0,57	0,58
40	0,49	0,49	0,54	0,65	0,65	0,65	0,64	0,65
45	0,52	0,52	0,51	0,69	0,68	0,68	0,67	0,67
50	0,56	0,55	0,49	0,63	0,63	0,68	0,79	0,62
55	0,52	0,52	0,48	0,65	0,65	0,65	0,92	0,65
60	0,48	0,48	0,47	0,66	0,65	0,65	0,94	0,65
65	0,48	0,57	0,45	0,65	0,54	0,66	0,65	0,64
70	0,48	0,65	0,43	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62
75	0,52	0,48	0,44	0,60	0,57	0,60	0,59	0,59
80	0,56	0,31	0,45	0,61	0,58	0,60	0,59	0,60
85	0,35	-0,01	0,27	0,60	0,56	0,59	0,64	0,58
90	0,14	-0,26	0,10	0,70	0,67	0,69	0,70	0,68
95	-0,13	-0,30	-0,32	0,76	0,73	0,71	0,72	0,77
100	-0,41	-0,35	-0,39	0,12	0,11	0,09	0,20	-0,13
105	-0,54	-0,50	-0,39	-0,15	-0,19	-0,21	-0,07	-0,39
110	-0,68	-0,65	-0,39	-0,49	-0,48	-0,50	-0,30	-0,73
115	-0,81	-0,80	-0,55	-0,33	-0,34	-0,35	-0,09	-0,49
120	-0,95	-0,94	-0,71	-0,32	-0,34	-0,39	-0,16	-0,58
125	-1,08	-1,09	-0,93	-0,39	-0,40	-0,43	-0,22	-0,61
130	-1,21	-1,24	-1,14	-0,51	-0,46	-0,52	-0,26	-0,72
135	-1,35	-1,39	-1,34	-0,57	-0,53	-0,61	-0,32	-0,78
140	-1,48	-1,54	-1,62	-0,70	-0,61	-0,71	-0,38	-0,84
145	-1,61	-1,69	-1,85	-0,76	-0,69	-0,79	-0,46	-0,94
150	-1,67	-1,74	-1,91	-0,86	-0,79	-0,88	-0,57	-1,04
155	-1,71	-1,78	-1,95	-1,08	-0,91	-1,05	-0,71	-1,23
160	-1,76	-1,83	-1,99	-1,27	-1,04	-1,24	-0,90	-1,27



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota							
				Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	1/10/01	1/11/01	1/10/02	10/11/07	10/11/07	11/11/07	11/11/07	12/11/07
165	-1,80	-1,88	-2,03	-1,10	-1,16	-1,41	-1,06	-1,44
170	-1,84	-1,92	-2,06	-1,31	-1,36	-1,47	-1,17	-1,61
175	-1,88	-1,96	-2,10	-1,38	-1,43	-1,55	-1,24	-1,68
180	-1,92	-2,00	-2,14	-1,45	-1,50	-1,62	-1,31	-1,75
185	-1,95	-2,04	-2,17	-1,52	-1,57	-1,69	-1,38	-1,82
190	-1,99	-2,08	-2,20	-1,59	-1,64	-1,76	-1,45	-1,89
195	-2,02	-2,12	-2,24	-1,65	-1,71	-1,82	-1,51	-1,96
200	-2,06	-2,16	-2,27	-1,72	-1,77	-1,89	-1,58	-2,02



Anexo 14. Continuación de las Batimetrías del perfil BNA2 época de invierno.

