



**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y
CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO
DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**KEVIN JAVIER PADILLA GARCIA
ALEJANDRO VARGAS HERNANDEZ**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
CARTAGENA D.T. y C. - BOLÍVAR
2017**



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS

Grupo De Investigación:

Grupo de Investigación en Hidráulica y Manejo Costero (GIHMAC).

Línea de Investigación:

Manejo Hidráulico y Ambiental de la Zona Costera y Fluvial.

Investigadores principales:

KEVIN PADILLA GARCIA

ALEJANDRO VARGAS HERNANDEZ

Investigador y Director:

MSc. DALIA A. MORENO EGEL

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
CARTAGENA D.T. y C. - BOLÍVAR**

2017



DEDICATORIA

En primera instancia, debo comenzar agradeciendo a Dios por todas las bendiciones recibidas durante todos los días de mi vida.

A mi padre, Alejandro Vargas Guerrero, quién sembró en mí la lucha constante por mis sueños. A ti, debo todo lo que soy y desde el cielo, sé que me has acompañado en toda esta travesía.

A mi madre, Judith Hernández, compañera incondicional de apoyo y fuente inagotable de amor y lucha. Para ti, todo el amor infinito.

A mis hermanas, Indira y Adineth Vargas Hernández, por su paciencia y apoyo desmedido durante mi formación profesional.

A mi novia, Julieth Ortiz Cárdenas por su compañía, amor y motivación constante, este triunfo también es para ti. Y a su familia, especialmente, al señor José Miguel Ortiz, quienes me acogieron en su hogar con los brazos abiertos y con una mano dispuesta siempre a colaborar en todo este proceso profesional y personal.

A toda mi familia, a mi abuela Adela Hernández y a mi abuelo Blasco Hernández, que partiste antes de lo previsto, a acompañar en el cielo a mi padre, ambos desde allí celebrarán con gozo este triunfo profesional.

A mis tíos, especialmente, a Antonio Vargas Guerrero, por asumir mi formación profesional como su responsabilidad, sin él, todo este camino hubiese sido dispendioso. Infinitas gracias por solventar y estar dispuesto a ayudarme en todo momento.

A mi amigo y colega Kevin Padilla, ambos emprendimos este camino de sacrificios, dedicación y perseverancia para lograr finalizar nuestra formación profesional.

A Miguel Ospina, Cristian Driaza, Iván Amador, José Zuluaga, quienes nos ayudaron con las mediciones en campo.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



A la profesora y asesora, Dalia Moreno Egel, por confiar en nosotros y en este proyecto. Inmensa gratitud para con usted, por los consejos, constancia y horas dedicadas a nuestra formación profesional, por todos los conocimientos y aprendizajes adquiridos durante este tiempo.

Mis más sinceros agradecimientos al programa de Ingeniería Civil, donde crecí y en especial, a su Directora, Mónica Eljaiek Urzola y a sus profesores en general, especialmente, Alfonso Arrieta Pastrana, Ramón Torres Ortega, Pedro Guardela, Modesto Barrios, entre otros. A todos ellos, inmensa gratitud hoy y siempre por todas las enseñanzas adquiridas, acompañamiento y sugerencias continuas. Sin ellos, todo este proceso de formación como Ingeniero Civil no fuese posible.

Para todos, amor y gratitud. Que Dios los siga bendiciendo y les regale mucha vida y salud.

Alejandro Vargas Hernández



DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, Johnny Padilla Salcedo y América García Camacho, y a mi hermano, Johnny Padilla García, quienes con su apoyo me impulsaron cada día a seguir adelante. A mi maravillosa novia Laura Restrepo Guzmán, quien fue mi pilar, le debo más de lo que le he podido dar. A mi Directora de trabajo de grado, Dalia Moreno Egel, por sus pacientes enseñanzas y esfuerzo en ayudarnos. A Mi compañero de tesis, Alejandro Vargas, algún día vamos a llegar a la NASA. A Miguel Ospina, Cristian Driaza, Iván Amador, José Zuluaga, quienes nos ayudaron con las mediciones en campo. A Gredys Martínez, quien nos colaboró siempre con una sonrisa. Al resto de mi familia, el apoyo fue vital. A José Manuel Restrepo, Luz Helena Guzmán, Manuel Restrepo, mi familia que conocí. Y al resto de personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de este trabajo de grado.

Kevin Padilla García



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	19
1. MARCO DE REFERENCIA	22
1.1 ESTADO DEL ARTE.....	22
1.2 ANTECEDENTES	27
1.3 MARCO TEORICO.....	31
1.3.1 Definición de playa.....	31
1.3.2 Morfología de playas	32
1.3.3 Rotura del Oleaje	34
1.3.4 Tipos de rotura	35
1.3.5 Numero de Iribarren	36
1.3.6 Conceptos fundamentales	37
1.3.7 Zona Litoral	37
1.3.8 Perfil de playa.....	38
1.3.9 Línea de costa.....	39
1.3.10 Variación del perfil	40
1.3.11 Perfil de equilibrio	40
1.3.12 Características de los sedimentos.....	41
1.3.13 Momentos de orden superior	43
1.3.14 Usos de las distribuciones.....	45
1.3.15 Profundidad límite del perfil de equilibrio.....	46
1.3.16 Riesgo para los bañistas en una playa.....	48
2. OBJETIVOS	49



2.1	OBJETIVO GENERAL.....	49
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	49
3.	ALCANCE	50
4.	METODOLOGÍA	54
4.3	REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	55
4.4	MEDICIÓN DE PERFILES	56
4.4.1	Reconocimiento de la zona y ubicación de los perfiles.....	56
4.4.2	Levantamiento topográfico de los perfiles de playa	57
4.5	OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SEDIMENTO	59
4.6	CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS PERFILES DE PLAYA	62
4.7	ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES DE LA LÍNEA DE COSTA	62
4.8	DETERMINACIÓN DEL RIESGO PARA BAÑISTAS.....	63
5.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	64
5.1	UBICACIÓN DE LOS PERFILES	64
5.2	ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA.....	65
5.2.1	Variación de la línea de costa en el Perfil 1	65
5.2.2	Variación de la línea de costa en el Perfil 2.....	66
5.2.3	Variación de la línea de costa en el Perfil 3	67
5.3	COMPARACIÓN DE LAS LÍNEAS DE COSTA POR MEDIO DE IMÁGENES DE SATÉLITE TOMADAS DE GOOGLE EARTH.	69
5.4	ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PERFILES DE PLAYA.....	70
5.4.1	PERFIL 1	71
5.4.2	PERFIL 2	73
5.4.3	PERFIL 3	75



5.5	Comparación de perfiles 1, 2, y 3 desde la línea de costa (LC).....	78
5.6	Comparación del perfil 1 con un perfil medido en 2002.	81
5.7	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LAS MUESTRAS.....	82
5.7.1	PERFIL 1	82
5.7.2	PERFIL 2	84
5.7.3	PERFIL 3	86
5.8	CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	88
5.8.1	Estado morfológico del Perfil 1	89
5.8.2	Estado morfológico del Perfil 2	90
5.8.3	Estado morfológico del Perfil 3	93
5.9	Tipo de rotura en la zona de estudio	95
5.10	ANÁLISIS DEL RIESGO PARA LOS BAÑISTAS.....	97
6.	CONCLUSIONES	102
6.2	LIMITACIONES	105
6.3	RECOMENDACIONES.....	106
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
8.	ANEXOS	111
	ANEXO I - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LAS MUESTRAS.....	111
	ANEXO II - CORRECCIÓN DE PERFILES DE PLAYA.	151
	ANEXO III- CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	164
	ANEXO IV- AJUSTE POR DEAN	165



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos y formas de rotura del oleaje sobre una pendiente y su relación con el número de Iribarren Ir, expresado por ζ_0 .	36
Figura 2. Zonificación y elementos del perfil de playa.	39
Figura 3. Nivel de seguridad en función de la altura de ola y del estado morfodinámico de la playa.	48
Figura 4. Ubicación geográfica de Cartagena de indias y de la zona de Manzanillo del Mar.	50
Figura 5. Ubicación geográfica del sector de estudio cerca del Hotel Karmairi.	51
Figura 6. Diagrama de la metodología del estudio.	55
Figura 7. Ubicación geográfica de los perfiles.	57
Figura 8. Formato de toma de datos de perfiles en campo.	58
Figura 9. Ejemplo de toma de muestra en los perfiles estudiados.	60
Figura 10. Variación de la posición de la línea de costa en el Perfil 1.	66
Figura 11. Variación de la posición de la línea de costa en el Perfil 2.	67
Figura 12. Variación de la posición de la línea de costa en el Perfil 3.	68
Figura 13. Perfiles con los trazados de la línea de costa entre los años 2005 y 2017.	70
Figura 14. Variación del Perfil 1.	72
Figura 15. Comparación del perfil promedio del Perfil 1 con el perfil de equilibrio de Dean.	73
Figura 16. Variación del Perfil 2.	74
Figura 17. Comparación del perfil promedio del perfil 2 con el perfil de equilibrio de Dean.	75
Figura 18. Variación del Perfil 3.	76
Figura 19. Comparación del perfil promedio del Perfil 3 con el perfil de equilibrio de Dean.	77
Figura 20. Características de los Perfiles promedio 1, 2 y 3 en la zona sumergida, medidos desde la Línea de costa y el perfil promedio de Dean.	80



Figura 21. Comparación Perfil 1 del 2017 con el Perfil medido en 2002 en época de lluvias.....81

Figura 22. Fotografías del comportamiento del oleaje el día 23 de abril en la zona de estudio.....97



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estado de playa de acuerdo con los valores límites de $\tan \beta$ y Ω	34
Tabla 2. Valores del número de Iribarren para los diferentes tipos de rotura según Battjes (1974).....	37
Tabla 3. Distribución cualitativa del sedimento para Desviación Estándar; Asimetría y Curtosis.....	45
Tabla 4. Datos de marea sacados del CIOH	59
Tabla 5. Clasificación de los sedimentos de acuerdo con el tamaño del grano.....	61
Tabla 6. Ubicación y características de los perfiles estudiados.....	64
Tabla 7. Longitud del BM a línea de costa de cada perfil respecto a las mediciones.	65
Tabla 8. Línea de costa de los perfiles de estudio entre los años 2005 y 2016.	69
Tabla 9. Parámetros W y A , de acuerdo con el D_{50} de la muestra sumergida para ajustar el perfil de Dean.	71
Tabla 10. Pendientes promedios del perfil promedio 1.....	78
Tabla 11. Pendientes promedios del perfil 2.	78
Tabla 12. Pendientes promedios del perfil 3.	79
Tabla 13. Parámetros D_{16} , D_{50} y D_{84} en mm para las diferentes muestras en cada medición del perfil 1.....	82
Tabla 14. Diámetros en unidades ϕ y distribución de frecuencia de tamaño de sedimentos en unidades Phi del Perfil 1.....	83
Tabla 15. Parámetros D_{16} , D_{50} y D_{84} en mm para las diferentes muestras en cada medición del perfil 2.....	84
Tabla 16. Diámetros en unidades ϕ y distribución de frecuencia de tamaño de sedimentos en unidades Phi del Perfil 2.....	85
Tabla 17. Parámetros D_{16} , D_{50} y D_{84} en mm para las diferentes muestras en cada medición del perfil 3.....	86
Tabla 18. Diámetros en unidades ϕ y distribución de frecuencia de tamaño de sedimentos en unidades Phi del Perfil 3.....	87



Tabla 19. Datos de oleaje obtenidos en 2014.	89
Tabla 20. Evaluación del parámetro de Dean (Ω), en el Perfil 1 para oleaje en Manzanillo del Mar.....	90
Tabla 21. Evaluación del parámetro de Dean (Ω) en el Perfil 1 para casos de oleaje propagado a partir del H50% (Régimen medio), Hs y Tp.....	91
Tabla 22. Evaluación del parámetro de Dean (Ω) en el Perfil 2 para oleaje en Manzanillo del Mar.....	92
Tabla 23. Evaluación del parámetro de Dean (Ω) en el Perfil 2 para casos de oleaje propagado a partir del H50% (Régimen medio), Hs y Tp.....	92
Tabla 24. Evaluación del parámetro de Dean (Ω) en el Perfil 3 para oleaje en Manzanillo del Mar.....	93
Tabla 25. Evaluación del parámetro de Dean (Ω) en el Perfil 3 para casos de oleaje propagado a partir del H50% (Régimen medio), Hs y Tp.....	94
Tabla 26. Número de Iribarren, altura Hs y Tp del oleaje y clasificación del tipo de rotura para los datos de oleaje obtenidos.	96
Tabla 27. Nivel de seguridad del perfil 1, según su estado morfodinámico y altura de olas.	99
Tabla 28. Nivel de seguridad del perfil 2, según su estado morfodinámico y altura de olas.	100
Tabla 29. Nivel de seguridad del perfil 3, según su estado morfodinámico y altura de olas.	101
Tabla 30. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 1, 5 de Marzo del 2017 (Primera medición).....	111
Tabla 31. Granulometría del perfil 1, muestra 1, primera medición	112
Tabla 32. Granulometría del perfil 1, muestra 2, primera medición	112
Tabla 33. Granulometría del perfil 1, muestra 3, primera medición	113
Tabla 34. Granulometría del perfil 1, muestra 4, primera medición	113
Tabla 35. Granulometría del perfil 1, muestra 5, primera medición	114



Tabla 36. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 1, 1 de Abril del 2017 (Segunda medición).....	115
Tabla 37. Granulometría del perfil 1, muestra 1, segunda medición.....	115
Tabla 38. Granulometría del perfil 1, muestra 2, segunda medición.....	116
Tabla 39. Granulometría del perfil 1, muestra 3, segunda medición.....	116
Tabla 40. Granulometría del perfil 1, muestra 4, segunda medición.....	117
Tabla 41. Granulometría del perfil 1, muestra 5, segunda medición.....	117
Tabla 42. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 2, 1 de Abril del 2017 (Segunda medición).....	118
Tabla 43. Granulometría del perfil 2, muestra 1, segunda medición.....	118
Tabla 44. Granulometría del perfil 2, muestra 2, segunda medición.....	119
Tabla 45. Granulometría del perfil 2, muestra 3, segunda medición.....	119
Tabla 46. Granulometría del perfil 2, muestra 4, segunda medición.....	120
Tabla 47. Granulometría del perfil 2, muestra 5, segunda medición.....	120
Tabla 48. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 3, 1 de Abril del 2017 (Segunda medición).....	121
Tabla 49. Granulometría del perfil 3, muestra 1, segunda medición.....	121
Tabla 50. Granulometría del perfil 3, muestra 2, segunda medición.....	122
Tabla 51. Granulometría del perfil 3, muestra 3, segunda medición.....	122
Tabla 52. Granulometría del perfil 3, muestra 4, segunda medición.....	123
Tabla 53. Granulometría del perfil 3, muestra 5, segunda medición.....	123
Tabla 54. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 1, 23 de Abril del 2017 (Tercera medición)	124
Tabla 55. Granulometría del perfil 1, muestra 1, tercera medición	124
Tabla 56. Granulometría del perfil 1, muestra 2, tercera medición	125
Tabla 57. Granulometría del perfil 1, muestra 3, tercera medición	125
Tabla 58. Granulometría del perfil 1, muestra 4, tercera medición	126
Tabla 59. Granulometría del perfil 1, muestra 5, tercera medición	126



Tabla 60. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 2, 23 de Abril del 2017 (Tercera medición)	127
Tabla 61. Granulometría del perfil 2, muestra 1, tercera medición	127
Tabla 62. Granulometría del perfil 2, muestra 2, tercera medición	128
Tabla 63. Granulometría del perfil 2, muestra 3, tercera medición	128
Tabla 64. Granulometría del perfil 2, muestra 4, tercera medición	129
Tabla 65. Granulometría del perfil 2, muestra 5, tercera medición	129
Tabla 66. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 3, 23 de Abril del 2017 (Tercera medición)	130
Tabla 67. Granulometría del perfil 3, muestra 1, tercera medición	130
Tabla 68. Granulometría del perfil 3, muestra 2, tercera medición	131
Tabla 69. Granulometría del perfil 3, muestra 3, tercera medición	131
Tabla 70. Granulometría del perfil 3, muestra 4, tercera medición	132
Tabla 71. Granulometría del perfil 3, muestra 5, tercera medición	132
Tabla 72. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 1, 7 de Mayo del 2017 (Cuarta medición)	133
Tabla 73. Granulometría del perfil 1, muestra 1, cuarta medición	133
Tabla 74. Granulometría del perfil 1, muestra 2, cuarta medición	134
Tabla 75. Granulometría del perfil 1, muestra 3, cuarta medición	134
Tabla 76. Granulometría del perfil 1, muestra 4, cuarta medición	135
Tabla 77. Granulometría del perfil 1, muestra 5, cuarta medición	135
Tabla 78. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 2, 7 de Mayo del 2017 (Cuarta medición)	136
Tabla 79. Granulometría del perfil 2, muestra 1, cuarta medición	136
Tabla 80. Granulometría del perfil 2, muestra 2, cuarta medición	137
Tabla 81. Granulometría del perfil 2, muestra 3, cuarta medición	137
Tabla 82. Granulometría del perfil 2, muestra 4, cuarta medición	138
Tabla 83. Granulometría del perfil 2, muestra 5, cuarta medición	138



Tabla 84. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 3, 7 de Mayo del 2017 (Cuarta medición).....	139
Tabla 85. Granulometría del perfil 3, muestra 1, cuarta medición	139
Tabla 86. Granulometría del perfil 3, muestra 2, cuarta medición	140
Tabla 87. Granulometría del perfil 3, muestra 3, cuarta medición	140
Tabla 88. Granulometría del perfil 3, muestra 4, cuarta medición	141
Tabla 89. Granulometría del perfil 3, muestra 5, cuarta medición	141
Tabla 90. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 1, 21 de Mayo del 2017 (Quinta medición).....	142
Tabla 91. Granulometría del perfil 1, muestra 1, quinta medición.....	142
Tabla 92. Granulometría del perfil 1, muestra 2, quinta medición.....	143
Tabla 93. Granulometría del perfil 1, muestra 3, quinta medición.....	143
Tabla 94. Granulometría del perfil 1, muestra 4, quinta medición.....	144
Tabla 95. Granulometría del perfil 1, muestra 5, quinta medición.....	144
Tabla 96. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 2, 21 de Mayo del 2017 (Quinta medición).....	145
Tabla 97. Granulometría del perfil 2, muestra 1, quinta medición.....	145
Tabla 98. Granulometría del perfil 2, muestra 2, quinta medición.....	146
Tabla 99. Granulometría del perfil 2, muestra 3, quinta medición.....	146
Tabla 100. Granulometría del perfil 2, muestra 4, quinta medición.....	147
Tabla 101. Granulometría del perfil 2, muestra 5, quinta medición.....	147
Tabla 102. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 3, 21 de Mayo del 2017 (Quinta medición).....	148
Tabla 103. Granulometría del perfil 3, muestra 1, quinta medición.....	148
Tabla 104. Granulometría del perfil 3, muestra 2, quinta medición.....	149
Tabla 105. Granulometría del perfil 3, muestra 3, quinta medición.....	149
Tabla 106. Granulometría del perfil 3, muestra 4, quinta medición.....	150
Tabla 107. Granulometría del perfil 3, muestra 5, quinta medición.....	150



Tabla 108. Perfiles estudiados corregidos por Marea, Medición #1 - 5 de Marzo del 2017	151
Tabla 109. Perfiles estudiados corregidos por Marea, Medición #2 - 1 de Abril del 2017	152
Tabla 110. Perfiles estudiados corregidos por Marea, Medición #3 - 23 de Abril del 2017	155
Tabla 111. Perfiles estudiados corregidos por Marea, Medición #4 - 7 de Mayo del 2017	158
Tabla 112. Perfiles estudiados corregidos por Marea, Medición #5 - 21 de Mayo del 2017	161
Tabla 113. Promedio de D50 (mm) de las muestras sumergidas por perfil y por medición.	164
Tabla 114. Perfil de equilibrio de Dean del perfil 1.	165
Tabla 115. Perfil de equilibrio de Dean del perfil 2.	165
Tabla 116. Perfil de equilibrio de Dean del perfil 3.	165



RESUMEN

El propósito de este estudio consistió en analizar el comportamiento de la línea de costa y su clasificación geomorfológica en la zona costera de Manzanillo del Mar, mediante el levantamiento de tres perfiles de playa en los meses de marzo, abril y mayo. El estudio analizó muestras de sedimento, datos de oleaje, pendientes de la playa, y se tomaron muestras de arena para determinar el tamaño medio de las partículas de sedimento (D_{50}). Se determinó el perfil de equilibrio de acuerdo con la ecuación de Dean; se calculó el parámetro Omega, (Ω) de Dean, para conocer la clasificación de la playa y determinar el estado morfodinámico que nos indica si la playa es segura para los bañistas. Se compararon imágenes de satélite de Google, con el fin de determinar el comportamiento de la línea de costa a lo largo de los últimos 10 años. Los resultados indican, que el sedimento de estas playas está compuesto por arena fina con tamaños de grano entre 0.094 mm (3.406ϕ) y 0,37 mm. (1.434ϕ), En toda la zona de estudio, se presenta un estado modal que va de intermedio a disipativo, con valores de omega Ω entre 1 y 6; tal estado modal corresponde a *Barra longitudinal y seno*, (*LTB*). Así mismo, el sector se comporta como disipativo ($\Omega > 6$) bajo condiciones climáticas de tormenta y fuertes vientos. Se evidencian procesos de erosión (en época de lluvias) en la zona y la variación continua que sufre la línea de costa presentados en la época de las mediciones. La línea de costa se muestra con tendencia al avance, mostrando grandes variaciones de hasta 9,2 metros en los 3 meses de medición. De acuerdo con el perfil de equilibrio de Dean obtenido para los perfiles, la playa tiene tendencia a la sedimentación a largo plazo para lograr la condición de equilibrio. Se observó que el índice de seguridad en promedio es de 2, lo cual indica que la playa tendría banderas verdes, indicando una playa en condiciones seguras para los bañistas. Este estado de seguridad se mantiene para una playa de estado morfológico de Barra longitudinal y seno para alturas de ola de hasta un metro, a partir de esta altura la seguridad disminuye, haciendo necesario banderas color amarillo. Cuando la playa esté con estado modal disipativo o de barra longitudinal y seno, se deberá prohibir el baño cuando se presenten alturas de olas superiores o iguales a dos metros y la bandera deberá ser roja.



ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the behavior of the coastline and the geomorphological classification of the coastal zone of “Manzanillo del Mar”, by raising three beach profiles in the months of March, April and May. The study analyzed sediment samples, wave data, slope of the beach profiles, and sand samples were taken to determine the average size of the sediment particles (D50). An equilibrium beach profile was determined according to Dean equation; the omega (Ω), parameter was calculated to know the classification of the beach, and then to determine the morphodynamic state that indicates if the beach is safe for bathers. Aerial photographs from Google to determine the behavior of the coastline over the last 10 years. The results indicate that the sediment of these beaches is composed of fine sand with grain sizes between 0.094 mm (3.406 ϕ) and 0.37 mm. (1.434 ϕ). In the whole study area, a modal state is presented that ranges from intermediate to dissipative, with omega values (Ω) between 1 and 6; such state corresponds to longitudinal bar and sine, LTB. Likewise, the sector behaves as dissipative ($\Omega > 6$) under storms conditions and strong winds. It was evident erosion processes (at rainy season) in the zone and the continuous variation that the coast line suffers by the time of field works. The coastline is shown a tendency to advance, showing large variations up to 9.2 meters in the period of measuring. According to the Dean equilibrium beach profile obtained in this research, the beach showed a long-term tendency to sedimentation to achieve the equilibrium condition. It was observed that the safety index on average is two, which indicates that the beach would have green flags, indicating a beach in safe conditions for bathers. This safety state is maintained for a morphological state beach of longitudinal bar and sine. For wave heights of up to one meter, from this height the security decreases, making necessary yellow flags. When the beach is in a modal dissipative state or longitudinal bar and sine, bath should be prohibited when waves heights greater than or equal to two meters are presented and the flag must be red.



INTRODUCCIÓN

La ciudad de Cartagena de Indias, reconocida por su atractivo turístico y gran afluencia de turistas nacionales y extranjeros que deciden visitarla de manera masiva en temporada de vacaciones, es mucho más que playas y murallas. “La Heroica”, en los últimos años, ha tenido un auge de desarrollo en la construcción, que la ha llevado a tener un crecimiento urbanístico sin precedentes.

Durante un tiempo, el desarrollo de proyectos de tipo inmobiliario tuvo lugar en los barrios del suroccidente y nororiente de la ciudad como, Bocagrande, El Laguito, Castillogrande, Crespo, Marbella, Manga, y El Cabrero, los preferidos por brindar mejores opciones de vivienda en estrato 5. Aunque este sector continúa en desarrollo constante, la ciudad se está expandiendo hacia el norte a la salida de la ciudad, en lo que se denomina la Zona Norte, comprendida entre la Boquilla, atravesando Manzanillo del Mar hasta Punta Canoa. Al inicio del año 2016 más de 27 proyectos inmobiliarios de vivienda nueva se lanzaron en la ciudad dando una idea del desarrollo de estas áreas (*El Espectador*, 2016) y puso de manifiesto la situación anteriormente referenciada: “Los atractivos de los terrenos y las posibilidades que brindan para levantar edificaciones de gran envergadura atraen a los inversionistas, convirtiéndolos en punta de lanza del desarrollo de la Heroica.” (*El Espectador*, 2015). Sin embargo, estos proyectos se enfrentan a diferentes problemas como el riesgo de inundación en algunas áreas, favorecido por la destrucción de la defensa costera. La zona costera de Manzanillo del Mar, soportó en el año 1988, con el paso del huracán Joan un fuerte proceso de erosión, razón por la cual se construyeron algunas estructuras de protección.

En el sector, el movimiento de las olas que se propagan por fuera de la zona donde se generan y los mares de leva en época de fuertes vientos, pueden generar pérdidas de superficie de la playa, lo que produciría un impacto económico, social y ecológico en la zona “... en Cartagena, el mar de leva y la brisa provocaron el derrumbe de cuatro viviendas en el balneario de Manzanillo del Mar,” (*El tiempo*, 2000).



Este sector que en la actualidad está presentando un desarrollo hotelero, genera demanda de bañistas todo el año. Al alterarse el comportamiento del oleaje, saliéndose el mar de su límite natural de su área de playa, se constituye en un riesgo inminente que amenaza la integridad de la vida de las personas, y compromete la seguridad de la infraestructura circundante.

Esta zona mencionada, se caracteriza por el dinamismo que presenta en el ambiente, (El tiempo, 2000). Algunos estudios afirmaron que el área de Manzanillo del Mar requiere atención inmediata, puesto que, fue reportada como área crítica debido a sus cambios en la morfología (Posada y Henao, 2008). En efecto, toda zona costera está sometida a dichos cambios, por ser ambientes dinámicos, su configuración se modifican constantemente.

En ese sentido, es pertinente realizar un estudio con el fin de identificar los factores naturales o antropogénicos que intervienen en la forma como se comporta este litoral, conocer las distintas variaciones que ha tenido a lo largo del tiempo y tener un registro en el estudio, ya que actualmente hay poca información de la morfología de la playa, que pertenece a una zona costera contemplada dentro del manejo hidráulico de la ciudad de Cartagena.

La problemática de las costas ha generado estudios orientados a la comprensión de los procesos costeros y a la obtención de conocimientos que permitan un manejo sustentable de estas formaciones.

El objetivo principal del monitoreo permanente de la línea de costa es entender el patrón de los ciclos de erosión / acreción en determinados sectores de la costa, para poder manejar datos de predicción confiables que puedan ser luego incorporados en las políticas de planificación de usos de suelo como “áreas de peligro de erosión / acreción”. La estimación de la variación de la línea de costa es importante para la planificación y gestión costera. (INVEMAR, 2003)

Los vientos, las olas y mareas, producen variaciones en el fondo del terreno. Así mismo, el transporte o depósito de sedimentos, influye en la modificación de la granulometría del perfil, la rotura del oleaje, pendiente de la playa, velocidad de caída de grano, entre otros, causan modificaciones en la costa originando erosión o sedimentación. Estas variaciones



poseen diferentes tipos de energía y causan pérdidas en el balance de la playa, haciéndolas inestables y generando un riesgo para los bañistas y la infraestructura. (Bernabéu, 2001); Sánchez & Jiménez, (1994); Aagaard T, et al (2013); Aldana, et al (2009).

Esta investigación se centra en procedimientos orientados a la obtención de datos en campo y cálculos que deben realizarse para entender la variación de la franja costera, siendo el seguimiento a los perfiles de playa el procedimiento adecuado para el cálculo de la variación de la línea de costa.

Mediante la línea de investigación manejo hidráulico y ambiental de la zona costera y fluvial, del grupo de investigación de Hidráulica y Manejo Costero (GIHMAC), se realizó un seguimiento a los cambios en la morfología de un sector de la playa de Manzanillo del Mar, ubicada en la zona norte de la ciudad de Cartagena de Indias D, T y C., se monitoreó la línea de costa correspondiente a la zona de estudio, y se compararon los perfiles obtenidos con otros que se han realizado en el sector. Además, del estudio de las variaciones y el comportamiento que se ha producido en los mismos.

El parámetro que determina el tipo de rotura del oleaje es el Número de Iribarren, y el parámetro adimensional de velocidad de caída del grano, Ω , determina los estados modales de la playa, los que se analizan sobre el perfil, estableciendo un perfil de equilibrio. (Dean, 1991).

El principal objetivo de la presente investigación fue evaluar el estado de la línea de costa y analizar los cambios en los anchos de playa en la zona norte de Cartagena de Indias en un sector del poblado de Manzanillo del Mar, se determinó su variación en el tiempo y establecieron algunas posibles medidas que se pueden implementar para mejorar las condiciones de estabilidad, dado que, esta zona es un área crítica especialmente de erosión que requiere atención inmediata (INVEMAR, 2006).

El estudio se desarrolló en la ciudad de Cartagena durante los meses de marzo a mayo del 2017, en un sector de costa de aproximadamente 150 metros en Manzanillo del Mar, Zona Norte de la ciudad.



1. MARCO DE REFERENCIA

1.1 ESTADO DEL ARTE

Los estudios de perfiles de playa son importantes puesto que permiten cuantificar el estado y cambios en playas arenosas y es de gran utilidad para la gestión y recuperación de las mismas. Estos cambios que sufren a lo largo del tiempo se denominan variabilidad y a su vez conlleva modificaciones de tipo geomorfológico, debido a esto, se han realizado muchos estudios y se ha demostrado, que por efectos del cambio climático se presentan procesos erosivos en las costas.

Armaroli C. et al (2013), examinaron la respuesta de un sistema de dunas y playas en la costa adriática en el norte de Italia a la llegada de las tormentas. Se compararon la morfodinámica, estacional (meses) y a mediano plazo (3 años) y se evaluaron los resultados predichos por el modelo numérico XBeach. La costa de aproximadamente 4 km de largo, se dividió en sectores y se levantaron 40 perfiles de playa separados cada 100m. El clima de oleaje presenta olas pequeñas con un 95% de ocurrencia que no superan los 1,5m. El punto de cierre del perfil se ubicó entre 6 y 7 m., y durante la época de vientos, para períodos de retorno de 1 ola cada 10 años, pueden presentarse elevaciones de más de 1.0 por encima del NMM. Parte del área de estudio está intervenida con estructuras de protección costera en sectores densamente poblados con edificios altos. Existe un sistema de dunas bien desarrollado con alturas cercanas a los 3.0m. La playa es ancha (60-100m), con una pendiente suave de aproximadamente 0.02. La playa sumergida se caracteriza por una barra lineal que se ubica entre los 100 y 300m de la línea de costa, variando entre 1,5 y 3.0m por debajo del NMM. Los perfiles se midieron desde la cresta de la duna trasera hasta una profundidad de 1.5m en la zona húmeda, los batimétricos se extendieron en promedio hasta 200m en alta mar alcanzando una profundidad de agua de casi 4 m. Se tomaron muestras de sedimentos en 20 perfiles, con 5 o 6 muestras en cada uno para monitorear los cambios morfológicos. Se seleccionaron dos tormentas que ocurrieron en el período de estudio y se modelaron con el Xbeach. La primera tormenta se presentó en 2008 con oleajes



pequeños, (Hs de 1.7m), con una dirección desde el Este de 91° N, para la máxima energía del oleaje, con períodos de 8 s y máximo de 9.1s., pero generó un aumento pico del nivel del mar de $h= 0.97$ m. La segunda tormenta ocurrió en 2010, y presentó una combinación de oleajes de altura al pico $H_s = 3.91$ m., equivalente a 5 años de período de retorno, con dirección ENE, (59° N), con periodos de 9s a 10s., y produjo un pico en el nivel del mar de 0.93m. El análisis de tamaño de partícula se llevó a cabo después de secar las muestras a 105° C. Se utilizó un conjunto de 12 tamices ASTM estándar con intervalos de $1 / 2\phi$, cubriendo un intervalo entre -1ϕ y 4ϕ . La densidad de las muestras se estimó con un picnómetro líquido estándar. Se determinó el parámetro de Dean o velocidad adimensional de caída del grano, Ω , y con el parámetro RTR (Relative Tidal Range) definido como la relación entre la media del rango de la marea máxima (Spring Tide) y la altura de la ola a la rotura, H_b . Con estos valores se realizó la clasificación geomorfológica de acuerdo con Masselink and Short (1993) y Masselink and Hegge, 1995). Para los diferentes sectores se determinaron las variaciones de la duna para los dos eventos de tormenta y se compararon con los resultados del modelo XBeach. El Tamaño del sedimento varió entre 0.179mm y 0.243mm, indicando una arena fina con porcentajes de carbonatos (CaCO_3) entre el 23% y el 25% y una densidad promedio de 2.71. Se obtuvieron valores del parámetro Omega, Ω , entre 3.66 y 4.69, correspondiente con el estado Intermedio de Playa en Barra longitudinal; identificándose en todos los casos la presencia de una barra longitudinal entre 1.5 y 2.0 m de profundidad y valores de omega de 5.09, correspondiente a una playa disipativa con barra. Se encontró que la duna es un sistema en regresión con un ciclo erosional y capacidad de resiliencia baja y por ello en la tormenta del 2010, la duna no se encontraba totalmente recuperada sufriendo mayores retrocesos, aunque el nivel de agua fue menor. El Modelo XBeach reproduce relativamente bien el fenómeno, con ciertos ajustes de parámetros. La presencia de raíces de plantas en las dunas demostró la ventaja de esta clase de crecimientos, pues los factores bióticos explicaron la presencia de mayores pendientes en las dunas, no fácilmente explicables usando las leyes de la mecánica de suelos en cuanto al ángulo de reposo del material.



Aagaard, T., et al., en el artículo Transporte de sedimentos en playas disipativas, intermedias y reflejantes (2013) estudiaron cinco playas en diferentes lugares, dos disipativas, dos intermedias y una reflejante. A cada una se le determinaron los parámetros omega, el tamaño del grano, la altura de ola significativa anual H_s y su período y olas de tormenta y su período, el rango máximo de mareas, la pendiente media del perfil y el tipo de rotura. Se midieron flujos de sedimento utilizando sensores ópticos de retrodispersión (OBS-1P) o Sensores de retrodispersión de fibra óptica (UFOBS-7). Las alturas y períodos de las olas se midieron mediante Sensores de presión Druck. Los resultados demuestran que los estados disipativo y reflejante, son estados casi de equilibrio con muy pocos cambios en la morfología. Esto se debe a que las tasas de transporte neto son relativamente bajas y los gradientes del transporte transversal de arena son subyugados. En el estado disipativo las tasas de transporte neto son hacia aguas profundas y decrecen en esa dirección, pero puede revertirse si la altura de la ola local cambia y se incrementa. En el estado reflejante, el transporte neto es prácticamente despreciable, mientras que en el estado intermedio, las tasas de transporte neto son máximas. Indican los autores que se requiere un mayor estudio sobre la relación entre el transporte de sedimentos y los cambios morfológicos de la playa; la altura de la ola y el papel que juegan las olas de infragravedad en la morfología de barras en 3D. También es necesario proporcionar un vínculo continuo de los procesos y su forma a través de mediciones de campo de la hidrodinámica y el transporte de sedimentos en una mayor extensión y comparar las observaciones de campo con las predicciones de modelos. Finalmente, se requiere el estudio de estos procesos en la zona de swash, como parte integral del estado modal de una playa y añadir este proceso al modelo conceptual presentado por los autores.

En el año 2009, en la Riviera Maya, México, se realizó un estudio titulado “Estudio de la erosión costera en Cancún y la Riviera maya, México” (Guido Aldana, Ramírez Camperos, Godínez Orta, Cruz León, & Juárez León, 2009), con el fin de determinar las posibles causas de erosión costera y así proponer algunas soluciones. En el estudio mediante visitas técnicas y análisis de imágenes satelitales, realizados por especialistas del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, de la Universidad Nacional Autónoma de México y del



IPN, se permitieron afirmar que las causas de dicha erosión son tanto naturales como antrópicas. Se pudo concluir que las soluciones frente a los problemas de erosión costera deberían seleccionarse desde un punto de vista integral y además deberían ser blandas como lo es la alimentación artificial con arena.

Otro caso latinoamericano de importante referencia se llevó a cabo sobre la temática en mención en México a cargo de un grupo de ingenieros de la Universidad Autónoma de Yucatán conformado por Zetina M. C. E, Sánchez y P. I, Osorio R. H, Mariño T. I, Castillo Ch. R.J. y Cauich T. J.C. (2008), titulado “Análisis de modelos de perfil de playa en equilibrio aplicados a una playa de Yucatán, México” donde se procedió analizar cinco modelos de perfil de playa en equilibrio y evaluar su capacidad para representar perfiles de playa de Progreso, Yucatán, México. Mediante los modelos de Dean, Bodge, polinomios de tercero a quinto orden y dos modelos para playas con barra arenosa: el modelo de Inman y el de Hsu. Las mediciones de los perfiles de playa se hicieron con GPS diferencial desde el nivel del mar hasta una distancia transversal de 60 metros y en una franja longitudinal de 800 metros. Se analizaron diez fragmentos de playa. Las estimaciones de los parámetros de los modelos se hicieron con regresión no lineal y polinomial. Los modelos de Dean y Bodge representan bien la primera parte de los perfiles pero no pueden representar las ondulaciones debidas a barras arenosas ($R^2 = 60$ a 93). Los modelos polinomiales de orden 5 producen buenas representaciones de las tendencias observadas ($R^2 = 93$ a 98). El modelo de Inman ($R^2 = 81$ a 97) y el de Hsu ($R^2 = 88$ y 94) representan bien las playas de barra arenosa. Se concluye que los polinomios de orden 5, el modelo de Inman y el modelo de Hsu son los modelos más adecuados para representar las formas de los perfiles en equilibrio de las playas estudiadas mientras que los modelos de Dean y Bodge si bien con menos ajuste, continúan siendo importantes para estudiar los proceso morfodinámicos de las playas incluidas las de Yucatán.

En otro estudio, realizado por Gustavo Rondón Ramírez titulado: “Análisis de la variación temporal de la línea de costa y caracterización de la geomorfología litoral: bahía de Paita, Perú 1946-2007” (Rondón, 2011) se buscó conocer las dinámicas y los cambios en la línea de costa en el periodo 1946-2007, para lograr este objetivo se tuvieron en cuenta las



tendencias actuales, especialmente las referidas al cambio climático, la elevación media del nivel del mar y el evento de El Niño. Para el análisis de los cambios en la línea de costa se combinaron e integraron distintos métodos, como la cartografía, la teledetección, el análisis estadístico y el levantamiento de información de campo; todos ellos articulados dentro de un sistema de información geográfica. Se pudo evidenciar que la actual línea de costa de la bahía de Paita se distingue claramente sectores de gran dinamismo y otros más estables. El mayor dinamismo de la línea de costa se encontró principalmente al sur del río Chira, donde se distinguen procesos de erosión y sedimentación. Al carecer estas zonas de infraestructura antrópica (muelles, rompe olas, espigones, etcétera) los cambios en la línea de costa se deben a factores naturales. Dentro de esto, se destaca la variación comprendida entre los periodos 1992-1999, cuando se desarrolló una gran sedimentación en la zona del balneario de Colán. A diferencia de otros asentamientos al borde del mar, las casas ubicadas en Colán en su mayoría no presentan protecciones de piedra sino que están asentadas sobre pilotes de madera, lo que permite a las olas realizar su recorrido normal sobre la playa anterior, evitando así generar procesos erosivos. Por su parte, el evento El Niño sí tiene un impacto directo en la línea de costa.

En un primer momento puede ocasionar oleajes fuertes y maretazos, para luego generar un retroceso del mar y producir un proceso de sedimentación. Este proceso de sedimentación extraordinario en la línea de costa no es estable, pues luego la erosión predomina como proceso. La construcción de infraestructura portuaria a partir de los años setenta ocasionó un avance de la línea de costa, que generó un efecto diferente al de las estructuras costeras de protección, pues no genera erosión, sino que permite que los sedimentos se asienten sobre la playa, quedándose atrapados ahí. También es importante mencionar que al ser una bahía, las olas llegan con una intensidad menor a la que podemos encontrar en playas abiertas. Por otra parte, la dinámica de la línea de costa, la poca pendiente de la playa y la presencia de asentamientos cerca de la línea de costa hace a estas poblaciones vulnerables ante la variación o cambios en la línea de costa.



1.2 ANTECEDENTES

En el ámbito local, un estudio realizado en las zonas de Barú, Cartagena de Indias y Galerazamba, en el departamento de Bolívar, Colombia titulado “Análisis de la evolución morfodinámica de las playas en el Caribe Colombiano, para las zonas de Galerazamba, Cartagena de Indias e Isla Barú” (Agámez Verján, 2012), que consistió en el análisis de la evolución morfodinámica de las playas de dichas zonas. El análisis de las playas se desarrolló a partir de modelos que relacionan la acumulación de material en la berma de éstas al igual que en las zonas bajas del perfil. Estos modelos se construyeron a partir de perfiles de playa, levantados en estaciones de inicio dispuestas a lo largo de las playas de las zonas estudiadas. Coherente con la metodología empleada, se realizó un análisis geomorfológico y variación histórica de las líneas de costa, en las zonas de estudio, a partir de fotografías aéreas e imágenes LANDSAT. En general, las playas de Cartagena y Galerazamba mostraron una tendencia a ser de naturaleza disipativa, evidencia de esto es el resultado de presentar barras litorales que mitigan la energía del oleaje. Los perfiles de playa de las zonas intervenidas de Cartagena, indican que los espolones afectan el proceso de sedimentación en las mismas al bloquear el paso de sedimentos transportados por la corriente de la deriva litoral y de otras corrientes procedentes de mar adentro.