Abscisa	Cota (Continuación)							
	Tarde	Mañana	Tarde	Tarde	Mañana	Tarde	Tarde	Mañana
	12/11/07	28/11/07	28/11/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
0	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
5	2,05	2,06	2,04	2,02	2,02	2,01	2,02	2,02
10	1,42	1,40	1,40	1,44	1,44	1,45	1,44	1,44
15	1,02	1,00	1,00	1,26	1,26	1,26	1,27	1,26
20	0,75	0,74	0,74	0,73	0,73	0,74	0,73	0,73
25	0,58	0,57	0,60	0,64	0,63	0,64	0,64	0,64
30	0,58	0,57	0,64	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
35	0,57	0,58	0,63	0,60	0,60	0,61	0,60	0,60
40	0,65	0,65	0,66	0,62	0,62	0,63	0,62	0,61
45	0,68	0,68	0,69	0,65	0,65	0,66	0,65	0,64
50	0,63	0,62	0,63	0,67	0,66	0,68	0,67	0,65
55	0,65	0,65	0,66	0,68	0,67	0,68	0,68	0,67
60	0,65	0,64	0,65	0,67	0,66	0,67	0,67	0,66
65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
70	0,62	0,62	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,64
75	0,60	0,60	0,61	0,64	0,64	0,64	0,65	0,64
80	0,60	0,67	0,69	0,64	0,64	0,65	0,64	0,64
85	0,59	0,74	0,77	0,64	0,65	0,65	0,63	0,64
90	0,69	0,81	0,82	0,65	0,65	0,65	0,63	0,64
95	0,79	0,63	0,63	0,65	0,66	0,64	0,64	0,65
100	0,32	0,34	0,24	0,63	0,64	0,63	0,63	0,63
105	-0,01	0,05	0,06	0,61	0,62	0,61	0,61	0,62
110	-0,25	-0,12	-0,09	0,62	0,63	0,62	0,62	0,63
115	-0,39	-0,24	-0,23	0,62	0,64	0,61	0,62	0,64
120	-0,25	-0,34	-0,32	0,53	0,54	0,52	0,53	0,55
125	-0,30	-0,47	-0,44	0,37	0,37	0,36	0,37	0,39
130	-0,31	-0,48	-0,52	0,14	0,14	0,14	0,15	0,16
135	-0,35	-0,55	-0,60	-0,09	-0,09	-0,13	-0,09	-0,07
140	-0,43	-0,62	-0,67	-0,21	-0,19	-0,26	-0,20	-0,18
145	-0,49	-0,71	-0,78	-0,32	-0,29	-0,40	-0,32	-0,29
150	-0,59	-0,79	-0,83	-0,40	-0,38	-0,48	-0,40	-0,38
155	-0,68	-0,82	-0,86	-0,58	-0,50	-0,63	-0,57	-0,55
160	-0,80	-0,89	-1,00	-0,69	-0,60	-0,75	-0,69	-0,63



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

Abscisa	Cota (Continuación)							
	Tarde	Mañana	Tarde	Tarde	Mañana	Tarde	Tarde	Mañana
	12/11/07	28/11/07	28/11/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
165	-0,97	-1,00	-1,10	-0,68	-0,62	-0,74	-0,67	-0,64
170	-1,17	-1,15	-1,38	-0,69	-0,64	-0,70	-0,66	-0,69
175	-1,24	-1,17	-1,45	-0,72	-0,66	-0,74	-0,68	-0,72
180	-1,32	-1,47	-1,53	-0,78	-0,71	-0,85	-0,74	-0,78
185	-1,39	-1,54	-1,59	-0,93	-0,89	-0,94	-0,89	-0,92
190	-1,45	-1,61	-1,66	-1,12	-1,09	-1,14	-1,09	-1,08
195	-1,52	-1,68	-1,73	-1,32	-1,25	-1,38	-1,29	-1,27
200	-1,58	-1,74	-1,79	-1,51	-1,44	-1,56	-1,48	-1,46



Anexo 15. Batimetrías del perfil P24 época de invierno.