A su vez, continuando con el mismo objeto de investigación en el “Estudio de perfiles para la determinación de estados modales de playa en el sector La Boquilla en la ciudad de Cartagena de Indias” (Jorge maza Figueroa & Tatiana Rangel fajardo, 2015), se determinaron los estados modales de playa en el sector La Boquilla, ubicado en la Zona Norte de la ciudad de Cartagena, mediante el análisis de perfiles. Donde, se llevaron a cabo mediciones topo-batimétricas semanales en la zona litoral, recolecciones de muestras de arena en diferentes puntos para determinar el tamaño de las partículas del sedimento marino, también, se calcularon unos parámetro (Dean) para conocer la clasificación de la playa y, al mismo tiempo, hallaron el perfil de equilibrio en su zona húmeda para detectar la presencia de procesos de erosión o acreción, el avance o retroceso de la línea de costa, estabilidad y evaluar el riesgo para los bañistas. Se concluyó que el sector de playa



presento un estado modal intermedio para el oleaje que se aproxima a la costa en dirección Nornordeste y Nordeste con altura significativa de 1 m (para periodos de 6.7s, 7s y 7.5s) y con altura a la rotura entre 0.4m y 1 m; tal estado corresponde a Barra y Playa Rítmicas, RBB, de acuerdo con la morfología de los perfiles. Así mismo, el sector se comporta como disipativo para olas con dirección Norte, Noroeste, Nornordeste, Nordeste y Nornoroeste, cuyas alturas significativas se encuentren en el rango de 0.8 m a 8.7 m (con periodos de 6s a 12.4s) y cuyas alturas en la zona de rompientes estén entre 0.8 m a 2.8 m. El sedimento recolectado en todos los puntos a lo largo de los perfiles de estudio está compuesto de arena fina.

En el estudio “Morfodinámica de una playa arenosa, su relación con variables climáticas en época de lluvias en Cartagena de Indias. Caso de estudio: Playas de La Boquilla.” (Pinto, 2014) se identificaron las características morfológicas de una playa natural y sus relaciones con parámetros físicos como el vientos, los oleajes, corrientes y tamaño del sedimento y sus variaciones estacionales para predecir comportamientos a mediano plazo de las perfiles de playa en La Boquilla en la ciudad de Cartagena. Se desarrollaron campañas de mediciones en el campo de una semana de duración, en dos perfiles de playa de agosto a diciembre de 2014 para establecer cambios en los perfiles de playa teniendo en cuenta las direcciones y velocidades del viento, alturas y direcciones del oleaje, tipos y profundidad de rotura y corrientes. Las características de las olas y de las corrientes se estudiaron en el sector de La Boquilla usando 1 perfilador de corrientes y medidor de olas 3D Aquadopp-profiler Nortek de 2 MHz. El sedimento se clasificó como arena fina con diámetro promedio D50 entre 0,162mm y 0,184mm, según el sistema unificado de clasificación de suelos de la ASTM, con valores promedios en la línea de costa y la playa sumergida de 0.179mm y 0.166mm, respectivamente. El mayor tamaño de sedimento se presentó en los días 19 y 27 de septiembre con un aumento en el tamaño de grano en la línea de costa y en la zona sumergida, alcanzando diámetros de 0,19 mm y 0,188 mm respectivamente, coincidiendo con el mayor retroceso de los perfiles. La altura de ola significativa media horaria presentó los valores más altos en horas de la madrugada entre las 2 am y las 6 am con rangos comprendidos entre 0.45 y 0.5 m, y dirección del WNW, entre los 290° y 310° de azimut



los que comparados con los resultados de modelaciones realizadas en las playas de Cartagena por la Universidad de Cartagena, corresponden a un oleaje mar afuera de Hs de aproximadamente 1.0m de altura. La dirección predominante del viento durante las mediciones fue NNE, sin embargo los vientos más fuertes tuvieron dirección W y WNW y velocidades mayores a 6.5 m/s. Las corrientes variaron entre 0.12 y 0.02m/s con dirección predominante hacia el ESE (123° y 165°). Los perfiles mostraron erosión significativa, aumento de las pendientes, retroceso de la línea de costa con respecto a la media y formación de barras.

La investigación titulada “Evolución Morfológica y Sedimentológica de la Flecha Litoral del Laguito (Bahía de Cartagena–Colombia)” realizado en 1984 por El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH) y el Departamento de Geología y Oceanografía de la Universidad de Bordeaux (Francia), se trató de reconstruir la evolución de la flecha litoral del Laguito con la ayuda, de una parte, de las formaciones históricas a partir de la fundación de la ciudad de Cartagena y de otra parte con los datos hidrodinámicos y sedimentológicos (Vermette et al., 1984). En la realización de este estudio se tuvieron en cuenta factores hidrológicos para determinar la evolución del Laguito, tales como datos físicos (el “fetch”, los vientos, el oleaje, las mareas y corrientes), datos sedimentológicos regionales y las condiciones hidrodinámicas. Se concluyó que la formación de la flecha del Laguito transcurre históricamente con las condiciones de alimentación, de transporte y de retención de la deriva litoral. Por otra parte, que desde que el hombre ha mostrado interés sobre este sector residencial de la ciudad de Cartagena, el Laguito da un excelente ejemplo de modificaciones morfológicas debido a la intervención artificial (construcción progresiva de obras destinadas a mantener el litoral). A demás, que partir de 1965 el Laguito pareció estabilizarse en términos generales, sin embargo, se creía que esta flecha podía aumentar todavía en superficie en el Laguito y Castillogrande, donde las profundidades son mu someras. Y por último, que el sedimento del cual está constituido el sector es uniforme, bien seleccionado y proveniente de una fuente abundante no muy lejana. El estudio contempló el análisis batimétrico y muestreo del fondo en el sector de estudio, pero como tal no se hizo una descripción detallada por perfiles; además, hubiera



sido de gran ayuda el utilizar fotografías aéreas como información secundaria para determinar la variación de la línea de costa.

Por otra parte, estudios realizados sobre la temática del presente trabajo investigativo, en el año 2003 cuando la Universidad de Cartagena en convenio con COLCIENCIAS desarrolló el proyecto de Investigación titulado: “Evaluación De Los Procesos Costeros En Cartagena Desde El Laguito Hasta La Boquilla” (Moreno Egel , Agámez, Castro, & Voulgaris, 2006) mediante un seguimiento a perfiles de playa ubicados alrededor de todo el tramo de estudio (del Laguito hasta la Boquilla), utilizando elementos topográficos convencionales y ecosonda y la modelación del oleaje para diferentes épocas estacionales. Además, se realizó el seguimiento de la Boca del Laguito y de la Boca de la Boquilla y de las playas al Norte y Sur de las estructuras de la Bocana donde se determinó el grado de exposición de las bahías al efecto del oleaje, la dirección y cantidad del transporte de sedimentos longitudinalmente, las variaciones de la línea de costa y las características de los perfiles de playa en cada una de ellas. Durante el estudio se midieron corrientes con flotadores y correntómetros de registro continuo, niveles de agua, tamaño del sedimento en varios puntos de la zona y direcciones y alturas de olas mediante observación en poste fijo nivelado. Las principales variaciones de la línea de costa se presentan en la zona Norte de la Ciudad en los sectores al Norte y Sur de la Bocana Estabilizada de la Ciénaga de la Virgen y en la Boca de la Boquilla. (Moreno Egel, 2003).

En la investigación titulada “Efectos sobre la línea de costa de los espolones construidos en la bocana estabilizada de la ciénaga de la virgen” (Moreno Egel, Huertas B., Castillo B., & Castro B., 2003). Desde septiembre de 2001 hasta febrero de 2003, se analizaron las características, variación estacional y tasa de sedimentación de la playa comprendida entre el Barrio de Crespo y el Corregimiento de la Boquilla, área de influencia directa de las estructuras de la boca de la Bocana de marea construida en la Ciénaga de la Virgen, mediante el monitoreo altimétrico y batimétrico bimensual en la zona. Como resultado se concluyó que las estructuras de la Bocana han producido cambios en la línea de costa, generando un crecimiento rápido de la playa en la parte norte, mientras que en la parte sur el retroceso ha sido moderado. Hacia el sur de la Bocana, en el Sector de Crespo se ha



producido un retroceso continuo, haciendo necesario el suministro periódico de arena en dicho sector. Por último se recomendó el continuo monitoreo de las estructuras de protección costera en general, con el fin de recopilar mayor información sobre el movimiento y el volumen de los sedimentos en el sector a largo plazo.

En el año 2005, a través del grupo de investigación GIHMAC realizaron estudios sobre esta temática en las playas de la ciudad, por los optantes al grado de ingenieros civiles Rubén Darío Aguilar Collazo y Merlys Margarita Jiménez Romero, titulado “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” (Aguilar & Jiménez, 2005), donde obtuvieron perfiles en su gran mayoría de forma lineal, con tendencia a la concavidad, se identificó un proceso de transporte de sedimentos, por medio de la interpretación de las pendientes encontradas. Además, se observó que en invierno las costas de este sector de playa se sedimentan, debido a cierto tipo de depósitos presentes en esta zona que no son arrastrados en verano.

Como vemos los anteriores estudios sirven como soporte para la presente investigación, los resultados obtenidos en estas investigaciones presentan condiciones morfológicas distintas en los procesos de acreción o erosión y el avance o retroceso de la línea de costa.

1.3 MARCO TEORICO

1.3.1 Definición de playa

La unidad morfológica playa se define como la franja de material no consolidado, como arenas o grava, que está presente en la interface mar-continente. Estos depósitos están compuestos por arenas de grano fino a medio, cuya composición y color varían según el origen de los sedimentos (1). Así mismo, las playas se encuentran dentro de la zona costera, que comprende el área de la plataforma continental y de la costa en que los procesos morfodinámicos vienen determinados por la dinámica marina. Su desarrollo hacia la tierra



y hacia el mar depende por lo tanto de la tipología de la costa, de la plataforma continental, y del clima marítimo de la zona. (Universidad de Cantabria, 2000).

1.3.2 Morfología de playas

Las playas sufren cambios topo-batimétricos a lo largo y ancho del lecho, es decir, paralela y perpendicularmente a la línea de costa, bajo la acción del oleaje, corrientes y viento. Los modelos de evolución de playas integran todas o algunas de estas dinámicas con el objetivo de predecir su evolución morfológica.

Este hecho origina que esta zona se vea sometida a grandes sollicitaciones energéticas, de origen y contenido energético diverso, por lo que el espectro teórico del movimiento de la costa abarcaría diferentes frecuencias, asociadas a diferentes agentes impulsores. (Sánchez et al., 1994).

En la descripción morfológica de una playa se separa la definición de las formas en el perfil de playa de las formas características en planta.

Cuando la variación longitudinal de las características morfológicas de una playa es muy pequeña, se podrá asumir que la playa es bidimensional y podrá ser descrita por las características de su perfil. En el caso general de que las variaciones longitudinales sean importantes, la playa será tridimensional y se requerirá un número determinado de perfiles y su definición en planta para la descripción morfológica completa de la playa. De entre las múltiples formas posibles de perfil, existen dos extremas que presentan una geometría en planta bidimensional, es decir, en las que el perfil representa aproximadamente la morfología de la playa. Estas dos formas extremas del perfil se denominan perfil disipativo y reflejante (Sánchez et al., 1994).

➤ **Perfil disipativo:** Es característico de las playas de arena fina y niveles de energía elevados. En general el frente de la playa no puede ser distinguido de la terraza de bajamar y la zona intermareal tiene un talud ligeramente cóncavo con pendientes bajas y sin formaciones destacables. Así mismo, no existen bermas que delimiten la zona de playa



seca, por lo que el perfil cóncavo se inicia prácticamente en el pie de la duna o en el acantilado en su caso. La playa sumergida suele presentar una o varias barras longitudinales, con senos y crestas poco marcadas.

➤ **Perfil reflejante:** Se presenta en playas de arenas medias a gruesas, con niveles de energía bajos. En este caso el borde de la berma marca claramente el inicio del frente de la playa. En la playa seca pueden apreciarse rastros de berma y escarpes correspondientes a perfiles más retrasados producidos por condiciones de oleaje más energéticas. Sobre el frente de la playa son más frecuentes los beachcoups y suele existir un escalón en la parte inferior del frente de playa compuestos de materiales más gruesos, después del cual la pendiente del perfil baja considerablemente, conservando una forma cóncava (Lamadrid Acosta, 2005).

Para determinar el tipo de playa se debe calcular la pendiente de la playa cercana a la costa ($\tan\beta$) y el periodo de la ola de tormenta y la velocidad de caída de sedimentos. Por tanto el parámetro que nos determina la forma de la playa se calcula con la siguiente ecuación 1, mostrada a continuación (Dean, 1973):

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s T} \quad (\text{Ecuación 1}).$$

Siendo Ω parámetro adimensional de caída de grano, H_b la altura de la ola a la rotura, W_s velocidad de caída del sedimento y T periodo de la ola. La siguiente tabla muestra los valores límites del parámetro.



Tabla 1. Estado de playa de acuerdo con los valores límites de $\tan \beta$ y Ω .

Límite de Ω	Límite de $\tan \beta$	Estado
Mayor que 6	Menor que 0,061	Disipativa
Entre 1 y 6	Entre 0,061 y 0,15	Intermedia
Menor que 1	Mayor que 0,15	Reflejante

Fuente: Tomada de (Wright & Short, 1984).

1.3.3 Rotura del Oleaje

A menudo cuando se observan las playas, se puede notar como a medida que las olas se acercan a la orilla van cambiando su comportamiento, donde parecen desestabilizarse como por ejemplo la formación de espumas en la misma, los túneles en las olas que son aprovechadas por los surfistas, la apariencia de la ola como si cabalgara sobre la pendiente de la playa, etc. Estos fenómenos antes mencionados se pueden observar cuando el oleaje alcanza la rotura y empieza a perder energía.

Se podría decir que la rotura de la ola, en términos físicos se considera, cuando ésta llega a una amplitud crítica produciéndose la pérdida de energía, Así como se puede observar en las costas, donde la ola alcanza su amplitud máxima, y debido al asomeramiento, las olas se peraltan y la cresta se desestabiliza, perdiendo su energía y es entonces cuando cae o rompe.

Este fenómeno puede ocurrir en cualquier lugar donde se presenten las condiciones necesarias, incluso en alta mar, pero son más frecuentes en aguas someras. (Coastal Engineering Manual, 2002).



1.3.4 Tipos de rotura

Como se mencionó anteriormente, las olas empiezan a comportarse de manera diferente al llegar a la zona de rotura. Las distintas formas cómo se comportan las olas al romper, representan los 4 diferentes tipos de roturas en el oleaje como indica la Figura 1, estas son:

A) Oscilación (*surging*). La ola se eleva como si fuera a formar una gran zambullida pero la base de la ola oscila hacia adelante antes que la cresta pueda zambullirse. Las olas ascienden y descienden por el talud con un mínimo de aire atrapado. El período de ascenso y descenso es menor que el período del oleaje, la reflexión es muy elevada. Son comunes en playas de pendientes altas.

B) Colapso (*Colapsing*). Ocurre cuando el aire queda atrapado parcialmente y la ola comienza a desmoronarse por su base formando espuma. El período que tarda la ola en subir y descender por el talud de la playa coincide con el período del oleaje y el flujo sobre el talud alcanza valores máximos. La turbulencia produce cierta pérdida de energía que disminuye la reflexión pero no lo suficiente.

C) Voluta (*plunging*). Este tipo de rotura es frecuentemente aprovechado por los surfistas debido a la forma que adopta la ola. La ola que rompe lanza su cresta hacia adelante, se curva con una zambullida de la masa de agua de la cresta y rompe claramente sobre su base encerrando una cantidad considerable de aire. El chorro de agua penetra violentamente la superficie del agua con ruido, levantando una onda por delante de la ola original produciendo una gran turbulencia como en un resalto (bore) afectando las capas de agua hasta el fondo, el resalto se proyecta hacia adelante haciendo un largo recorrido por el talud de la playa. Este oleaje disipa una gran cantidad de energía. La reflexión es mucho menor que en los casos anteriores.

D) Descrestamiento (*Spilling*). La rotura en descrestamiento es la más común en las playas de Cartagena, ocurre gradualmente y se caracteriza por la aparición de espuma blanca en la cresta, permaneciendo el resto de la ola casi inalterado. (Coastal Engineering Manual, 2002).

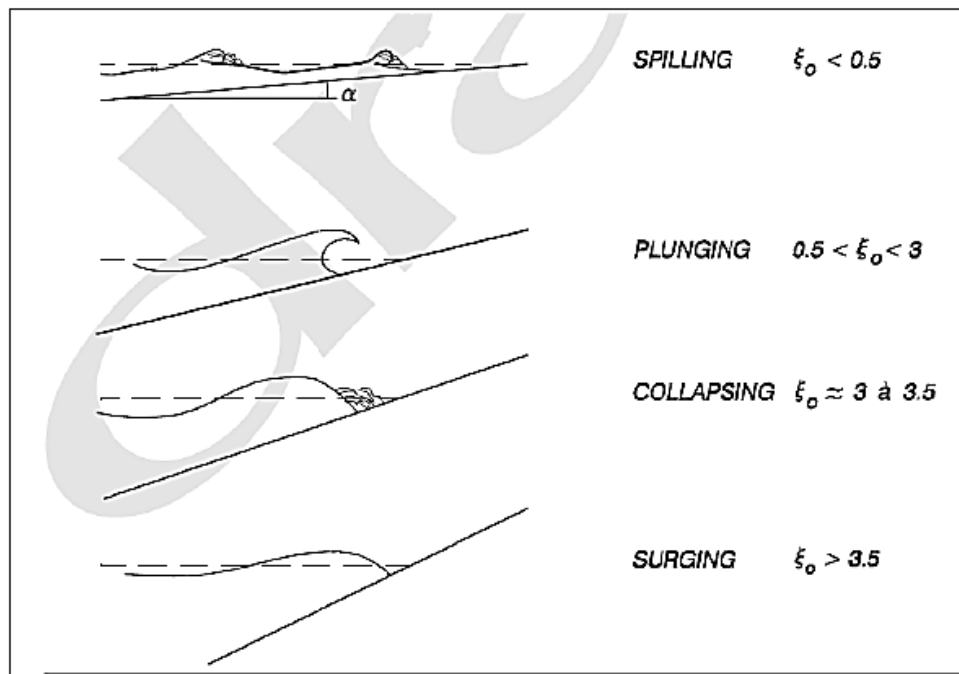


Figura 1. Tipos y formas de rotura del oleaje sobre una pendiente y su relación con el número de Iribarren Ir, expresado por ξ_0 .

Fuente: Tomado del Coastal Engineering Manual 2002, Tabla VI-5-1.

1.3.5 Numero de Iribarren

Existen muchas maneras de conocer de qué manera va a romper una ola, y cuál de los tipos mencionados anteriormente va a ocurrir por lo que para efectos de esta investigación se va a realizar a partir del cálculo del número de Iribarren, el cual tiene unos rangos de valores para cada tipo de rotura.

El tipo de rotura que se presenta puede estar controlado por el número de Iribarren, también conocido como parámetro de rompientes:

$$Ir = \frac{\tan \beta}{\sqrt{\frac{H_0}{L_0}}} \quad (2).$$

Donde $L_0 = \frac{gt^2}{2\pi}$

g = Aceleración debida a la gravedad.



T = Período de onda.

β = Es el ángulo de inclinación de la playa.

H_o = Es la altura de ola en aguas profundas.

Tabla 2. Valores del número de Iribarren para los diferentes tipos de rotura según Battjes (1974).

Tipo de rotura	Nº de Iribarren
Descrestamiento	$Ir < 1.0$
Voluta	$1.0 < Ir < 2.6$
Colapso	$2.6 < Ir < 3.1$
Oscilación	$3.1 < Ir < 4.0$
No hay Rotura	$4.0 > Ir$

Fuente: Tomado de Coastal Engineering Manual, 2002.

1.3.6 Conceptos fundamentales

A continuación se definen algunos conceptos principales necesarios para manejar el tema tratado en este estudio, los cuales en su mayoría se detallan en el Manual de Manejo Costero de la Universidad de Cantabria-España (2000).

1.3.7 Zona Litoral

Transición del continente al medio marino. En esta zona se diferencian tres sub-ambientes: zona supralitoral (afectada por los grandes temporales), zona interlitoral (que corresponde con los límites superiores e inferiores del oleaje en condiciones de bonanza; en este caso puede presentar escalón, topografías rítmicas o barras de arena según el tipo de playa) y zona infralitoral (la cual abarca desde el límite inferior de la zona interlitoral hasta



el límite inferior de acción del oleaje durante los temporales; la estructura sedimentaria más relevante es la barra de arena).

1.3.8 Perfil de playa

Variación de la profundidad del agua, h , con la distancia a la línea de costa, x , en dirección normal a la misma; su representación se observa en la Figura 2. Esta definición asume que la playa es localmente, de batimetría recta y paralela. El perfil de playa posee dos zonas: la zona de playa seca o supramareal (comprendida entre el límite de tierra de la playa y el inicio del frente de playa) y el perfil sumergido (comprendido entre el límite de descenso del oleaje en bajamar y el límite exterior del perfil). Además, los elementos que componen un perfil de playa son: la barra (acumulación de arena cuasi-paralela a la línea de costa; puede haber varias de estas en el perfil de playa), el seno (depresión paralela a la línea de costa, que se produce inmediatamente hacia el interior de la barra), la cara de la playa (denominada también frente de playa, es una sección expuesta a la acción del flujo ascendente y descendente del oleaje), la berma (zona cuasi-horizontal de la playa seca formada por la deposición de sedimento debida al oleaje).

El borde de la berma (límite de la berma por el lado del mar; es un brusco cambio de pendiente que se produce hacia el frente de la playa), el escarpe (escalón vertical en la playa seca formado por la erosión de la berma producida por un temporal), el escalón de playa (zona de mayor pendiente que aparece en ocasiones en el límite inferior del frente de playa; suele contener sedimentos más gruesos que en el resto del perfil) y las dunas (formas del lecho de las playas que en ocasiones aparecen en la zona de rompientes; se crean por la interacción entre el material granular y la fuerza de corte ejercida por el aire en la capa límite atmosférica, además, crecen a partir de la arena depositada por el oleaje en las bermas de playa).

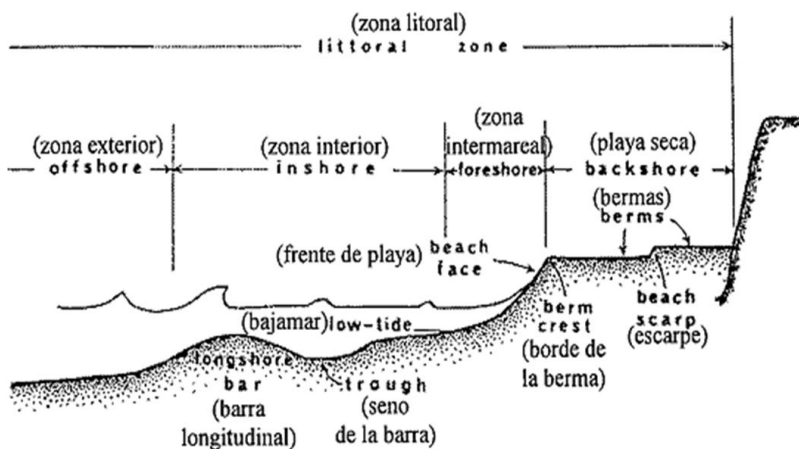


Figura 2. Zonificación y elementos del perfil de playa.

Fuente: Universidad de Cantabria, 2000.

1.3.9 Línea de costa

Es la intersección de la tierra con la superficie del agua; en áreas afectadas por las fluctuaciones de la marea esta línea de contacto es la línea del nivel medio del mar. La extensión del perfil hacia tierra y hacia el mar viene determinado por su corte con los límites hacia tierra y hacia el mar de la playa, es decir, por los límites de la zona litoral. Puede ser representada por una curva de nivel cualquiera de la playa, sin embargo en playas con mareas es conveniente indicar que nivel se emplea. Como lo expresa la Figura 2, se pueden distinguir varias zonas sobre el perfil de una playa sumergida: la zona de asomeramiento y refracción.

donde se presenta un aumento de la altura de ola y un cambio de orientación debido a la refracción en función de la batimetría en la zona; la zona de rotura, donde la ola alcanza su altura máxima lo que provoca su rotura, debido a la refracción que sufre; la zona de surf, donde la ola avanza hacia la costa formando un resalto (“bore”) situado en el frente de ola; y finalmente, la zona de swash donde la ola llega a la línea de costa ascendiendo por la superficie de la zona interlitoral (run-up) y posteriormente desciende por efecto de la gravedad (rundown).



1.3.10 Variación del perfil

El origen de la variabilidad de una playa se encuentra en la propia génesis de la misma. Los cambios en el perfil de playa, son aquellas modificaciones que se producen en la dirección normal a la costa, producto generalmente del transporte transversal de sedimento.

Para determinar el tipo de playa se debe calcular la pendiente de la playa cercana a la costa ($\tan \beta$), el periodo de la ola de tormenta y la velocidad adimensional de caída de del sedimento.

1.3.11 Perfil de equilibrio

Como perfil de equilibrio se entiende la morfología que alcanzará un perfil de playa expuesto a unas condiciones de oleaje constantes, fundamentalmente altura de ola y período, y compuesto por un tamaño de grano determinado. Este concepto asume que las playas responden a las características del oleaje y sedimentológicas ajustando su perfil a una forma que no varía con el tiempo, donde el transporte transversal de sedimento promediado en el tiempo es nulo.

Según esta definición, la existencia de un perfil de equilibrio estático en la naturaleza es prácticamente imposible, debido a las variaciones constantes de los distintos agentes actuantes (oleaje, marea, corrientes). En sentido estricto, el perfil de equilibrio es un concepto teórico que únicamente será posible alcanzar en el laboratorio, donde las condiciones están controladas. Por tanto, existe una morfología del perfil de playa que se presentará con mayor frecuencia, denominado estado modal del perfil de playa, y que se considera como el perfil de equilibrio dinámico de la playa. (Bernabéu et al., 2001).

Una de las formulaciones más usadas para evaluar el perfil de una playa es el perfil de equilibrio de Dean, representado por (CEM, 2002):

$$y = Ax^n \quad (3)$$



Siendo “y” la profundidad del perfil, x la distancia desde la línea de costa, n un exponente y A un factor de proporcionalidad.

Se ha establecido que n varía entre 0,633 y 0,98, considerándose como un valor más común 2/3. A es un parámetro que depende fundamentalmente del tamaño del sedimento y especialmente de la velocidad de caída del grano, w, la que también se relaciona con el diámetro de la partícula mediante la expresión (Ecuación 3):

$$A=Kw^m \quad (4)$$

Variando m entre 0,66 y 0,44 y variando K entre 0,51 y 1,05.

La velocidad de caída del grano w para arenas con gravedad específica 2,65 y densidad 2,65 T/m³ se puede calcular de acuerdo con el tamaño del grano como:

$$w=1.1*106*D^2 \quad D < 0,1 \text{ mm} \quad (5)$$

$$w=273*D^{1.1} \quad 0,1 < D < 1 \text{ mm} \quad (6)$$

$$w=4.36*D^0, \quad D > 1 \text{ mm} \quad (7)$$

Siendo D el diámetro medio de la partícula de suelo expresado en metros y w la velocidad de caída del grano expresada en m/s.

1.3.12 Características de los sedimentos

Una de las características más importantes de sedimento es el tamaño de las partículas. Puesto que nos permite determinar el diámetro de la muestra de sedimentos de acuerdo a unos estándares y diferentes métodos estadísticos para el análisis del tipo de materiales que lo componen. Los sedimentos en las playas pueden variar en composición dependiendo de las fuentes que alimentan la playa. La principal fuente de sedimento para la mayoría de



zonas costeras son las corrientes de aguas naturales como los ríos, arroyos, erosión de dunas y acantilados. El suministro de material a la playa depende de la cantidad y tipo de sedimento que puede transportar el río, lo que a su vez, depende de las condiciones internas de la corriente como su pendiente, el tipo de roca que conforma la cuenca, la densidad de la vegetación y el clima.

Se han propuesto varias clasificaciones formales de tamaño del sedimento como la establecida por Wentworth en 1922. La clasificación se presenta en unidades phi. Las unidades ϕ (phi) propuesta por Krumbein en 1936 se expresa como el logaritmo en base 2 del diámetro de la partícula:

$$\phi = -\log_2 D \quad (8)$$

Donde D es el diámetro de grano en milímetros, el signo negativo se usa de tal forma que los tamaños más comunes de sedimentos ($D < 1$ mm) tienen un valor positivo de phi.

Para playas arenosas también puede calcularse el tamaño del sedimento a partir del tamaño del diámetro en milímetros como:

$$\phi = -3,322 \log D \quad (9)$$

El tamizado se considera el método más representativo y confiable para realizar el análisis de tamaños de sedimentos arenosos. Para ello se toma una muestra de arena seca (40-60 g para arena fina y 100 a 150 g si es cuarzo) se pasa a través de la serie de tamices, y el porcentaje del total acumulado en peso de la muestra recolectada en tamices sucesivos de mayor tamaño se grafica contra el tamaño de la abertura del tamiz para generar un diagrama de frecuencia acumulativa de tamaños (Coastal Engineering Manual, 2002). De esta gráfica se determinan los tamaños representativos siendo el D_{50} el más importante.



1.3.13 Momentos de orden superior

Las estadísticas adicionales de la distribución de los sedimentos se puede utilizar para describir la forma en la muestra varía de una distribución logarítmica normal. La desviación estándar es una medida del grado en el que la muestra se extiende alrededor de la media (es decir, los elementos de clasificación). Después de Folk (1974), la desviación estándar puede ser aproximado por (US Army Corps of Engineers, 2002):

$$\sigma\phi = \frac{\phi_{84}-\phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95}-\phi_5}{6} \quad (10)$$

Donde $\sigma\phi$ es la desviación estándar estimada de la muestra en unidades phi. Para un sedimento completamente uniforme ϕ_{50} , ϕ_{16} , ϕ_{84} , ϕ_{95} ϕ_5 y son todos iguales, y por lo tanto, la desviación estándar es cero. Hay también descripciones cualitativas de la desviación estándar. Un sedimento se describe como bien ordenados si todas las partículas tienen tamaños que se acercan al tamaño típico (desviación estándar pequeña). Si los tamaños de las partículas se distribuyen de manera uniforme sobre una amplia gama de tamaños, a continuación, la muestra se dice que es bien graduada. Una muestra bien graduada está mal clasificadas, una muestra mal graduada está mal clasificado.

El grado en que la distribución se aparta de simetría se mide por el coeficiente phi de $\alpha\phi$ asimetría se define en Folk (1974) como:

$$\alpha\phi = \frac{\phi_{84}+\phi_{16}-2\phi_{50}}{2*(\phi_{84}-\phi_{16})} + \frac{\phi_{95}+\phi_5-2\phi_{50}}{2*(\phi_{95}-\phi_5)} \quad (11)$$

Para una distribución perfectamente simétrica, la asimetría es cero. Una asimetría positiva indica que hay una asimetría hacia fuera los sedimentos finos, y por el contrario, un valor negativo indica que hay más valores atípicos en los sedimentos más gruesos.



El coeficiente phi de $\beta\phi$ curtosis es una medida de la puntiagudez (peakedness) de la distribución, es decir, la proporción de sedimento en el centro de la distribución relativa a la cantidad en ambas colas. Después de Folk (1974), Ecuación (12), que se define como:

$$\beta_{\phi} = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44 * (\phi_{75} - \phi_{25})} \quad (12)$$

Los valores para los tamaños de grano media y la mediana son frecuentemente convertidos de unidades phi a las medidas lineales. Sin embargo, la desviación estándar, asimetría y curtosis debe permanecer en unidades phi porque no tienen equivalentes dimensionales correspondientes. Si se utilizan estos términos en las ecuaciones, se utilizan en su forma adimensional phi. Relaciones relativas se dan para rangos de desviación estándar, asimetría y curtosis en la tabla 3.



Tabla 3. Distribución cualitativa del sedimento para Desviación Estándar; Asimetría y Curtosis.

Table III-1-3 Qualitative Sediment Distribution Ranges for Standard Deviation, Skewness, and Kurtosis	
Standard Deviation	
Phi Range	Description
<0.35	Very well sorted
0.35-0.50	Well sorted
0.50-0.71	Moderately well sorted
0.71-1.00	Moderately sorted
1.00-2.00	Poorly sorted
2.00-4.00	Very poorly sorted
>4.00	Extremely poorly sorted
Coefficient of Skewness	
<-0.3	Very coarse-skewed
- 0.3 to - 0.1	Coarse-skewed
- 0.1 to +0.1	Near-symmetrical
+0.1 to +0.3	Fine-skewed
>+0.3	Very fine-skewed
Coefficient of Kurtosis	
<0.65	Very platykurtic (flat)
0.65-0.90	Platykurtic
0.90-1.11	Mesokurtic (normal peakedness)
1.11-1.50	Leptokurtic (peaked)
1.50-3.00	Very leptokurtic
>3.00	Extremely leptokurtic

Fuente: Coastal Engineering Manual, pág. III-1-11 (2002).

1.3.14 Usos de las distribuciones.

El tamaño de grano medio es la característica sedimento tamaño más comúnmente utilizado, y tiene una amplia aplicación en la práctica de la ingeniería costera. La desviación estándar de las muestras de sedimentos han sido utilizados de varias maneras, incluyendo la playa de relleno de diseño (ver Hobson (1977), cap. 5, sec. III, 3) y la



permeabilidad de los sedimentos (Krumbein y Monk 1942). Cuando un conjunto de muestras se toman de un sitio único proyecto, que con frecuencia muestran una variación consistente poca o ninguna en diámetro mediana. En este caso, varios momentos de orden superior se utilizan generalmente para distinguir diferentes ambientes de depósito. Existe una extensa literatura sobre la posible aplicación de las medidas de distribución del tamaño, véase, por ejemplo, Inman (1957), Folk y Ward (1957), McCammon (1962), Folk (1965, 1966), Griffiths (1967), y Stäuble y Hoel (1986) y tiene una amplia aplicación en la práctica de ingeniería costera. La desviación estándar de las muestras de sedimentos se ha utilizado en varias maneras, incluyendo la playa de relleno de diseño (ver Hobson (1977), cap. 5, sec. III, 3) y la permeabilidad de los sedimentos (Krumbein y Monk 1942). Cuando un conjunto de muestras se toman de un sitio único proyecto, que con frecuencia muestran una variación consistente poca o ninguna en diámetro mediana. En este caso, varios momentos de orden superior se utilizan generalmente para distinguir diferentes ambientes de depósito. Existe una extensa literatura sobre la posible aplicación de las medidas de distribución del tamaño, véase, por ejemplo, Inman (1957), Folk y Ward (1957), McCammon (1962), Folk (1965, 1966), Griffiths (1967), y Stäuble y Hoel (1986).

1.3.15 Profundidad límite del perfil de equilibrio

En los perfiles de playa se asume que existe una profundidad de cierre a partir de la cual no existe movimiento significativo del sedimento y por consiguiente se puede asumir que el perfil no cambia. Hallermeiller propuso una zonificación teniendo en cuenta la variabilidad del perfil y el transporte de sedimentos así: Una zona exterior en la cual no hay variaciones en el perfil; una zona de asomeramiento, donde existen pequeños cambios, generalmente estacionales, debido al transporte transversal; y una zona litoral, donde se producen grandes cambios debido al transporte longitudinal y transversal de arena. Para determinar las profundidades de la zona de asomeramiento y de la zona litoral determinó dos profundidades como indican las Ecuaciones (10) y (11) (Ministerio de Medio



Ambiente. Procesos Litorales, Documento de Referencia. Volumen II. Universidad de Cantabria. Grupo GIOC. Cantabria, España, 2000).

$$d_1 = 2.28H_{12} - 68.5 \left(\frac{H_{12}}{gT^2} \right) \quad (10).$$

$$d_2 = H_{sm} T_{sm} \frac{g}{5000D_{50}} \quad (11).$$

Siendo:

d_1 : Profundidad límite entre zona litoral y zona de asomeramiento

d_2 : Profundidad límite entre zona de asomeramiento y zona exterior

H_{s12} : Altura ola significativa local que es excedida 12 horas al año

T_{s12} : Período asociado a la altura H_{s12}

H_{sm} : Altura significativa local media anual

T_{sm} : Período asociado a la ola local media anual

D_{50} : Diámetro medio del sedimento situado a la cota $1.5d_1$

Birkemeier propuso una expresión modificada para la profundidad de cierre de la siguiente forma:

$$d_1 = 1.75H_{s12} 57.9 \left[\frac{H_{s12}^2}{gT^2} \right] \quad (12).$$

Siendo las variables iguales a las establecidas anteriormente



1.3.16 Riesgo para los bañistas en una playa

Para determinar el riesgo de bañistas, esta investigación se basará en un enfoque hidrodinámico, el cual tiene en cuenta la altura del oleaje y el estado morfodinámico al que está sometido la playa, según lo muestra la Figura 3.

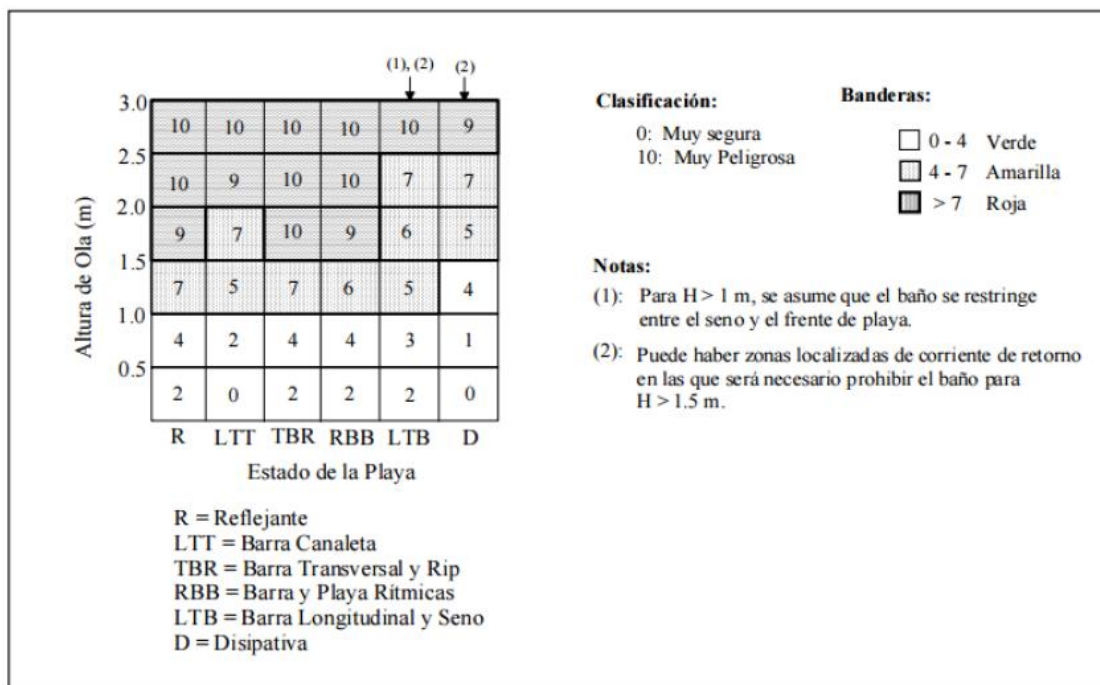


Figura 3. Nivel de seguridad en función de la altura de ola y del estado morfodinámico de la playa.

Fuente: Regeneración de Playas, Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, GIOC, Universidad de Cantabria, 2000. Pg. III-19



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer la variabilidad estacional de la línea de costa en la zona de Manzanillo del Mar de la ciudad de Cartagena mediante el levantamiento de perfiles de playa y toma de muestras de sedimento, para determinar posibles riesgos de inundación o peligro para los bañistas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el comportamiento de la línea de costa mediante el levantamiento topográfico de perfiles de playa, la comparación con perfiles de años anteriores y la observación en imágenes de Google.
- ✓ Clasificar geomorfológicamente la playa a partir de analizar las características del sedimento, el oleaje y los perfiles medidos en la zona.
- ✓ Diagnosticar las condiciones de estabilidad de la playa, y a partir de la clasificación geomorfológica efectuada, determinar los riesgos para los bañistas y recomendar posibles acciones de mejora.



3. ALCANCE

El sector de estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Cartagena capital del departamento de Bolívar en la región Caribe Colombiana en las coordenadas 10°24'30" latitud norte y 75°30'25" longitud oeste (ver Figura 4).



Figura 4. Ubicación geográfica de Cartagena de indias y de la zona de Manzanillo del Mar.

Fuente: Google Maps, 2017. Modificada por autores.

La investigación se desarrolló concretamente en un sector comprendido entre la zona de playa Manzanillo del Mar (10°30'54.5" latitud Norte y 75°29'50.5" longitud Oeste) y el



hotel Karmairi Hotel Spa de la ciudad de Cartagena de Indias entre la coordenadas (10°31'15.6" latitud Norte y 75°29'47.5" longitud Oeste) (Ver Figura 5); durante el primer periodo académico del año 2017.



Figura 5. Ubicación geográfica del sector de estudio cerca del Hotel Karmairi.

Fuente: Google Maps, 2017. Modificada por autores.

En el presente proyecto de investigación “*Análisis del comportamiento de la línea de costa y clasificación morfológica de la zona costera de Manzanillo del Mar en la ciudad de Cartagena de Indias*” se levantaron tres perfiles topográficos utilizando nivel y mira milimétrica en la zona de playa. Además, se llevó a cabo la toma de muestras de arena en cinco puntos del perfil (2 en playa seca, 2 en playa húmeda y 1 en el punto de la línea de costa) y el análisis granulométrico de sedimentos, para conocer la variabilidad de la playa, evaluar la estabilidad y el riesgo que pueden correr los bañistas.



Debido a que no se contó con la ayuda de un operador experto que fondeara el correntómetro, no fue posible medir directamente en campo el oleaje y el viento. Se trabajó con información del régimen del oleaje local obtenida del proyecto *“Morfodinámica de una playa, sus relaciones con parámetros físicos y sus variaciones estacionales. Caso de Estudio: Playas de Bocagrande, Marbella y La Boquilla, en Cartagena de Indias, Colombia”* (Pinto, 2014).