Abscisa	Cota							
				Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana
	1/10/01	1/11/01	1/10/02	10/11/07	10/11/07	11/11/07	11/11/07	12/11/07
0	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
5	0,68	0,68	0,71	0,68	0,66	0,33	0,32	0,31
10	0,52	0,53	0,59	0,68	0,66	0,68	0,65	0,68
15	0,50	0,51	0,45	0,73	0,71	0,23	0,23	0,23
20	0,48	0,49	0,30	0,74	0,71	0,73	0,72	0,74
25	0,47	0,48	0,35	0,75	0,73	0,24	0,24	0,25
30	0,46	0,47	0,28	0,60	0,57	0,60	0,57	0,60
35	0,47	0,44	0,20	0,64	0,63	0,64	0,62	0,65
40	0,48	0,41	0,20	0,44	0,42	0,44	0,45	0,45
45	0,22	0,18	0,18	0,37	0,34	0,36	0,36	0,37
50	-0,17	-0,18	0,16	0,34	0,32	0,34	0,32	0,34
55	-0,30	-0,34	0,17	0,37	0,35	0,37	0,35	0,37
60	-0,42	-0,49	0,21	0,48	0,45	0,48	0,45	0,47
65	-0,60	-0,64	0,06	0,38	0,37	0,39	0,39	0,42
70	-0,78	-0,78	-0,21	0,07	0,03	0,07	0,06	0,09
75	-0,97	-0,93	-0,37	-0,19	-0,25	-0,19	-0,23	-0,10
80	-1,15	-1,07	-0,45	-0,24	-0,38	-0,08	-0,08	-0,05
85	-1,35	-1,22	-0,53	-0,44	-0,52	-0,53	-0,49	-0,42
90	-1,64	-1,36	-0,61	-0,53	-0,76	-0,74	-0,75	-0,56
95	-1,70	-1,51	-0,75	-0,72	-1,10	-0,27	-0,31	-0,19
100	-1,77	-1,65	-0,92	-1,11	-1,28	-1,27	-1,28	-1,21
105	-1,83	-1,80	-1,16	-1,24	-1,41	-1,36	-1,34	-1,37



Anexo 16. Continuación de las Batimetrías del perfil P24 época de invierno.

Abscisa	Cota (Continuación)							
	Tarde	Mañana	Tarde	Tarde	Mañana	Tarde	Tarde	Mañana
	12/11/07	28/11/07	28/11/07	31/10/08	1/11/08	1/11/08	2/11/08	3/11/08
0	0,83	0,83	0,83	0,77	0,78	0,74	0,76	0,76
5	0,33	0,33	0,33	0,78	0,76	0,76	0,77	0,78
10	0,67	0,68	0,68	0,87	0,87	0,83	0,85	0,86
15	0,23	0,23	0,23	1,03	1,02	1,04	1,01	1,02
20	0,74	0,74	0,75	1,12	1,12	1,10	1,12	1,10
25	0,24	0,24	0,24	0,74	0,74	0,71	0,73	0,73
30	0,59	0,60	0,60	0,93	0,93	0,93	0,92	0,94
35	0,62	0,63	0,64	0,60	0,61	0,58	0,60	0,60
40	0,43	0,44	0,45	0,59	0,58	0,57	0,59	0,58
45	0,36	0,37	0,37	0,51	0,50	0,49	0,50	0,57
50	0,33	0,34	0,35	0,45	0,45	0,44	0,44	0,45
55	0,37	0,40	0,40	0,42	0,42	0,40	0,43	0,42
60	0,47	0,53	0,52	0,46	0,46	0,45	0,46	0,47
65	0,41	0,53	0,56	0,48	0,47	0,45	0,47	0,47
70	0,05	0,06	0,10	0,46	0,43	0,43	0,48	0,45
75	-0,23	-0,21	-0,24	0,53	0,51	0,49	0,55	0,52
80	-0,07	-0,09	-0,09	0,00	0,00	-0,03	-0,01	0,00
85	-0,40	-0,57	-0,54	-0,30	-0,38	-0,34	-0,34	-0,31
90	-0,57	-0,69	-0,64	-0,37	-0,38	-0,43	-0,38	-0,38
95	-0,22	-0,19	-0,19	-0,41	-0,37	-0,51	-0,55	-0,42
100	-1,27	-0,80	-0,76	-0,55	-0,47	-0,37	-0,54	-0,55
105	-1,39	-0,82	-0,81	-0,82	-0,86	-0,97	-0,88	-0,83



Anexo 17. Autofunciones de los perfiles del sector de Bocagrande.

P6-invierno		P7 -invierno		P8-invierno		P9-invierno	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
72,5	0,00	69,9	0,00	34,9	0,00	35,5	0,00
75,2	-0,11	70,0	-0,01	35,0	0,00	45,0	-0,02
80,2	-0,30	75,0	-0,27	40,0	-0,24	50,0	-0,18
85,2	-0,35	80,0	-0,43	45,0	-0,34	55,0	-0,27
90,2	-0,43	85,0	-0,49	50,0	-0,48	60,0	-0,36
95,2	-0,55	90,0	-0,56	55,0	-0,57	65,0	-0,50
100,2	-0,65	95,0	-0,66	60,0	-0,75	70,0	-0,72
105,2	-0,73	100,0	-0,74	65,0	-0,94	75,0	-0,90
110,2	-0,81	105,0	-0,88	70,0	-1,10	80,0	-1,03
115,2	-0,89	110,0	-1,06	75,0	-1,28	85,0	-1,25
120,2	-0,97	115,0	-1,21	80,0	-1,53	90,0	-1,40
125,2	-1,06	120,0	-1,44	85,0	-1,69	95,0	-1,54
130,2	-1,14	125,0	-1,53	90,0	-1,82	100,0	-1,68
135,2	-1,23	130,0	-1,74	95,0	-1,93	105,0	-1,78
140,2	-1,34	135,0	-1,96	100,0	-2,05	110,0	-1,90
145,2	-1,40	140,0	-2,05	105,0	-2,17	115,0	-2,00
150,2	-1,47	145,0	-2,13	110,0	-2,28	120,0	-2,10
155,2	-1,55	150,0	-2,20	115,0	-2,39	125,0	-2,20
160,2	-1,64	155,0	-2,28	120,0	-2,49	130,0	-2,29
165,2	-1,74	160,0	-2,36	125,0	-2,59	135,0	-2,37
170,2	-1,86	165,0	-2,43	130,0	-2,69	140,0	-2,45
175,2	-1,99	170,0	-2,50	135,0	-2,77	145,0	-2,54
180,2	-2,12	175,0	-2,57	140,0	-2,84	150,0	-2,60
185,2	-2,25	180,0	-2,64	145,0	-2,90	155,0	-2,66
190,2	-2,38	185,0	-2,71	150,0	-2,96	160,0	-2,71
195,2	-2,51	190,0	-2,77	155,0	-3,03	165,0	-2,76
200,2	-2,63	195,0	-2,84	160,0	-3,09	170,0	-2,81
205,2	-2,76	200,0	-2,90	165,0	-3,15	175,0	-2,86
210,2	-2,89	205,0	-2,96	170,0	-3,22	180,0	-2,91
215,2	-3,00	210,0	-3,02	175,0	-3,28	185,0	-2,95
220,2	-3,10	215,0	-3,07	180,0	-3,33	190,0	-3,00
225,2	-3,20	220,0	-3,13	185,0	-3,38	195,0	-3,04
230,2	-3,30	225,0	-3,18	190,0	-3,43	200,0	-3,09
235,2	-3,40	230,0	-3,24	195,0	-3,47	205,0	-3,13



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

P6-invierno		P7 -invierno		P8-invierno		P9-invierno	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
240,2	-3,50	235,0	-3,29	200,0	-3,52	210,0	-3,17
245,2	-3,60	240,0	-3,34	205,0	-3,55	215,0	-3,21
250,2	-3,70	245,0	-3,39	210,0	-3,59	220,0	-3,23
255,2	-3,80	250,0	-3,44	215,0	-3,63	225,0	-3,25
260,2	-3,88	255,0	-3,49	220,0	-3,68	230,0	-3,27
265,2	-3,95	260,0	-3,53	225,0	-3,71	235,0	-3,30
270,2	-4,01	265,0	-3,58	230,0	-3,73	240,0	-3,32
275,2	-4,06	270,0	-3,61	235,0	-3,76	245,0	-3,36
280,2	-4,11	275,0	-3,63	240,0	-3,79	250,0	-3,39
285,2	-4,16	280,0	-3,66	245,0	-3,82	255,0	-3,42
290,2	-4,22	285,0	-3,68	250,0	-3,84	260,0	-3,46
295,2	-4,27	290,0	-3,71	255,0	-3,87	265,0	-3,49
300,2	-4,32	295,0	-3,73	260,0	-3,89	270,0	-3,52
		300,0	-3,76	265,0	-3,915	275,0	-3,547
		305,0	-3,78	270,0	-3,939	280,0	-3,577
		310,0	-3,80	275,0	-3,962	285,0	-3,608
		315,0	-3,82	280,0	-3,985	290,0	-3,639
		320,0	-3,89	285,0	-4,008	295,0	-3,669
		325,0	-3,92	290,0	-4,030	300,0	-3,699
		330,0	-3,96	295,0	-4,052	305,0	-3,729
		335,0	-3,99	300,0	-4,074	310,0	-3,743
		340,0	-4,02	305,0	-4,095	315,0	-3,756
				310,0	-4,116	320,0	-3,770
				315,0	-4,136	325,0	-3,783
				320,0	-4,157	330,0	-3,796
				325,0	-4,177	335,0	-3,811
				330,0	-4,196	340,0	-3,833
				335,0	-4,216	345,0	-3,858
				340,0	-4,235	350,0	-3,884
				345,0	-4,254	355,0	-3,905
				350,0	-4,273	360,0	-3,926
				355,0	-4,292	365,0	-3,946
				360,0	-4,310	370,0	-3,966
				365,0	-4,328	375,0	-3,986
				370,0	-4,346	380,0	-4,012
				375,0	-4,363	385,0	-4,025