De acuerdo con lo anterior, se determinó la altura de ola significativa para el sector a partir de modelaciones de oleaje anteriormente realizados en zonas cercanas, el tamaño del sedimento en el laboratorio de Geotecnia aplicando la Norma NTC 77 y NTC 32, la velocidad y dirección del viento a partir de los datos consultados por el IDEAM, también se evaluó la pendiente de la playa y se procedió a determinar la profundidad de cierre del perfil, que este es un parámetro variable principal para la caracterización geomorfológica de la costa. Las variaciones y características geomorfológicas se determinaron mediante el parámetro de Deán (Omega) o velocidad adimensional de caída del grano.

Además de esto, se determinó el perfil de equilibrio de Dean, para conocer la tendencia hacia el futuro de la playa. Se reportaron cada una de las características geomorfológica y de oleaje de acuerdo a la época donde se realizaron las respectivas mediciones y también se muestran las condiciones climáticas con datos obtenidos de IDEAM en el periodo de estudio con el fin de conocer el comportamiento a corto plazo de la zona.

Se realizaron inspecciones visuales en campo, midiendo la dirección del oleaje con una brújula, la obtención de perfiles de playa se realizó mediante levantamiento topográfico, la toma de muestras de sedimento se hizo manualmente y la evaluación se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Cartagena.

Los levantamientos de los perfiles, la extracción de muestras de sedimento, la medición de oleaje, intensidad de viento y marea, se realizaron cada quince días y entre las 8:00 am y 13:00 pm esto con el fin de tener condiciones similares en la playa.

Este trabajo tiene como finalidad analizar el comportamiento de la línea de costa de Manzanillo del mar y una serie de recomendaciones para garantizar la estabilidad de la playa del sector y determinar el riesgo para los bañistas. Estos resultados servirán como

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



fundamento o base para futuras investigaciones locales, nacionales e internacionales en otros sectores de costa que estudien las variaciones morfológicas y el comportamiento de la línea de costa. El presente estudio no es experimental, debido a esto, no es posible hacer una comparación entre las variables independientes y de respuesta.



4. METODOLOGÍA

En la presente investigación “*Análisis del comportamiento de la línea de costa y clasificación morfológica de la zona costera de Manzanillo del Mar en la ciudad de Cartagena de Indias*”, se estudió la interacción del mar, la tierra, y la atmosfera analizando la dinámica marina como principal factor influyente en la variación de la línea de costa de Manzanillo del Mar. Se hizo un análisis cualitativo y cuantitativo en las respectivas actividades de campo en los sectores de estudio, por lo tanto la investigación fue de tipo mixta.

Los diferentes métodos de recopilación de información cuantitativa permitieron obtener los parámetros correspondientes para realizar la clasificación de la morfología de la zona y definir las diferentes características predominantes en la playa.

Los levantamientos de los perfiles, la extracción de muestras de sedimento, la medición de oleaje, intensidad de viento y marea, se realizaron cada quince días y aproximadamente a la misma hora con el fin de tener condiciones similares en la playa.

Para el presente estudio, fueron necesarios una toma de datos en campo y un procesamiento de los mismos en oficina, además de los ensayos granulométricos en laboratorio. La metodología que se aplicó en el estudio, conforme a los objetivos planteados, se presentan en la Figura 6 y se describen a continuación:

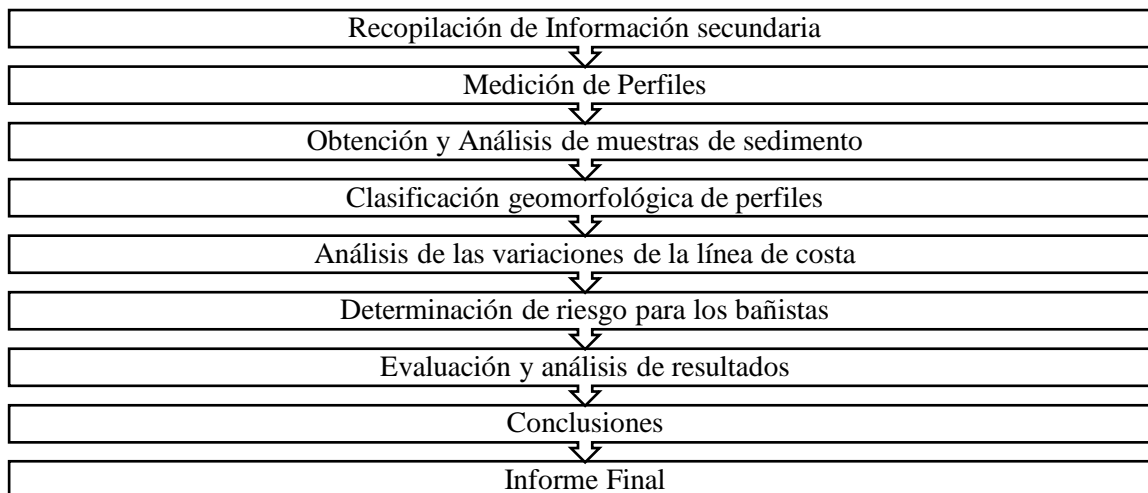


Figura 6. Diagrama de la metodología del estudio.

4.3 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

La búsqueda de información secundaria se realizó mediante consultas en las bases de datos de la Universidad de Cartagena, tesis de grados afines al tema de estudio tanto a nivel local, nacional e internacional, así como también estudios realizados en la zona por entidades como el CIOH, IDEAM, el IHSA de la Universidad de Cartagena y artículos referentes al tema. De esta recolección de información se tomó lo más relevante, utilizándola como soporte teórico y metodológico sólido para la investigación. Además se utilizaron los datos relacionados con perfiles que se estudiaron anteriormente en 2003. Se observó su variación con respecto al tiempo, teniendo en cuenta que los estudios fueron realizados en la misma época del año, aproximadamente en la misma zona y aproximadamente con la misma distancia del B.M. a la línea de costa, para poder obtener resultados fiables.

Debido a que no se contó con la ayuda un operador experto que fondeara el correntómetro, no fue posible medir directamente en campo la corriente. Se trabajó con información del régimen del oleaje local obtenida del proyecto *“Morfodinámica de una playa, sus relaciones con parámetros físicos y sus variaciones estacionales. Caso de Estudio: Playas de Bocagrande, Marbella y La Boquilla, en Cartagena de Indias, Colombia”* (Pinto, 2014).



4.4 MEDICIÓN DE PERFILES

La medición de los perfiles de playa se realizó en el primer semestre académico del año 2017, comprendido entre los meses de Marzo y mayo de dicho año, donde se hicieron mediciones cada 15 días.

4.4.1 Reconocimiento de la zona y ubicación de los perfiles

Se realizó un recorrido en la zona, inicialmente se localizó un B.M. del IGAC (Instituto geográfico Agustín Codazzi), de una construcción aledaña, identificado con las coordenadas $10^{\circ}31'15.26805''N$, $75^{\circ}29'45.76867''W$ y cota 3,5050 msnm. Posteriormente, se ubicaron los BMs y los puntos de alineamiento de los perfiles, estos fueron empotrados en el suelo con Tubería PVC de 4", un tapón y un clavo en la parte superior, se marcó con las iniciales de la universidad y el nombre del trabajo de grado, luego se trasladaron las coordenadas y cotas desde el BM inicialmente mencionado usando el sistema topográfico convencional de traslado de nivel con poligonal abierta.



Figura 7. Ubicación geográfica de los perfiles.
Fuente: Google Earth, 2017. Modificada por autores.

4.4.2 Levantamiento topográfico de los perfiles de playa

El primer BM fue instalado en límite del inicio de área de concesión “Playa Murallas” resolución -0090-2015 expedida por DIMAR de Manzanillo del Mar y marcado se usó como referencia para la ubicación de los perfiles durante la medición. Se marcaron los puntos de inicio de cada perfil.

Se realizaron las mediciones con sistema topográfico convencional, colocando el nivel Topcon modelo AT-G6 en el inicio del perfil para conocer la cota inicial usando una mira milimétrica y a partir de allí conocer todas las cotas cada dos metros, que fueron señalados con una cuerda con marcas separadas a dicha distancia para mayor facilidad en las mediciones. Estas mediciones se realizaron en sentido perpendicular a la costa hasta una profundidad que garantizó la seguridad del operario de la mira y ubicando cambios



significativos en la topografía del lugar teniendo en cuenta la línea de costa que es uno de los parámetro más relevantes de la investigación, por lo que se midió la distancia exacta desde el inicio del perfil hasta esta. En la Figura 8 se muestra el formato de toma de datos de campo.

Cabe resaltar que, se tuvieron inconvenientes en la primera medición de los perfiles 2 y 3. Estos no pudieron ser medidos puesto que estaban dentro del territorio privado de la construcción “Morros Eco”, tal eventualidad no pudo ser prevista, teniendo en cuenta que el día de reconocimiento de la zona para la ubicación de los perfiles, no llevábamos equipos de medición y los guardias no nos interrumpieron. Para la segunda medición, con el fin de no ingresar en predios privados y poder realizar la toma de datos, la ubicación de los BMs de los perfiles 2 y 3 fue trasladada en sentido opuesto a la ubicación inicial, dejando fijo el BM del perfil 1. Posterior a esto, se midieron los 3 perfiles sin inconvenientes.

Perfil N°		Altura Instrumental (m)	Fecha		
Coord. Norte:		Coord. Este:		Hora de inicio:	
Oleaje:		Marea:		Hora finaliza	
Abscisa	V(+) (m)	V(-) (m)	Δ	Cota (m)	Toma muestras

Figura 8. Formato de toma de datos de perfiles en campo.



Las mediciones de los perfiles se realizaron los días 5 de Marzo, 1 de abril, 23 de Abril, 7 de Mayo y 21 de Mayo del año 2017.

Se realizó una corrección por marea por lo cual se anotaron las horas de inicio y finalización de cada una de las mediciones. La tabla 4 muestran los valores de Marea para la fecha y hora de la medición pronosticados por el Centro de Investigaciones Oceánicas e Hidrográficas, en el ANEXO II se muestran los datos obtenidos específicamente por perfil y medición, además se muestran las cotas corregidas.

Tabla 4. Datos de marea sacados del CIOH

Fecha	Marea (m)
05/03/2017	-0,16
01/04/2017	-0,01
23/04/2017	0.089
07/05/2017	0.01
21/05/2017	0.06

Fuente: Obtenido de <https://www.cioh.org.co/meteorologia/mareas.php>

4.5 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SEDIMENTO

Se tomaron alrededor de 5 muestras de sedimentos por perfil y se anotaron las respectivas distancias a lo largo de los perfiles para conocer su posición, tomándose 2 muestras en la playa seca, 2 muestras en la playa húmeda, y 1 en la línea de costa. Estas muestras se tomaron y colocaron en bolsas plásticas que fueron marcadas para poder ser identificadas por número de muestra y perfil al que pertenecían. En la Figura 9 se muestra cómo se tomaron las muestras en campo.



Figura 9. Ejemplo de toma de muestra en los perfiles estudiados.

Fuente: Autores.

Análisis de muestras: A partir de las muestras de sedimento tomadas, se realizó un análisis granulométrico pasándolas por una serie de tamices siguiendo la Norma Técnica Colombiana NTC 77 y NTC 32. Con estos datos de granulometría se realizó la curva de distribución granulométrica de cada muestra de sedimento. Estos ensayos de laboratorio fueron realizados en los laboratorios de Geotecnia y Materiales de la Universidad de Cartagena.

El tamizado se realizó con 200 g por cada muestra. Una vez obtenidos los resultados se determinó la variación del tamaño del sedimento en unidades ϕ a lo largo de la zona de estudio, para lo cual se calcularon los valores ϕ_{16} , ϕ_{50} , y ϕ_{84} , a partir de los valores D16, D50 y D84, que fueron convertidos a unidades Phi (ϕ) a partir de la *ecuación 8* citada en el marco teórico. La variación del valor del diámetro medio del sedimento fue analizada también en mm (D50). Para cada perfil se calculó el valor promedio del D50 y ϕ_{50} , los cuales fueron comparados a lo largo del perfil y de la zona de estudio en general. Se calculó además, el valor del diámetro promedio con el fin de clasificar el sedimento de acuerdo con la tabla 5, mostrada a continuación. Se obtuvo también la desviación y el sesgo para las unidades Phi (ϕ) para determinar su gradación según la Tabla III-1-3 del Coastal Engineering Manual, (Army Corps of Engineers (USACE), 2002)



Tabla 5. Clasificación de los sedimentos de acuerdo con el tamaño del grano.

Fuente: Coastal Engineering Manual, pág. III-1-8

Table III-1-2 Sediment Particle Sizes						
ASTM (Unified) Classification ¹	U.S. Std. Sieve ²	Size in mm	Phi Size	Wentworth Classification ³		
Boulder		4096.	-12.0	Boulder		
		1024.	-10.0			
Cobble	12 in. (300 mm)	256	-8.0	Large Cobble		
		128.	-7.0			
	3 in. (75 mm)	107.64	-6.75	Small Cobble		
		90.51	-6.5			
		76.11	-6.25			
		64.00	-6.0			
Coarse Gravel		53.82	-5.75	Very Large Pebble		
		45.26	-5.5			
		38.05	-5.25			
		32.00	-5.0			
	3/4 in. (19 mm)	26.91	-4.75	Large Pebble		
		22.63	-4.5			
		19.03	-4.25			
		16.00	-4.0			
		13.45	-3.75			
		11.31	-3.5			
Fine Gravel	2.5	9.51	-3.25	Medium Pebble		
		8.00	-3.0			
	3	6.73	-2.75			
		5.66	-2.5			
		4.76	-2.25			
Coarse Sand	4 (4.75 mm)	4.00	-2.0	Granule		
		5	4.00			
	6	3.36	-1.75			
		2.83	-1.5			
		2.38	-1.25			
	10 (2.0 mm)	2.00	-1.0		Very Coarse Sand	
		12	1.68			
		14	1.41			
16		1.19				
18		1.00				
20		0.84				
25		0.71				
Medium Sand	30	0.59	0.75	Coarse Sand		
		35	0.50			
	40 (0.425 mm)	0.420	-1.25		Medium Sand	
		45	0.354			
		50	0.297			
		60	0.250			
		70	0.210			
		80	0.177			
		100	0.149			
		120	0.125			
Fine Sand	140	0.105	3.25	Very Fine Sand		
		0.088	3.5			
		0.074	-3.75			
		0.0625	-4.0			
	Fine-grained Soil:	270	0.0526		4.25	Coarse Silt
			0.0442		4.5	
		325	0.0372		4.75	
			0.0312		5.0	
			0.0156		6.0	
			0.0078		7.0	
Silt if PI < 4 and plot of PI vs. LL is below "A" line and the presence of organic matter does not influence LL.	0.0039	8.0	Very Fine Silt			
		7.0	Coarse Clay			
	0.00195	9.0	Medium Clay			
		10.0	Fine Clay			
	0.00049	11.0	Fine Clay			
		12.0	Colloids			
		13.0	Colloids			
		14.0	Colloids			

(PI = plasticity limit; LL = liquid limit)

¹ ASTM Standard D 2487-92. This is the ASTM version of the Unified Soil Classification System. Both systems are similar (from ASTM (1994)).

² Note that British Standard, French, and German DIN mesh sizes and classifications are different.

³ Wentworth sizes (in mm) cited in Krumbein and Sloss (1963).



4.6 CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS PERFILES DE PLAYA

Los perfiles fueron caracterizados geomorfológicamente a partir del parámetro adimensional de caída del grano, Ω , el cual se calculó de acuerdo con la *ecuación 1*, referenciada en el marco teórico del presente documento. Se hizo el análisis del oleaje, evaluando sus direcciones, alturas y periodos junto con los datos granulométricos. Se estableció la morfología del perfil y su estabilidad. El valor de la velocidad de caída del grano (W_s), fue estimado a partir del promedio del valor medio (D50) de las muestras más lejanas de la costa para cada perfil, ya que se supone es el punto del perfil donde el tamaño del sedimento es menos variable. Por medio del parámetro Ω se identificó el estado de las playas, ya sea disipativa ($\Omega > 6$), reflejante ($\Omega < 1$) o intermedia ($1 < \Omega < 6$). Además se calculó el número de Iribarren para clasificar los tipos de rotura que se presentan en uno de los litorales para ver si está de acuerdo o no con la teoría.

4.7 ANALISIS DE LAS VARIACIONES DE LA LÍNEA DE COSTA

Se tabularon y graficaron los datos obtenidos de la medición de los perfiles. Los perfiles de playa levantados se interpolaron cada metro y se corrigieron por marea con los datos del CIOH para el día y hora de las mediciones, con el fin de tener igual referencia de niveles.

Se determinó la variación de la línea de costa en los diferentes perfiles levantados, para lo cual se graficó la distancia medida desde el BM hasta la línea de costa por cada día de medición y se calcularon los porcentajes de variación entre la primera medición efectuada el 5 de Marzo y el resto de mediciones.

Se presentaron comparaciones con perfiles antiguos e imágenes tomadas de Google Earth para poder observar qué tanto ha cambiado la línea de costa en la zona de Manzanillo del Mar, y así poder determinar su comportamiento. En este caso, fue comparado el Perfil 1



con el perfil 5, levantado en el año 2002, siendo el único perfil medido en años anteriores en el área de estudio.

Se comparó el perfil promedio obtenido con el perfil de equilibrio de Dean y se determinó la tendencia de dicho perfil a la erosión o sedimentación. Para los perfiles que presentaron una tendencia a erosionarse se planteó un relleno artificial como solución, en caso contrario habría que ver las condiciones en que se encuentran las playas para poder determinar qué medidas habría que tomar. Así mismo, se compararon entre sí los perfiles de playa obtenidos durante este estudio y se analizó su comportamiento durante el transcurso de las mediciones.

4.8 DETERMINACIÓN DEL RIESGO PARA BAÑISTAS

Para determinar el riesgo al que están sometidos los bañistas, se tuvo en cuenta la altura del oleaje y el estado morfodinámico al que está sometido la playa. Se procedió a comparar estos valores con la tabla 3, nivel de seguridad en función de la altura de ola y del estado morfodinámico de la playa, referenciada en el marco teórico del presente documento, esta parte de la investigación se basa en un enfoque hidrodinámico.



5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 UBICACIÓN DE LOS PERFILES

En la zona de estudio comprendida desde el inicio de la concesión costera de Manzanillo del Mar, se identificaron y ubicaron 3 perfiles de playa, cuyas características se describen a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Ubicación y características de los perfiles estudiados.

Perfil	Cota (msnm)	Coordenadas		Longitud total medida de perfiles (m)	Distancia entre perfiles (m)
		Latitud	Longitud		
1	1,195	10°31'14.4"N	75°29'49.9"W	88,00	0
2	0,835	10°31'18.1"N	75°29'49.8"W	60,00	115
3	0,79	10°31'21.6"N	75°29'48.8"W	60,00	112

. A continuación se presentan los parámetros obtenidos de las mediciones de los distintos perfiles, su análisis sedimentológico, distancia de la línea de costa al BM, ancho de playa seca y morfología del perfil.



5.2 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA

El análisis de la variación de la línea de costa a través de cada medición respecto al tiempo, se aprecia en la tabla 7.

Tabla 7. Longitud del BM a línea de costa de cada perfil respecto a las mediciones.

Perfil 1			Perfil 2			Perfil 3		
Medición (Fecha)	Longitud BM a LC (m)	Long. Prom. BM a LC (m)	Medición (Fecha)	Longitud BM a LC (m)	Long. Prom. BM a LC (m)	Medición (Fecha)	Longitud BM a LC (m)	Long. Prom. BM a LC (m)
05/03/2017	62,2	71,68	05/03/2017	-	41,75	05/03/2017	-	40,00
01/04/2017	68		01/04/2017	38		01/04/2017	35	
23/04/2017	77,2		23/04/2017	42		23/04/2017	43	
07/05/2017	75		07/05/2017	44		07/05/2017	40	
21/05/2017	76		21/05/2017	43		21/05/2017	42	

5.2.1 Variación de la línea de costa en el Perfil 1

En la Figura 10, se indican las distancias medidas de la línea de costa desde el BM. Analizando el perfil 1, observamos que en la segunda medición hubo una ganancia de playa seca de 5,8 m y en la tercera, más considerable, de 9,2 m, es decir, se sedimentó. El ancho de playa promedio desde el BM es de 71,68 m En este perfil, solo hubo un retroceso de la línea de costa, en la medición 4, este fue de -2,2 m.

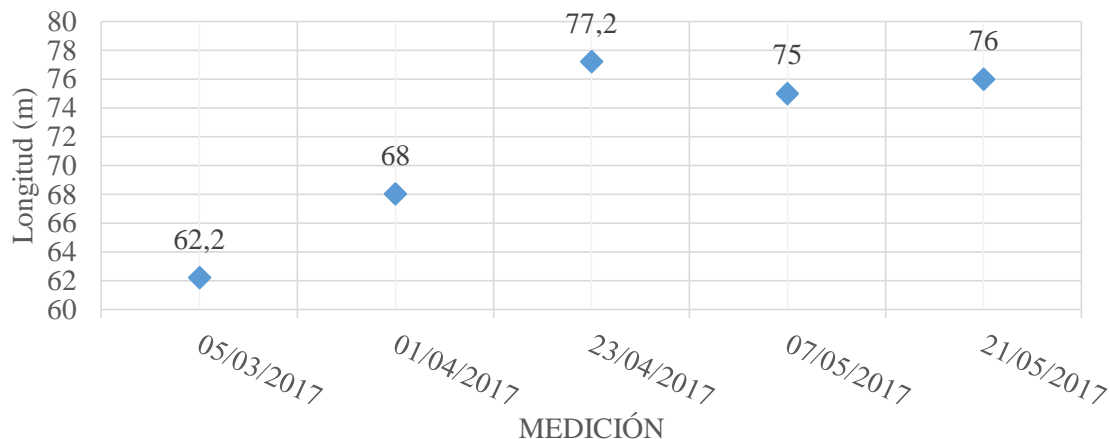


Figura 10. Variación de la posición de la línea de costa en el Perfil 1.