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

P6-invierno		P7 -invierno		P8-invierno		P9-invierno	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
				380,0	-4,381	390,0	-4,038
				385,0	-4,398	395,0	-4,051
				390,0	-4,415	400,0	-4,063
				395,0	-4,432	405,0	-4,076
				400,0	-4,448	410,0	-4,091
				405,0	-4,465	415,0	-4,112
				410,0	-4,481	420,0	-4,133
				415,0	-4,497	425,0	-4,155
				420,0	-4,513	430,0	-4,175
				425,0	-4,528	435,0	-4,196
				430,0	-4,544	440,0	-4,216
				435,0	-4,559	445,0	-4,236
				440,0	-4,574	450,0	-4,256
				445,0	-4,590	455,0	-4,275
				450,0	-4,604	460,0	-4,295
				455,0	-4,619	465,0	-4,314
				460,0	-4,634	470,0	-4,333
				465,0	-4,648	475,0	-4,351
				470,0	-4,662	480,0	-4,370
				475,0	-4,677	485,0	-4,380
				480,0	-4,690	490,0	-4,391
				485,0	-4,704	495,0	-4,401
				490,0	-4,718	500,0	-4,411
				495,0	-4,732	505,0	-4,429
				500,0	-4,745	510,0	-4,446
				505,0	-4,758	515,0	-4,462
				510,0	-4,772	520,0	-4,477
				515,0	-4,785	525,0	-4,492
				520,0	-4,798	530,0	-4,507



Anexo 18. Autofunciones del perfil P15 del sector de Marbella.

P15-invierno		P15-intermedio		P15-verano	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
16,2	0,00	4,8	0,00	12,9	0,00
20,0	-0,11	5,0	-0,04	15,0	-0,13
25,0	-0,34	10,0	-0,29	20,0	-0,33
30,0	-0,53	15,0	-0,45	25,0	-0,36
35,0	-0,79	20,0	-0,58	30,0	-0,43
40,0	-0,95	25,0	-0,72	35,0	-0,56
45,0	-1,08	30,0	-0,87	40,0	-0,67
50,0	-1,21	35,0	-1,03	45,0	-0,74
55,0	-1,35	40,0	-1,14	50,0	-0,82
60,0	-1,45	45,0	-1,21	55,0	-0,89
65,0	-1,54	50,0	-1,28	60,0	-0,99
70,0	-1,64	55,0	-1,35	65,0	-1,13
75,0	-1,76	60,0	-1,42	70,0	-1,27
80,0	-1,86	65,0	-1,48	75,0	-1,41
85,0	-1,96	70,0	-1,53	80,0	-1,55
90,0	-2,08	75,0	-1,58	85,0	-1,69
95,0	-2,16	80,0	-1,63	90,0	-1,83
100,0	-2,30	85,0	-1,68	95,0	-1,97
105,0	-2,43	90,0	-1,76	100,0	-2,11
110,0	-2,55	95,0	-1,87	105,0	-2,26
115,0	-2,66	100,0	-1,99	110,0	-2,39
120,0	-2,77	105,0	-2,16	115,0	-2,51
125,0	-2,88	110,0	-2,31	120,0	-2,64
130,0	-2,99	115,0	-2,44	125,0	-2,76
135,0	-3,12	120,0	-2,57	130,0	-2,88
140,0	-3,25	125,0	-2,73	135,0	-2,99
145,0	-3,38	130,0	-2,87	140,0	-3,09
150,0	-3,51	135,0	-3,00	145,0	-3,18
155,0	-3,62	140,0	-3,11	150,0	-3,27
160,0	-3,74	145,0	-3,20	155,0	-3,36
165,0	-3,86	150,0	-3,28	160,0	-3,47
170,0	-3,97	155,0	-3,37	165,0	-3,60
175,0	-4,09	160,0	-3,45	170,0	-3,74
180,0	-4,21	165,0	-3,53	175,0	-3,89



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

P15-invierno		P15-intermedio		P15-verano	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
185,0	-4,33	170,0	-3,61	180,0	-4,02
190,0	-4,44	175,0	-3,69	185,0	-4,13
195,0	-4,57	180,0	-3,77	190,0	-4,24
200,0	-4,66	185,0	-3,84	195,0	-4,33
205,0	-4,75	190,0	-3,91	200,0	-4,42
210,0	-4,82	195,0	-3,98	205,0	-4,51



Anexo 19. Autofunciones del perfil P16 del sector de Marbella.

P16-invierno		P16-intermedio		P16-verano	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
12,6	0,00	3,6	0,00	7,3	0,00
15,0	-0,11	5,0	-0,31	10,0	-0,24
20,0	-0,26	10,0	-0,53	15,0	-0,40
25,0	-0,37	15,0	-0,67	20,0	-0,53
30,0	-0,49	20,0	-0,70	25,0	-0,61
35,0	-0,59	25,0	-0,78	30,0	-0,68
40,0	-0,70	30,0	-0,88	35,0	-0,77
45,0	-0,84	35,0	-0,97	40,0	-0,87
50,0	-1,00	40,0	-1,05	45,0	-0,96
55,0	-1,15	45,0	-1,13	50,0	-1,06
60,0	-1,29	50,0	-1,23	55,0	-1,18
65,0	-1,44	55,0	-1,34	60,0	-1,29
70,0	-1,60	60,0	-1,45	65,0	-1,40
75,0	-1,78	65,0	-1,57	70,0	-1,50
80,0	-1,94	70,0	-1,68	75,0	-1,60
85,0	-2,05	75,0	-1,78	80,0	-1,70
90,0	-2,17	80,0	-1,87	85,0	-1,80
95,0	-2,28	85,0	-1,98	90,0	-1,91
100,0	-2,41	90,0	-2,08	95,0	-2,00
105,0	-2,56	95,0	-2,18	100,0	-2,11
110,0	-2,70	100,0	-2,29	105,0	-2,24
115,0	-2,83	105,0	-2,42	110,0	-2,36
120,0	-2,96	110,0	-2,55	115,0	-2,49
125,0	-3,09	115,0	-2,67	120,0	-2,63
130,0	-3,21	120,0	-2,80	125,0	-2,76
135,0	-3,33	125,0	-2,94	130,0	-2,89
140,0	-3,43	130,0	-3,07	135,0	-3,04
145,0	-3,51	135,0	-3,20	140,0	-3,16
150,0	-3,59	140,0	-3,32	145,0	-3,27
155,0	-3,66	145,0	-3,41	150,0	-3,37
160,0	-3,73	150,0	-3,48	155,0	-3,44
165,0	-3,80	155,0	-3,53	160,0	-3,51
170,0	-3,86	160,0	-3,57	165,0	-3,58
175,0	-3,93	165,0	-3,62	170,0	-3,65