5.2.2 Variación de la línea de costa en el Perfil 2

Durante todos los meses de medición, excepto en la cuarta, se encontró una ganancia del ancho de playa seca, como se muestra en la Figura 11. En la segunda medición (abril 23) avanzó 4 metros con relación a la primera, en la tercera medición (mayo 7), la línea de costa avanzó 2m metros con respecto a la medición anterior, en la cuarta medición (mayo 21), retrocedió solo 1m con respecto a la tercera medición.

El perfil 2 presenta un promedio de ancho de playa seca de 41.75m para el periodo medido. El comportamiento de este perfil es de acreción, ya que solo en la medición cuatro, la línea de costa retrocedió un metro.

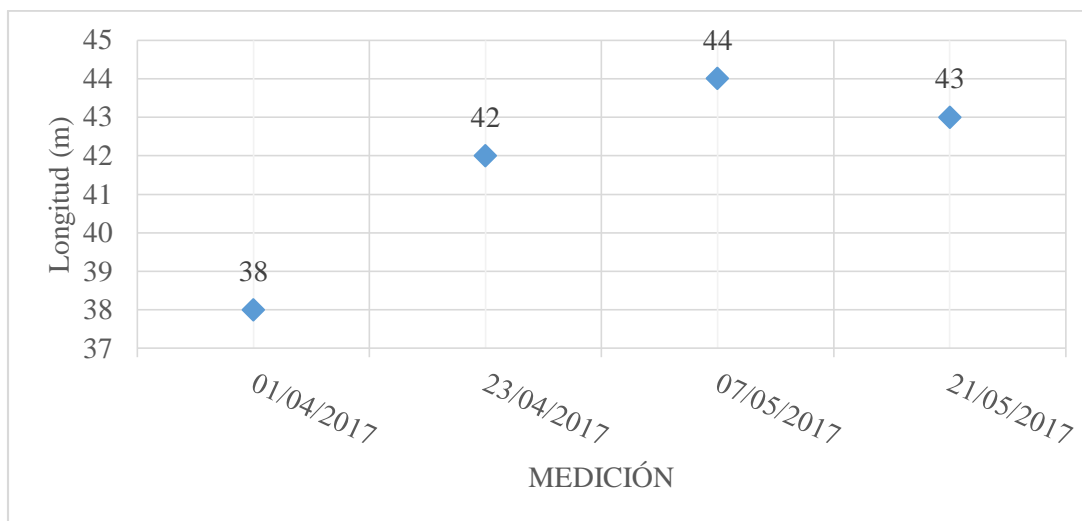


Figura 11. Variación de la posición de la línea de costa en el Perfil 2.

5.2.3 Variación de la línea de costa en el Perfil 3

La ubicación de la línea de costa en el Perfil 3 en la segunda medición (abril 23) se desplazó 8m; en la tercera medición (mayo 7) retrocedió 3m., con respecto a la segunda medición, mientras que en la cuarta medición (mayo 21), se produjo un proceso de acreción, donde la línea de costa avanzó dos metros. El avance total de la playa fue de 42m. El ancho promedio de playa seca del Perfil 3 es de 40m., durante el periodo de medición, valor similar al del Perfil 2, lo que permite concluir que la línea de costa se comporta de manera similar, a lo largo del sector de playas estudiado. Una medición del análisis de la variación de la línea de costa extendida a todo el año arrojaría resultados sobre el comportamiento de esta zona en época seca.

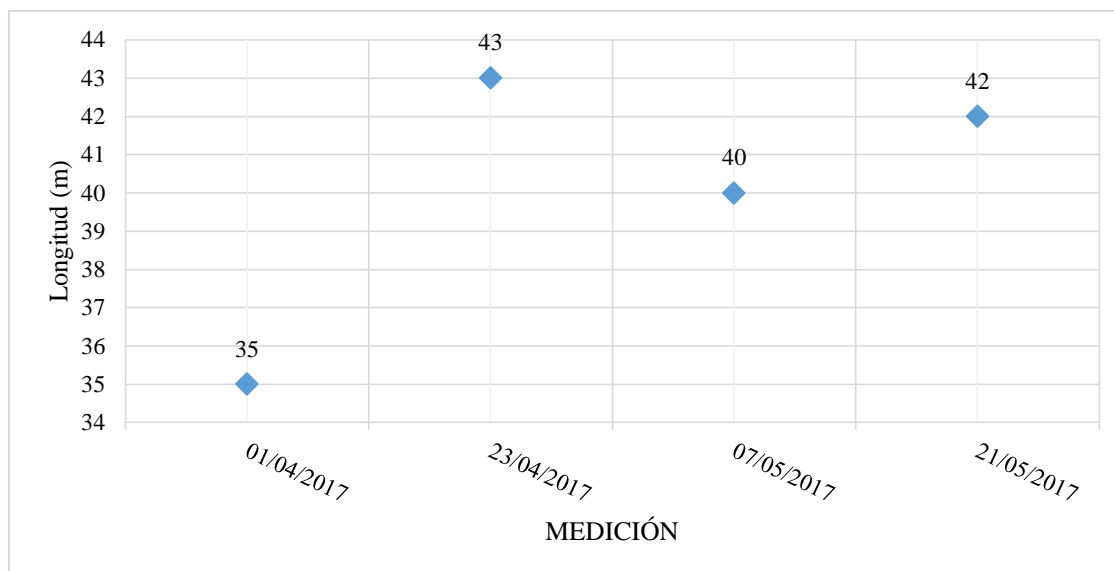


Figura 12. Variación de la posición de la línea de costa en el Perfil 3.

En general, en todos los perfiles estudiados observamos como tendencia que la playa le ganó costa al mar a partir del mes de Abril (mediciones #1 y #2) y como en el mes de Mayo (medición #3 y #4) este comportamiento fue inestable, es decir, no hay una clara tendencia de avance o retroceso de la línea de costa; fenómeno que pudo generarse porque se estima que se llega a una condición de equilibrio al final de una época del año, es decir, en este caso, deben transcurrir más de 2 meses. Se concluye que la línea de costa se comporta de manera similar en el sector de playa correspondiente a los perfiles medidos.

El promedio de distancia de línea de costa del perfil 1 avanzó 9,48 m respecto a la primera medición. Así mismo, el perfil 2 avanzó 3,75 m y el perfil 3, 5 m. Hubo un avance general en los perfiles, es decir, se sedimentaron. Este comportamiento se observa teniendo en cuenta el promedio de distancia de línea de costa al BM comparándolo con la medición base de cada perfil. Al realizar esta comparación se observó que este litoral se encuentra en constante ganancia de playa seca, lo que convierte la playa en una zona atractiva para los bañistas.



5.3 COMPARACIÓN DE LAS LÍNEAS DE COSTA POR MEDIO DE IMÁGENES DE SATÉLITE TOMADAS DE GOOGLE EARTH.

Por medio de Google Earth se ubicó el ancho de playa seca de los perfiles 1, 2 y 3, para poder observar la dinámica de los litorales a través de los años. En la tabla 8 se observan los anchos de playas en los años 2005, 2009, 2012, 2013, y 2016 entre los meses de Febrero y Mayo.

Se apreció un avance promedio de la línea de costa para los perfiles 1, 2 y 3 de 15,4 m, 17 m y 17,05 m respectivamente. La variación ocurre de forma pareja para los tres perfiles en todo el sector de playa. Para el año 2017, fecha de las mediciones, el ancho de playa promedio, se mantuvo en la misma condición comparada con la imagen de Google tomada el 23 de Marzo del 2016. La mayor variación registrada de avance de línea de costa, fue la ocurrida entre el año 2005 y 2009 en el perfil 3, la línea de costa avanzó siete metros por año, para un total de 28 metros en cuatro años.

Al hacer esta comparación se observó que este litoral se encuentra en constante ganancia de playa seca, lo que convierte la playa en una zona atractiva para los bañistas en época seca.

El análisis del comportamiento de la línea de costa, realizado con fotografías tomadas de Google Earth, solo se pudo realizar con tomas capturadas en época de lluvias puesto que no existían fotos de la zona tomadas en otros meses del año.

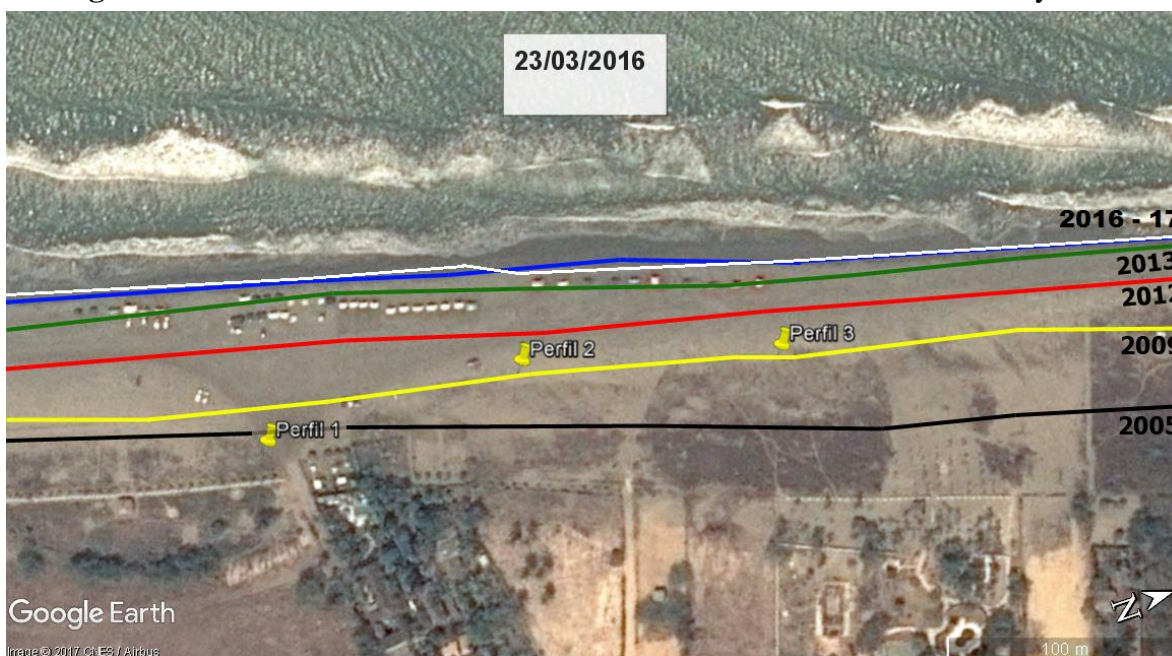
Las convenciones utilizadas en la Figura 13, se encuentran señaladas en la tabla 8.

Tabla 8. Línea de costa de los perfiles de estudio entre los años 2005 y 2016.

Posición de Línea de costa desde BM (m)				
Fecha	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Color en mapa
13/03/2005	9,58	-23,60	-28,00	Negro
10/04/2009	25,75	0,50	0,20	Amarillo
27/02/2012	45,90	16,71	19,08	Rojo
23/04/2013	66,15	36,52	33,09	Verde
23/03/2016	71,44	44,47	40,18	Azul
21/05/2017	71,68	41,75	40,00	Blanco



Figura 13. Perfiles con los trazados de la línea de costa entre los años 2005 y 2017.



Fuente: Imagen tomada de Google Earth y modificada por los autores.

5.4 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PERFILES DE PLAYA

Para el análisis de la variación temporal y espacial de los perfiles de playa, se realizaron una serie de graficas comparativas de cada uno de estos, donde se ilustró la forma de cada perfil por medición y el perfil promedio obtenido a lo largo del tiempo de estudio; para así comparar estos con el perfil de equilibrio obtenido a partir de la ecuación de Dean.

Tomando como base el procedimiento de ajuste descrito anteriormente en el marco teórico, se determinaron los distintos parámetros para el ajuste del perfil por Dean, obteniendo una serie de datos que se muestran adjuntos en el **ANEXO III**, y que se resumen en la tabla 9.



Tabla 9. Parámetros *W* y *A*, de acuerdo con el D50 de la muestra sumergida para ajustar el perfil de Dean.

Corrección por Dean		
D50 promedio obtenido en las muestras M4 y M5		
Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3
0,186	0,178	0,182
Parámetro <i>W</i> (m/s)		
Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3
0,022	0,020	0,021
Parámetro <i>A</i> (m^{1/3})		
Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3
0,081	0,079	0,080

5.4.1 PERFIL 1

Como indica la Figura 14, desde la abscisa 6, hasta la 30, en las distintas mediciones el perfil ganó sedimento, con un aumento de altura promedio de 0.08 m. Entre la abscisa 30 y 45m, podemos ver una forma cóncava hacia arriba, esta variación ocurre debido a que la zona es constantemente transitada por vehículos y esto influye en la modificación del contorno de esta parte del perfil. En la abscisa 45 y 70 se evidencia la formación de una duna de 0,45 m de altura en su punto más alto, con una variación máxima de 0,24 m entre la medición 1 y 2. Se puede decir que ésta, tuvo pocos cambios en su ubicación y forma durante las siguientes mediciones. En la medición 2, desde la abscisa 73, zona donde generalmente se encuentra la línea de costa, se observa un proceso de sedimentación. En esta misma abscisa, de la medición 3 se muestra un proceso de erosión, con una variación en la profundidad de 0,29 m en la abscisa 88. La medición 4 mostró acreción entre la abscisa 70 y 83, luego este perfil tiende a erosionar. La medición 5 mostró un proceso de erosión en base a la medición 4, este perfil se comporta de manera similar a la medición 3. En general, el perfil 1 empieza a tener variaciones mayores desde la abscisa 71, lugar donde en promedio se encontró el inicio de línea de costa y hay mayor dinamismo.

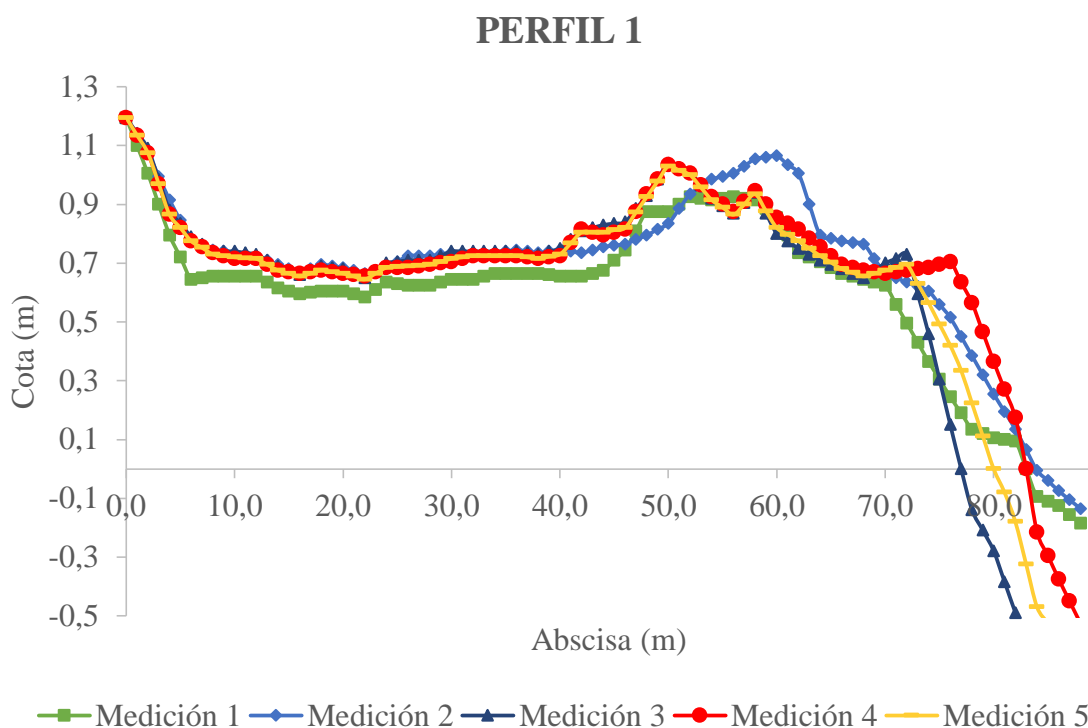


Figura 14. Variación del Perfil 1.

En la Figura 15, se compara el promedio de las mediciones del Perfil 1 (perfil promedio) con el perfil de equilibrio de Dean. Se usó el diámetro de las partículas sumergidas, usando un promedio de las muestras M4 y M5, resultando un tamaño promedio de 0.186 mm, con una velocidad de caída del grano de 2.15 cm/s, se calculó el coeficiente de la ecuación de Dean usando la ecuación del parámetro A para obtener un valor de $0.081 \text{ m}^{1/3}$. Es decir la ecuación representativa para este perfil de Dean es:

$$y = 0.081X^{2/3}$$

Se puede observar que el Perfil Promedio del perfil 1, de la abscisa 0 a la 2,0 m presenta un proceso de acreción con un perfil de forma cóncava hacia abajo con una variación de profundidad de 0,04 m. Paralelamente, de la abscisa 2,0 m a la 7,0 m el perfil se ubicó debajo del perfil de equilibrio con un delta de profundidades máximo de 0,13 m. Al ser pequeñas las diferencias de alturas entre el perfil 1 y el perfil de equilibrio de Dean, se



concluye que el perfil 1 se encuentra cercano al equilibrio y que su tendencia es hacia la sedimentación para llegar a alcanzar al perfil de equilibrio.

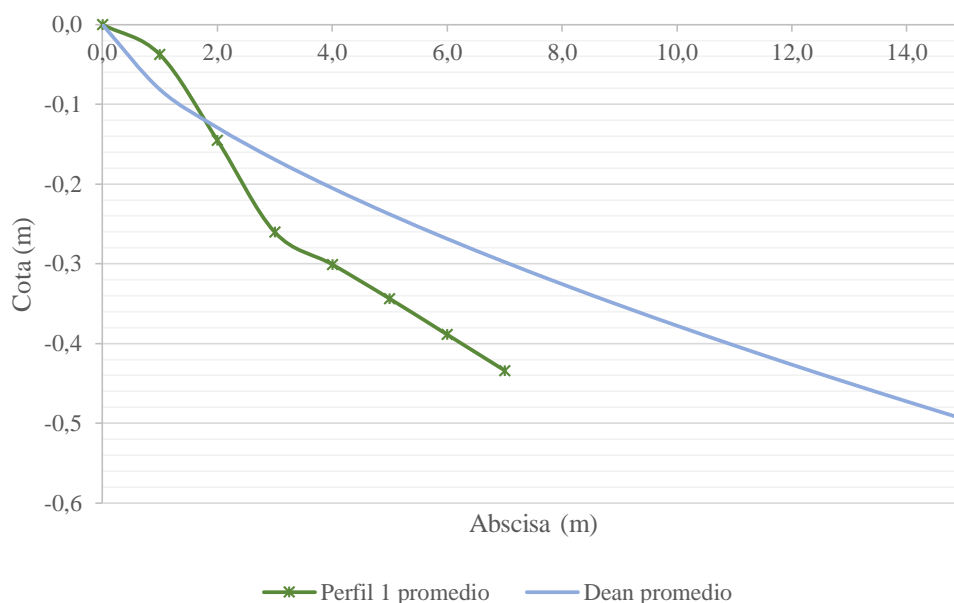


Figura 15. Comparación del perfil promedio del Perfil 1 con el perfil de equilibrio de Dean.

5.4.2 PERFIL 2

En la Figura 16, se puede apreciar, que para todas las mediciones, el perfil se mantuvo en equilibrio hasta la abscisa 14. En la medición 2, generalmente ocurre un proceso de acreción, se evidencia en la abscisa 20, alcanzando una altura de 0,11 m. y a partir de la abscisa 41. Este pequeño montículo de la abscisa 20, varió su ubicación sin un patrón, en todas las mediciones. En la medición 3, entre la abscisa 21 y 34 hubo un proceso erosivo, alcanzando una diferencia de alturas de hasta 0,14 m. Después de la abscisa 40, en esta misma medición, el perfil sufre un proceso de erosión con una variación de profundidad de 0,30 m. En la medición 4, desde la abscisa 37 el perfil se sedimentó más que en la medición 2. El perfil en la medición 5, tuvo un comportamiento similar al obtenido en la medición 3, pero erosionado con una diferencia de alturas máxima de 0,28 m. En la medición 2, 3 y 4, se evidencia la formación de una barra en la abscisa 56, esta característica es predominante



en las playas de estado modal intermedio. En general, el perfil en todas las mediciones buscaba el equilibrio en la abscisa 34, luego se modificaba en relación con la posición de la línea de costa.

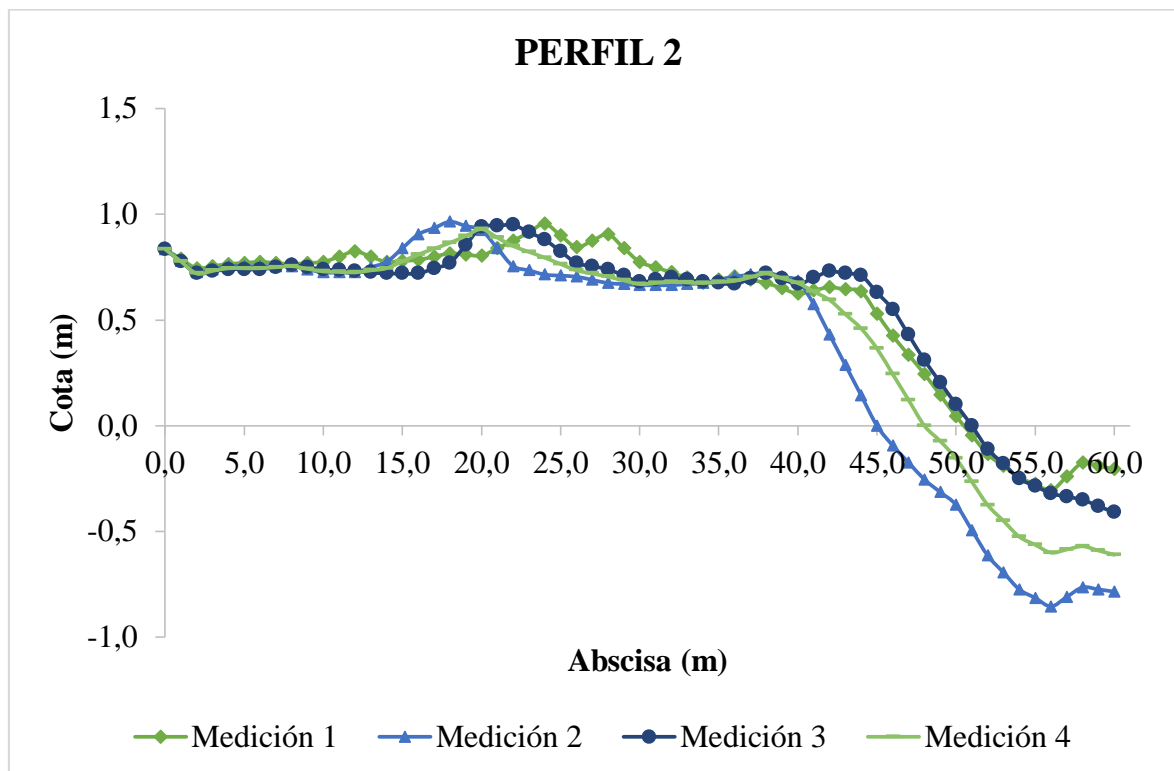


Figura 16. Variación del Perfil 2.

En la Figura 17, se compara el promedio de las mediciones del Perfil 2 con el perfil de equilibrio de Dean. Se usó el diámetro de las partículas sumergidas, usando un promedio de las muestras M4 y M5, resultando un tamaño de 0.178 mm, con una velocidad de caída del grano de 2.05 cm/s, se calculó el coeficiente de la ecuación de Dean usando la ecuación del parámetro A para obtener un valor de $0.079 \text{ m}^{1/3}$.

$$y = 0.079X^{2/3}$$

Al comparar el perfil promedio de las mediciones realizadas, se encuentra cercano al perfil de equilibrio, se puede observar que la medición promedio del perfil 2, de la abscisa 0 a la 2,0 m se observa un proceso de acreción con una variación de profundidad de 0,02 m.



Paralelamente, de la abscisa 2,0 m a la 7,0 m el perfil predominó un proceso de erosión debido a que este se ubicó debajo del perfil de equilibrio con un delta de profundidades máximo de 0,15 m. Al ser pequeñas las diferencias de alturas entre el perfil 2 y el perfil de equilibrio de Dean, se concluye que el perfil 2 se encuentra con tendencia al equilibrio, y para lograrlo debe sedimentarse, como lo indica la tendencia de las mediciones y avances de la línea de costa esto se evidencia en la abscisa 9, con la aparición de la barra.

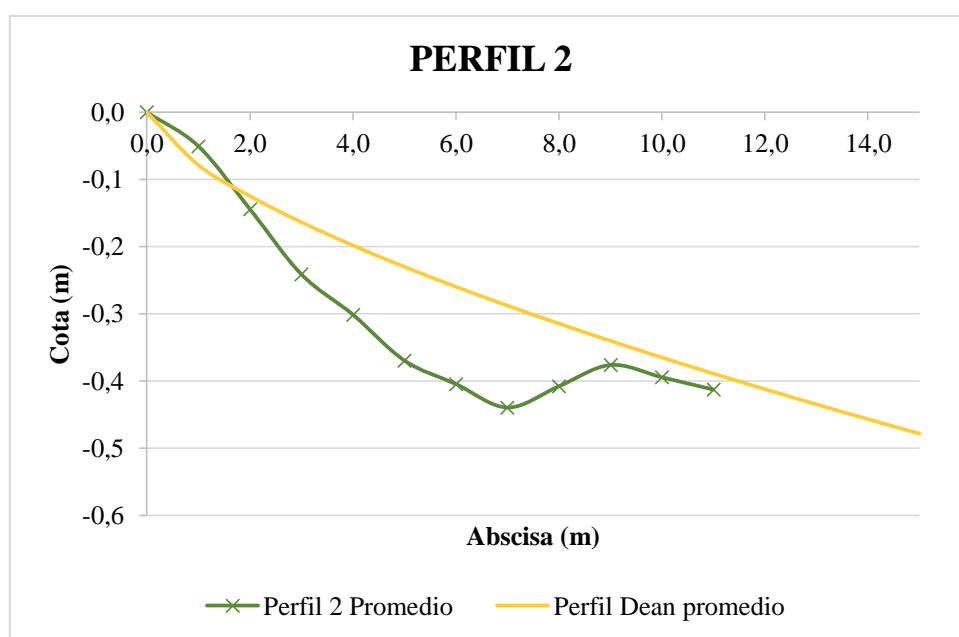


Figura 17. Comparación del perfil promedio del perfil 2 con el perfil de equilibrio de Dean.

5.4.3 PERFIL 3

Para este perfil, se evidencia que el comportamiento del perfil, en la medición 1, fue con tendencia a sedimentarse entre las abscisas 15 y 20, y 22 y 28, alcanzando un aumento de 0,14 m en su mayor variación para las dunas formadas. A partir de la abscisa 48, en playa húmeda, tal como nos muestra la Figura 18, el perfil sufrió una acreción de 0,38 m. Con excepción de la medición 1, los perfiles de las demás mediciones muestran mínimos cambios en su longitud indicando la presencia de una barra sumergida en la rompiente. En



la medición 2, se observa que el perfil tiende al equilibrio en toda su extensión. En la medición 3 efectuada el 7 de Mayo, en la abscisa 52, en playa húmeda, el perfil sufre un proceso erosivo, y la barra se traslada a la abscisa 56, donde evidencia la formación de un canal de 0,19 m y la barra. La medición 4 del perfil se comportó de forma similar a lo obtenido en la medición 3, mostrando pocas variaciones. En general, este perfil no mostró variaciones considerables en la playa seca antes del inicio de la línea de costa. Las modificaciones en la barra de rompiente están asociadas con una mayor energía del oleaje por mayor altura en la rompiente.

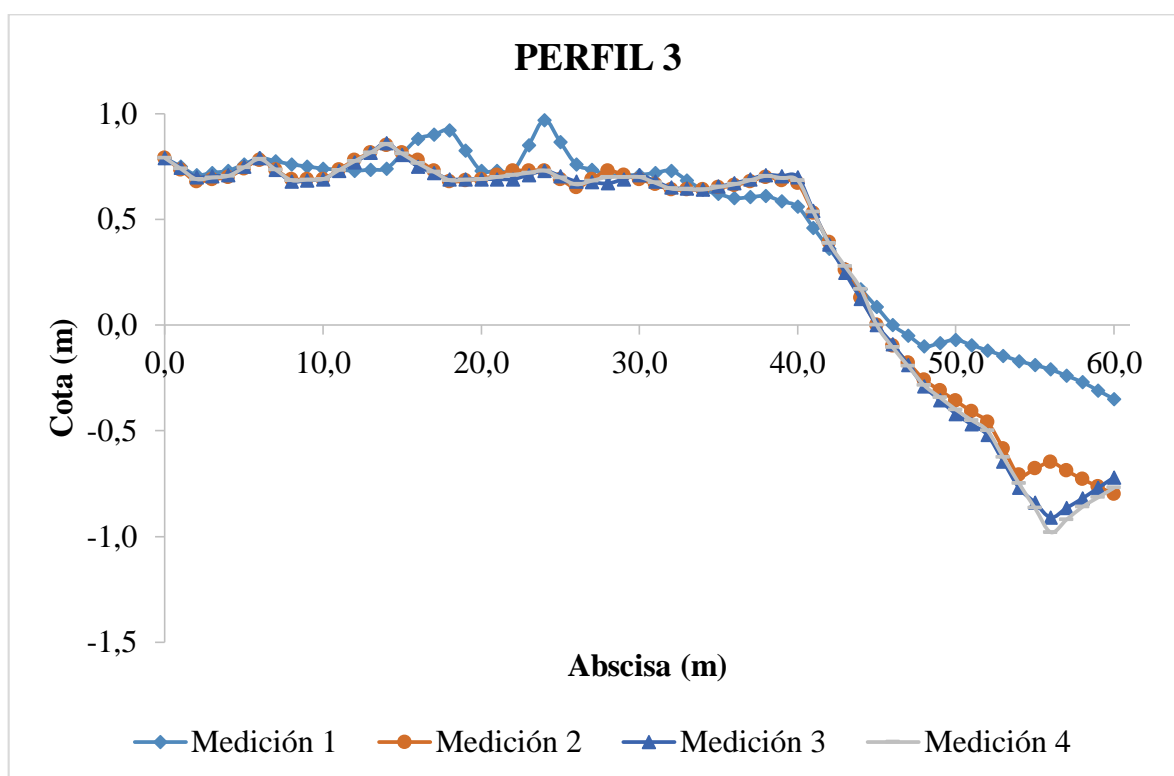


Figura 18. Variación del Perfil 3.

En la Figura 19, se compara el promedio de mediciones del Perfil 3 con el perfil de equilibrio de Dean. Se usó el diámetro de las partículas sumergidas, usando un promedio de las muestras M4 y M5, resultando un tamaño de 0.182 mm, con una velocidad de caída del



grano de 2.1 cm/s, se calculó el coeficiente de la ecuación de Dean usando la ecuación del parámetro A para obtener un valor de 0.08 m^{1/3}.

$$y = 0.08X^{2/3}$$

Al comparar el perfil promedio de las mediciones realizadas, se encuentra por debajo del perfil de equilibrio, se deduce que se ha estado erosionando, con una variación de profundidades de hasta 0,17 m. Este perfil se comporta de manera similar al Perfil 1, indicando una tendencia al equilibrio mediante la sedimentación a largo plazo del perfil.

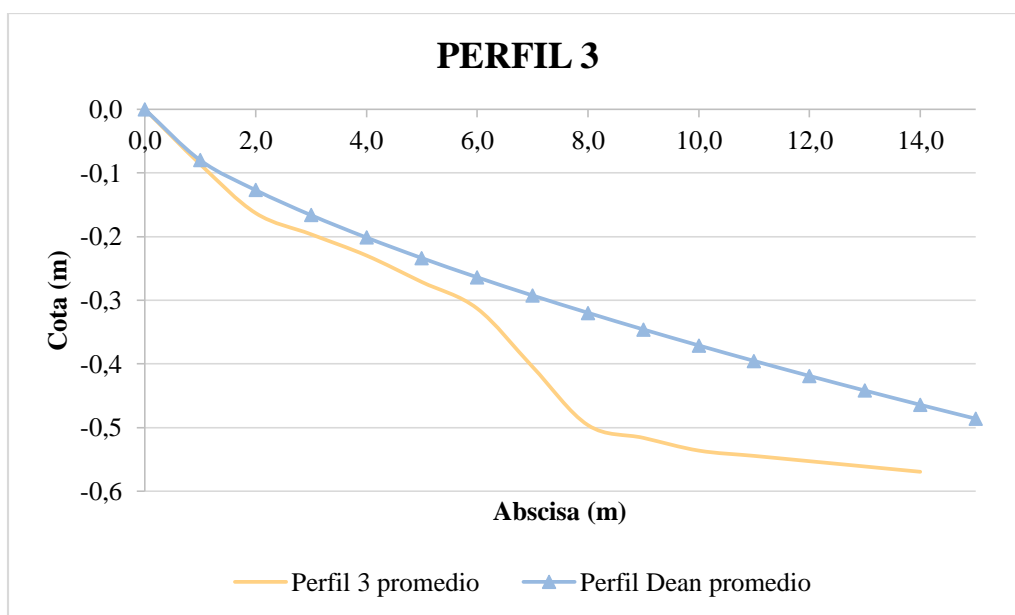


Figura 19. Comparación del perfil promedio del Perfil 3 con el perfil de equilibrio de Dean.



5.5 Comparación de perfiles 1, 2, y 3 desde la línea de costa (LC)

En las tablas 10, 11 y 12 se observan las pendientes promedios en el perfil sumergido para las diferentes mediciones:

Tabla 10. Pendientes promedios del perfil promedio 1.

PERFIL 1		
ABSCISA	COTA	PENDIENTE
0,0	0,000	4%
1,0	-0,038	
2,0	-0,145	11%
3,0	-0,260	
4,0	-0,301	4%
5,0	-0,344	
6,0	-0,389	
7,0	-0,434	
P. promedio:		6,2%

Tabla 11. Pendientes promedios del perfil 2.

PERFIL 2		
ABSCISA	COTA	PENDIENTE
0	0,000	5,1%
1	-0,051	
2	-0,144	10%
3	-0,241	
4	-0,301	5%
5	-0,370	
6	-0,405	
7	-0,440	
8	-0,408	3%
9	-0,376	
10	-0,395	2%
11	-0,413	
P. promedio:		5,6%



Tabla 12. Pendientes promedios del perfil 3.

PERFIL 3		
ABSCISA	COTA	PENDIENTE
0	0,000	8%
1	-0,086	
2	-0,163	
3	-0,196	4%
4	-0,230	
5	-0,271	
6	-0,313	
7	-0,405	9%
8	-0,496	
9	-0,516	1%
10	-0,536	
11	-0,545	
12	-0,553	
13	-0,561	
14	-0,570	
P. promedio:		4,1%

La Figura 20, muestra el comportamiento de los perfiles 1, 2 y 3 en la playa sumergida. En general, todos los perfiles de playas estudiados tuvieron forma cóncava invertida a lineal en la zona de playa húmeda. En playa sumergida, los perfiles presentaron pendiente diferentes medias de 6,2% para el perfil 1, 5,6% para el perfil 2 y 4,1% para el perfil 3. El Perfil 2 presenta una barra sumergida en el período de las mediciones. El perfil 3, desde la abscisa 3m a 7m tiene un pendiente ligeramente más suave que los otros dos, (4%) con una leve sedimentación con respecto a los otros dos, pero en el tramo final presenta la misma tendencia a partir de la abscisa 8m. Existe una variación de hasta 0,14 m entre el perfil 3 y el perfil 2 en la abscisa 9. Esta variación se debe a la formación de la barra en el perfil 2. En el perfil 1 se encuentra con 3 segmentos de pendientes que varían hasta en 7%, el perfil 2 cuenta con 5 segmentos que varían hasta en 9% en la barra encontrada. El Perfil 3, por su parte, se observan 4 segmentos, en este perfil se halla la pendiente más baja encontrada, de 1% en la abscisa 8m. La formación de barras en los perfiles 2 y 3, nos permite inferir que estos depósitos de sedimento contribuyen a que ciertos estados modales se presenten; por lo



general, cuando hay una barra o la pendiente es suave, es decir, poco pronunciada, las olas rompen mucho antes de llegar a la playa y la energía del oleaje que alcanza la orilla es muy inferior a la que este traía cuando se encontraba originalmente mar adentro, es decir, se disipa.

En la Figura 20, se compara el promedio de mediciones de los Perfiles, con el perfil de equilibrio de Dean. Se usó el promedio del diámetro de las partículas sumergidas, usando un promedio de las muestras M4 y M5, resultando un tamaño de 0.182 mm, con una velocidad de caída del grano de 2.1 cm/s, se calculó el coeficiente de la ecuación de Dean usando la ecuación del parámetro A para obtener un valor de $0.08 \text{ m}^{1/3}$.

$$y = 0.08X^{2/3}$$

Al comparar los perfiles promedio de las mediciones realizadas, se encuentran por debajo del perfil de equilibrio promedio, la tendencia de los perfiles actualmente fue a la erosión, pero a largo plazo deben sedimentarse para ajustarse al perfil de equilibrio de Dean. Esto evidencia un movimiento y una distribución de sedimentos abundante en todo el sector de playa en estudio.

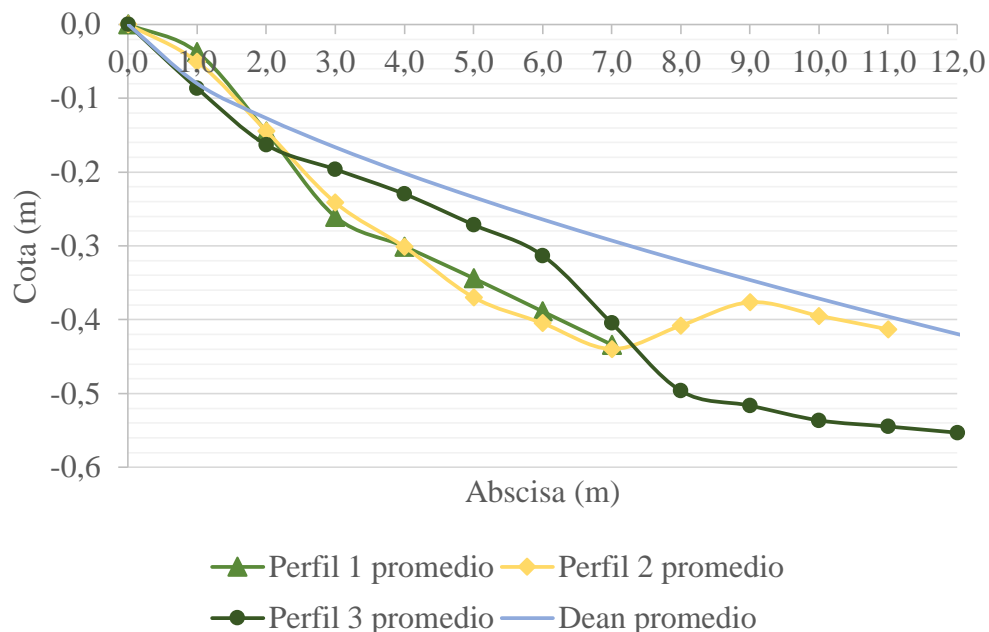


Figura 20. Características de los Perfiles promedio 1, 2 y 3 en la zona sumergida, medidos desde la Línea de costa y el perfil promedio de Dean.



5.6 Comparación del perfil 1 con un perfil medido en 2002.

La Figura 21 muestra una comparación entre el perfil 1 promedio medido en 2017 y un perfil cercano ubicado al sur medido en 2002 por la Universidad de Cartagena en el estudio “Evaluación de los procesos costeros en Cartagena, desde el Laguito hasta la Boquilla“(Moreno, 2002). Se observa que el perfil 1 medido en 2017, se ha sedimentado alrededor de 59 m con respecto al perfil medido en 2002, valor similar a los obtenidos en el análisis de la línea de costa a través del tiempo. El perfil medido en 2002 posee una pendiente de 4,9% en la zona de rotura de la ola, este valor es similar al obtenido para el perfil 1 (6,2%), entonces, la pendiente es levemente más inclinada en la zona donde se midió el perfil 1, ubicada más al norte. Se puede decir que según el perfil de equilibrio, el perfil 1 de equilibrio será con tendencia a la sedimentación.

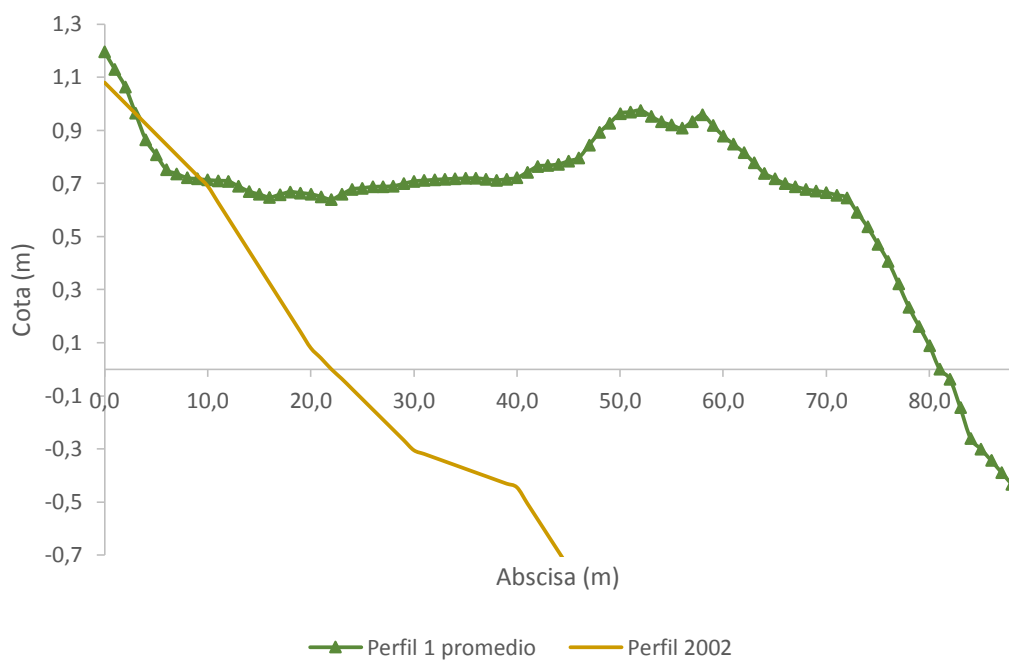


Figura 21. Comparación Perfil 1 del 2017 con el Perfil medido en 2002 en época de lluvias.