AJUSTE DEL PERFIL DE PLAYA EN EQUILIBRIO DE DEAN EN TRES ZONAS DE CARTAGENA

P16-invierno		P16-intermedio		P16-verano	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
180,0	-4,00	170,0	-3,66	175,0	-3,72
185,0	-4,07	175,0	-3,70	180,0	-3,79
190,0	-4,14	180,0	-3,74	185,0	-3,86
195,0	-4,21	185,0	-3,79	190,0	-3,94
200,0	-4,27	190,0	-3,84	195,0	-4,01
205,0	-4,28	195,0	-3,89	200,0	-4,08
210,0	-4,30	200,0	-3,94	205,0	-4,10
215,0	-4,32	205,0	-3,95	210,0	-4,12
220,0	-4,32	210,0	-3,95	215,0	-4,15
225,0	-4,34	215,0	-3,96	220,0	-4,15
230,0	-4,36	220,0	-3,96	225,0	-4,18
235,0	-4,37	225,0	-3,97	230,0	-4,20
240,0	-4,39	230,0	-3,98	235,0	-4,22
245,0	-4,40	235,0	-3,98	240,0	-4,24
250,0	-4,41	240,0	-3,99	245,0	-4,26
		245,0	-4,00	250,0	-4,28
		250,0	-4,00		



Anexo 20. Autofunciones del perfil P17 del sector de Marbella.

P17-invierno		P17-intermedio		P17-verano	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
41,1	0,00	25,5	0,00	14,7	0,00
45,0	-0,09	30,0	-0,10	15,0	-0,01
50,0	-0,36	35,0	-0,15	20,0	-0,15
55,0	-0,67	40,0	-0,42	25,0	-0,23
60,0	-0,78	45,0	-0,81	30,0	-0,32
65,0	-0,87	50,0	-1,02	35,0	-0,43
70,0	-0,94	55,0	-1,15	40,0	-0,55
75,0	-1,03	60,0	-1,26	45,0	-0,69
80,0	-1,14	65,0	-1,34	50,0	-0,82
85,0	-1,29	70,0	-1,57	55,0	-0,94
90,0	-1,42	75,0	-1,72	60,0	-1,05
95,0	-1,56	80,0	-1,89	65,0	-1,13
100,0	-1,70	85,0	-2,08	70,0	-1,19
105,0	-1,82	90,0	-2,23	75,0	-1,22
110,0	-1,97	95,0	-2,35	80,0	-1,29
115,0	-2,07	100,0	-2,46	85,0	-1,40
120,0	-2,16	105,0	-2,57	90,0	-1,50
125,0	-2,26	110,0	-2,67	95,0	-1,60
130,0	-2,37	115,0	-2,77	100,0	-1,69
135,0	-2,47	120,0	-2,86	105,0	-1,78
140,0	-2,56	125,0	-2,95	110,0	-1,87
145,0	-2,65	130,0	-3,03	115,0	-1,96
150,0	-2,74	135,0	-3,12	120,0	-2,06
155,0	-2,83	140,0	-3,20	125,0	-2,15
160,0	-2,93	145,0	-3,27	130,0	-2,20
165,0	-3,02	150,0	-3,35	135,0	-2,30
170,0	-3,11	155,0	-3,42	140,0	-2,40
175,0	-3,20	160,0	-3,49	145,0	-2,50
180,0	-3,29	165,0	-3,56	150,0	-2,60
185,0	-3,37	170,0	-3,62	155,0	-2,71
190,0	-3,46	175,0	-3,69	160,0	-2,82
195,0	-3,54	180,0	-3,75	165,0	-2,93
200,0	-3,62	185,0	-3,81	170,0	-3,05
205,0	-3,70	190,0	-3,87	175,0	-3,16



P17-invierno		P17-intermedio		P17-verano	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
210,0	-3,78	195,0	-3,92	180,0	-3,27
215,0	-3,86	200,0	-3,98	185,0	-3,37
220,0	-3,92	205,0	-4,03	190,0	-3,46
225,0	-3,98	210,0	-4,09	195,0	-3,53
230,0	-4,04	215,0	-4,14	200,0	-3,59
235,0	-4,09	220,0	-4,19	205,0	-3,66
240,0	-4,14	225,0	-4,24	210,0	-3,72
245,0	-4,20	230,0	-4,29	215,0	-3,79
250,0	-4,24	235,0	-4,33	220,0	-3,84
255,0	-4,30	240,0	-4,38	225,0	-3,89
260,0	-4,35	245,0	-4,42	230,0	-3,93
		250,0	-4,47	235,0	-3,97
		255,0	-4,51	240,0	-4,01
		260,0	-4,55	245,0	-4,06
				250,0	-4,06
				255,0	-4,15
				260,0	-4,19



Anexo 21. Autofunciones del perfil P18 del sector de Marbella.

P18-invierno		P18-intermedio	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
6,7	0,00	8,7	0,00
10,0	-0,20	10,0	-0,12
15,0	-0,38	15,0	-0,37
20,0	-0,47	20,0	-0,44
25,0	-0,48	25,0	-0,71
30,0	-0,72	30,0	-1,13
35,0	-1,05	35,0	-1,42
40,0	-1,24	40,0	-1,50
45,0	-1,38	45,0	-1,57
50,0	-1,49	50,0	-1,70
55,0	-1,66	55,0	-1,84
60,0	-1,85	60,0	-1,94
65,0	-2,21	65,0	-2,10
70,0	-2,48	70,0	-2,22
75,0	-2,56	75,0	-2,65
80,0	-2,65	80,0	-2,79
85,0	-2,75	85,0	-2,92
90,0	-2,82	90,0	-3,04
95,0	-2,89	95,0	-3,16
100,0	-2,96	100,0	-3,27
105,0	-3,03	105,0	-3,36
110,0	-3,09	110,0	-3,43
115,0	-3,15	115,0	-3,49
120,0	-3,20	120,0	-3,56
125,0	-3,26	125,0	-3,62
130,0	-3,31	130,0	-3,68
135,0	-3,36	135,0	-3,74
140,0	-3,41	140,0	-3,79
145,0	-3,45	145,0	-3,84
150,0	-3,50	150,0	-3,89
155,0	-3,54	155,0	-3,94
160,0	-3,58	160,0	-3,99
165,0	-3,62	165,0	-4,04
170,0	-3,66	170,0	-4,08



P18-invierno		P18-intermedio	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
175,0	-3,70	175,0	-4,13
180,0	-3,74	180,0	-4,17
185,0	-3,77	185,0	-4,21
190,0	-3,81	190,0	-4,25
195,0	-3,84	195,0	-4,29
200,0	-3,87	200,0	-4,33
205,0	-3,91	205,0	-4,36
210,0	-3,94	210,0	-4,40
215,0	-3,97	215,0	-4,44
220,0	-4,00	220,0	-4,47
225,0	-4,03	225,0	-4,50
230,0	-4,06	230,0	-4,54
235,0	-4,09	235,0	-4,55
240,0	-4,12	240,0	-4,57
245,0	-4,14	245,0	-4,58
250,0	-4,17	250,0	-4,60
255,0	-4,20	255,0	-4,61
260,0	-4,22	260,0	-4,62
265,0	-4,25	265,0	-4,64
270,0	-4,27	270,0	-4,66
275,0	-4,29	275,0	-4,69
280,0	-4,32	280,0	-4,72
285,0	-4,34	285,0	-4,75
290,0	-4,36	290,0	-4,77
295,0	-4,39	295,0	-4,79
300,0	-4,41	300,0	-4,80
305,0	-4,43	305,0	-4,82
310,0	-4,45	310,0	-4,84
315,0	-4,47	315,0	-4,86
320,0	-4,49	320,0	-4,88
325,0	-4,51	325,0	-4,90
330,0	-4,54	330,0	-4,92



Anexo 22. Autofunciones de los perfiles del sector de La Boquilla.

BNA2-invierno		P24-invierno	
Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
105,0	0,00	72,0	0,00
109,9	-0,16	75,8	-0,14
114,9	-0,15	80,8	-0,35
119,9	-0,22	85,8	-0,73
124,9	-0,34	90,8	-0,90
129,9	-0,47	95,8	-0,82
134,9	-0,61	100,8	-1,31
139,9	-0,72	105,8	-1,55
144,9	-0,84		
149,9	-0,92		
154,9	-1,04		
159,9	-1,15		
164,9	-1,22		
169,9	-1,32		
174,9	-1,38		
179,9	-1,46		
184,9	-1,54		
189,9	-1,64		
194,9	-1,74		
199,9	-1,83		