5.7 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LAS MUESTRAS

Las muestras que se obtuvieron en cada uno de los perfiles M1, M2 que corresponden a las muestras obtenidas en playa seca, la LC que corresponde a la línea de costa y las M4 y M5 que son muestras obtenidas en la zona húmeda de la playa. Fueron analizadas granulométricamente siguiendo el procedimiento descrito en la norma NTC 77 y NTC 32. A partir del estudio granulométrico se determinaron los parámetros sedimentológicos tales como D_{16} , D_{50} , D_{84} , ϕ_{16} , ϕ_{50} , ϕ_{84} , diámetro medio y diámetro promedio para cada muestra. Estos resultados tomados como base para la determinación de estos parámetros se encuentran referenciados en el ANEXO 1.

5.7.1 PERFIL 1

En la tabla 13 y tabla 14, se muestran los parámetros sedimentológicos en milímetros y unidades Phi correspondiente al perfil 1 obtenidos en las diferentes mediciones.

Tabla 13. Parámetros D_{16} , D_{50} y D_{84} en mm para las diferentes muestras en cada medición del perfil 1.

Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
05/03/2017	M1	M2	LC	M4	M5	01/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (mm)	0,119	0,142	0,172	0,159	0,184	D16 (mm)	0,143	0,126	0,134	0,141	0,153
D50 (mm)	0,185	0,207	0,269	0,209	0,216	D50 (mm)	0,198	0,186	0,178	0,202	0,206
D84 (mm)	0,238	0,240	0,292	0,243	0,248	D84 (mm)	0,273	0,233	0,231	0,240	0,248
Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
23/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5	07/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (mm)	0,150	0,126	0,128	0,128	0,110	D16 (mm)	0,132	0,136	0,145	0,119	0,112
D50 (mm)	0,246	0,214	0,198	0,201	0,141	D50 (mm)	0,227	0,185	0,195	0,165	0,158
D84 (mm)	0,828	0,280	0,255	0,239	0,226	D84 (mm)	0,232	0,235	0,240	0,239	0,218
Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
21/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5	Promedio	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (mm)	0,134	0,127	0,144	0,130	0,126	D16 (mm)	0,136	0,131	0,144	0,135	0,137
D50 (mm)	0,178	0,184	0,190	0,187	0,179	D50 (mm)	0,207	0,195	0,206	0,193	0,180
D84 (mm)	0,253	0,235	0,240	0,240	0,240	D84 (mm)	0,365	0,245	0,252	0,240	0,236



Tabla 14. Diámetros en unidades ϕ y distribución de frecuencia de tamaño de sedimentos en unidades Phi del Perfil 1.

Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
05/03/2017	M1	M2	LC	M4	M5	01/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (ϕ)	3,067	2,816	2,539	2,654	2,441	D16 (ϕ)	2,802	2,994	2,905	2,829	2,713
D50 (ϕ)	2,438	2,272	1,896	2,258	2,211	D50 (ϕ)	2,335	2,426	2,491	2,309	2,282
D84 (ϕ)	2,069	2,056	1,775	2,038	2,013	D84 (ϕ)	1,875	2,102	2,116	2,058	2,011
Mdϕ	2,568	2,436	2,157	2,346	2,227	Mdϕ	2,339	2,548	2,510	2,443	2,362
$\sigma\phi$	-0,499	-0,380	-0,382	-0,308	-0,214	$\Sigma\phi$	-0,464	-0,446	-0,395	-0,386	-0,351
$\alpha\phi$	-0,260	-0,433	-0,685	-0,287	-0,074	Aϕ	-0,009	-0,274	-0,049	-0,348	-0,227
Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
23/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5	07/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (ϕ)	2,737	2,986	2,966	2,966	3,190	D16 (ϕ)	2,922	2,877	2,785	3,075	3,155
D50 (ϕ)	2,026	2,222	2,334	2,313	2,824	D50 (ϕ)	2,141	2,437	2,361	2,604	2,664
D84 (ϕ)	0,273	1,839	1,970	2,066	2,148	D84 (ϕ)	2,110	2,089	2,060	2,065	2,198
Mdϕ	1,505	2,412	2,468	2,516	2,669	Mdϕ	2,516	2,483	2,422	2,570	2,676
$\sigma\phi$	-1,232	-0,574	-0,498	-0,450	-0,521	$\Sigma\phi$	-0,406	-0,394	-0,362	-0,505	-0,479
$\alpha\phi$	0,423	-0,331	-0,270	-0,451	0,298	Aϕ	-0,925	-0,117	-0,169	0,066	-0,025
Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
21/05/2017	M1	5	LC	M4	M5	Promedio	M1	5	LC	M4	M5
D16 (ϕ)	2,899	2,982	2,801	2,942	2,984	D16 (ϕ)	2,885	2,931	2,799	2,893	2,897
D50 (ϕ)	2,486	2,444	2,393	2,422	2,483	D50 (ϕ)	2,285	2,360	2,295	2,381	2,493
D84 (ϕ)	1,982	2,089	2,058	2,057	2,057	D84 (ϕ)	1,662	2,035	1,996	2,057	2,085
Mdϕ	2,440	2,535	2,430	2,499	2,521	Mdϕ	2,274	2,483	2,398	2,475	2,491
$\sigma\phi$	-0,459	-0,446	-0,371	-0,442	-0,463	$\Sigma\phi$	-0,612	-0,448	-0,402	-0,418	-0,406
$\alpha\phi$	0,100	-0,204	-0,099	-0,174	-0,083	Aϕ	-0,134	-0,272	-0,254	-0,239	-0,022

De acuerdo, a los datos obtenidos en el perfil 1, se observa que el tamaño del sedimento presente en las diferentes zonas de este (seca, línea de costa, sumergida), varía entre 0,11 mm y 0,292 mm que en equivalencia con el parámetros Phi sería 3,067 y 1,775.

La muestra M1 presentó un valor mínimo de D₅₀ de 0,178 mm y máximo de 0,246 mm, mientras que, M2 en 0,184 y 0,214 mm. Por otro lado, la muestra LC presento valores mínimo de 0,178 y un máximo de 0,269 mm. Mientras que, M4 estuvo en 0,165 y 0,209 mm y M5 se presentaron valores entre 0,141 y 0,216 mm. Se observa que el D₅₀ de los sedimentos fue disminuyendo en tamaño desde la primera medición hasta la última.

En promedio, el D₅₀ para las muestras de playa seca del Perfil 1 se encuentra en 0,202 mm. Mientras que para los sedimentos de la línea de costa es de 0,20 mm. Y en la zona



sumergida tenemos valores de D_{50} promedio de 0,1865 mm., encontrándose partículas más finas en la zona sumergida que en el resto del perfil. Esto se debe a que, la zona intermareal es la más dinámica del perfil, y el oleaje después de romper ejerce menos energía en esta parte del perfil, permitiendo un menor tamaño del sedimento, para la época de las mediciones. En la línea de costa y al final de la playa seca, la energía de los oleajes de tormenta depositan sedimentos de un mayor tamaño que luego las olas de menor tamaño no pueden alcanzar.

5.7.2 PERFIL 2

A continuación se muestran la tabla 15 y 16, donde están los parámetros sedimentológicos en milímetros y unidades Phi correspondientes al perfil 2.

Tabla 15. Parámetros D16, D50 y D84 en mm para las diferentes muestras en cada medición del perfil 2.

Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
01/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5	23/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (mm)	0,135	0,127	0,184	0,132	0,153	D16 (mm)	0,126	0,148	0,176	0,129	0,107
D50 (mm)	0,201	0,191	0,213	0,192	0,194	D50 (mm)	0,197	0,191	0,218	0,200	0,143
D84 (mm)	0,244	0,232	0,243	0,241	0,238	D84 (mm)	0,245	0,234	0,284	0,261	0,226
Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
07/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5	21/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (mm)	0,132	0,136	0,143	0,117	0,094	D16 (mm)	0,134	0,126	0,155	0,134	0,141
D50 (mm)	0,227	0,185	0,191	0,169	0,137	D50 (mm)	0,211	0,182	0,203	0,190	0,197
D84 (mm)	0,232	0,235	0,238	0,242	0,194	D84 (mm)	0,248	0,232	0,239	0,243	0,243
# Medición	MUESTRA										
Promedio	M1	M2	LC	M4	M5						
D16 (mm)	0,132	0,134	0,165	0,128	0,124						
D50 (mm)	0,209	0,187	0,207	0,188	0,168						
D84 (mm)	0,242	0,233	0,251	0,247	0,225						



Tabla 16. Diámetros en unidades ϕ y distribución de frecuencia de tamaño de sedimentos en unidades Phi del Perfil 2.

Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
01/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5	23/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (ϕ)	2,889	2,980	2,440	2,924	2,704	D16 (ϕ)	2,987	2,757	2,504	2,953	3,223
D50 (ϕ)	2,312	2,388	2,228	2,381	2,363	D50 (ϕ)	2,343	2,388	2,196	2,321	2,807
D84 (ϕ)	2,036	2,105	2,043	2,052	2,071	D84 (ϕ)	2,032	2,095	1,816	1,937	2,148
Mdϕ	2,462	2,543	2,242	2,488	2,388	Mdϕ	2,510	2,426	2,160	2,445	2,686
$\Sigma\phi$	-0,427	-0,437	-0,199	-0,436	-0,317	$\sigma\phi$	-0,478	-0,331	-0,344	-0,508	-0,537
Aϕ	-0,351	-0,353	-0,069	-0,245	-0,079	$\alpha\phi$	-0,349	-0,114	0,106	-0,244	0,226
Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
07/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5	21/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (ϕ)	2,922	2,877	2,808	3,096	3,406	D16 (ϕ)	2,895	2,990	2,691	2,902	2,829
D50 (ϕ)	2,141	2,437	2,389	2,563	2,867	D50 (ϕ)	2,246	2,456	2,298	2,395	2,342
D84 (ϕ)	2,110	2,089	2,071	2,047	2,366	D84 (ϕ)	2,013	2,105	2,063	2,040	2,039
Mdϕ	2,516	2,483	2,439	2,571	2,886	Mdϕ	2,454	2,548	2,377	2,471	2,434
$\Sigma\phi$	-0,406	-0,394	-0,369	-0,525	-0,520	$\sigma\phi$	-0,441	-0,442	-0,314	-0,431	-0,395
Aϕ	-0,925	-0,117	-0,138	-0,016	-0,037	$\alpha\phi$	-0,472	-0,208	-0,253	-0,176	-0,233
# Medición	MUESTRA										
Promedio	M1	M2	LC	M4	M5						
D16 (ϕ)	2,923	2,901	2,611	2,969	3,041						
D50 (ϕ)	2,261	2,417	2,278	2,415	2,595						
D84 (ϕ)	2,048	2,099	1,998	2,019	2,156						
Mdϕ	2,486	2,500	2,305	2,494	2,598						
$\Sigma\phi$	-0,438	-0,401	-0,306	-0,475	-0,442						
Aϕ	-0,524	-0,198	-0,088	-0,170	-0,031						

De acuerdo, a los datos obtenidos en el perfil 2, se observa que el tamaño del sedimento presente en las diferentes zonas de este (seca, línea de costa, sumergida), varía entre 0,094 mm y 0,284 mm lo que expresado en el parámetro Phi sería de 3,406 a 1,816.

Para la muestra M1 se tiene que el tamaño medio del grano disminuyo en la medición dos y luego, en la 3 y 4 incrementa su tamaño en las demás mediciones, tomando valores de 0,197 mm a 0,227 mm. En la muestra M2 se presentaron valores mínimos de 0,182 y máximos de 0,191 mm. La muestra LC presentó tamaños de grano mínimos de 0,191 y máximos de 0,218 mm con valores muy cercanos entre sí. Por otro lado, La muestra M4 que corresponde a muestras sumergidas tomó valores del D50 entre 0.169 y 0.200 mm,



D50 promedio de 0.188 mm. Para la muestra M5 se notó que el tamaño medio alcanzó un valor mínimo de 0.137 mm, y un valor máximo de 0,197.

En promedio, el D₅₀ para las muestras de playa seca del Perfil 2 se encuentra en 0,198 mm. Mientras que para los sedimentos de la línea de costa es de 0,207 mm. Y en la zona sumergida tenemos valores de D₅₀ promedio de 0,178 mm. En este perfil, se puede observar que hay una acumulación de sedimentos gruesos en la línea de costa, esto puede ser provocado por la presencia de vientos fuertes o una alta energía de arrastre en la fecha de estudio.

5.7.3 PERFIL 3

A continuación, se muestran la tabla 17 y tabla 18, donde están los parámetros sedimentológicos en milímetros y unidades Phi correspondiente al perfil 3.

Tabla 17. Parámetros D₁₆, D₅₀ y D₈₄ en mm para las diferentes muestras en cada medición del perfil 3.

Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
01/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5	23/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (mm)	0,148	0,157	0,148	0,151	0,152	D16 (mm)	0,134	0,120	0,155	0,138	0,113
D50 (mm)	0,200	0,208	0,202	0,203	0,200	D50 (mm)	0,201	0,180	0,222	0,207	0,144
D84 (mm)	0,248	0,240	0,238	0,238	0,242	D84 (mm)	0,239	0,233	0,371	0,344	0,216
Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
07/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5	21/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (mm)	0,133	0,119	0,154	0,117	0,097	D16 (mm)	0,139	0,130	0,151	0,142	0,121
D50 (mm)	0,201	0,179	0,222	0,162	0,142	D50 (mm)	0,201	0,197	0,211	0,226	0,172
D84 (mm)	0,240	0,233	0,370	0,229	0,216	D84 (mm)	0,243	0,238	0,275	0,249	0,235
Medición	MUESTRA										
Promedio	M1	M2	LC	M4	M5						
D16 (mm)	0,139	0,132	0,152	0,137	0,121						
D50 (mm)	0,201	0,191	0,214	0,199	0,164						
D84 (mm)	0,242	0,236	0,314	0,265	0,227						



Tabla 18. Diámetros en unidades ϕ y distribución de frecuencia de tamaño de sedimentos en unidades Phi del Perfil 3.

Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
01/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5	23/04/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (ϕ)	2,758	2,669	2,755	2,724	2,713	D16 (ϕ)	2,903	3,063	2,691	2,861	3,146
D50 (ϕ)	2,323	2,267	2,308	2,302	2,325	D50 (ϕ)	2,312	2,472	2,169	2,271	2,800
D84 (ϕ)	2,009	2,056	2,070	2,069	2,046	D84 (ϕ)	2,068	2,100	1,430	1,541	2,214
Mdϕ	2,383	2,362	2,412	2,396	2,380	Mdϕ	2,486	2,581	2,061	2,201	2,680
$\Sigma\phi$	-0,375	-0,306	-0,342	-0,327	-0,334	$\sigma\phi$	-0,418	-0,481	-0,630	-0,660	-0,466
Aϕ	-0,161	-0,313	-0,305	-0,288	-0,165	$\alpha\phi$	-0,415	-0,226	0,171	0,107	0,258
Medición	MUESTRA					Medición	MUESTRA				
07/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5	21/05/2017	M1	M2	LC	M4	M5
D16 (ϕ)	2,911	3,071	2,699	3,092	3,368	D16 (ϕ)	2,842	2,946	2,731	2,821	3,048
D50 (ϕ)	2,315	2,482	2,171	2,629	2,820	D50 (ϕ)	2,315	2,341	2,248	2,146	2,540
D84 (ϕ)	2,059	2,102	1,434	2,124	2,208	D84 (ϕ)	2,040	2,073	1,864	2,006	2,087
Mdϕ	2,485	2,586	2,067	2,608	2,788	Mdϕ	2,441	2,509	2,298	2,414	2,568
$\Sigma\phi$	-0,426	-0,485	-0,632	-0,484	-0,580	$\sigma\phi$	-0,401	-0,437	-0,433	-0,407	-0,480
Aϕ	-0,399	-0,215	0,166	0,044	0,054	$\alpha\phi$	-0,314	-0,384	-0,115	-0,658	-0,058
Medición	MUESTRA										
Promedio	M1	M2	LC	M4	M5						
D16 (ϕ)	2,852	2,935	2,717	2,874	3,069						
D50 (ϕ)	2,316	2,388	2,223	2,337	2,621						
D84 (ϕ)	2,046	2,082	1,699	1,935	2,139						
Mdϕ	2,449	2,509	2,208	2,405	2,604						
$\Sigma\phi$	-0,403	-0,427	-0,509	-0,470	-0,465						
Aϕ	-0,326	-0,288	-0,019	-0,199	0,022						

De acuerdo, a los datos obtenidos en el perfil 3, se observa que el tamaño del sedimento presente en las diferentes zonas de este (seca, línea de costa, sumergida), varía entre 0,113 mm y 0,371 mm que en parámetros Phi sería 3,146 y 1,430.

Para la muestra M1 se tiene que el tamaño medio del grano presentó valores máximos y mínimos de 0,200 mm y 0,201 mm respectivamente, presentando valores similares entre sí. En la muestra M2 el tamaño del sedimento oscilaron entre 0,179 y 0,208 mm. La muestra LC presentó tamaños de grano mínimos de 0,202 mm y máximos de 0,222 mm. Por otro lado, La muestra M4 tomó valores del D50 entre 0.162 y 0.226 mm. Para la muestra M5



se notó que el tamaño medio alcanzó un valor mínimo de 0.142mm, y un valor máximo de 0,200.

En general, el diámetro en toda la zona de la playa, oscila entre 0,094 mm (3,406 ϕ) y 0,37 mm (1,434 ϕ), resultado que refleja la presencia de arena fina en toda la playa. Los valores de D_{50} en la zona seca, línea de costa y sumergida del perfil 3 presenta valores de 0.196, 0.214 y 0.182 mm respectivamente, se observa un comportamiento de disminución y aumento del tamaño del grano en la línea de costa y valores mínimos en la zona sumergida. Este fenómeno pudo ser razón como se dijo anteriormente, a una alta energía de arrastre y la presencia de vientos fuertes que azotaron a la ciudad en esta época del año.

Según los datos analizados, se puede decir que el perfil que más presento mayores tamaños en la zona seca y húmeda fue el perfil 1 con un tamaño promedio de 0,201 mm y 0,1865 mm respectivamente. Mientras que, el perfil 3 presento mayor tamaño de grano en la línea de costa con valor promedio de 0,214. Esto es debido a que, el perfil 1 presento la mayor pendiente, y esta relación es directamente proporcional al tamaño del grano.

Se observa que el tamaño medio del grano es 0,178 comparando con un análisis sedimentológico en el año 2002 (Moreno, 2002) en un perfil más cercano dio un valor de D_{50} de 0,15 y una pendiente de 4,9 % que comparados con los datos actuales, se muestra que en los últimos años no se han presentado variaciones significativas en el sedimento de estas playas.

5.8 CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

A partir de la recolección de datos modelados en el estudio “Morfodinámica de una playa, sus relaciones con parámetros físicos y sus variaciones estacionales. Caso de Estudio: Playas de Bocagrande, Marbella y La Boquilla, en Cartagena de Indias, Colombia” (Pinto, 2014) se tomaron los datos de interés para este trabajo y se procesaron determinando el parámetro Omega Ω de Dean en cada perfil de playa, usando la altura de la ola a la rotura (H_b), el promedio de los diámetros medios (D_{50}) de las muestras M4 y M5, en el perfil sumergido y los



periodos del oleaje en la zona de rompiente, para establecer el estado modal en que se encuentra el sector analizado.

Para determinar los estados morfológicos se utilizaron los datos de oleaje de las modelaciones realizadas en el año 2014, mostradas a continuación como indica la tabla 19.

Tabla 19. Datos de oleaje obtenidos en 2014.

Dirección	Altura Hs (m)	PERIODOS (T) en (S)				
		6	6,7	7	7,5	12,4
		ALTURA DE OLEAJE EN ZONA DE ROTURA (Hb) EN (m)				
N	0,8			0,8-0,9		
NW	0,7	0,9-1,0	0,9-1,0			
NNE	1		0,5-1,0	0,5-1,0	0,6-0,85	
NE	1		0,4-0,55	0,6-0,9	0,65-1,0	
NNW	0,7		0,9-1,0	0,9-1,0	0,9-1	
NW	8,7					2,0-2,8

5.8.1 Estado morfológico del Perfil 1

Teniendo en cuenta los valores del parámetro omega (Ω) de Dean obtenidos en la tabla 20, se puede deducir que el Perfil 1 presenta un comportamiento morfodinámico intermedio cuando se aproximan oleajes con direcciones Norte (N), Nornordeste (NNE), Nordeste (NE), Nornordeste (NNW) para alturas significativas de ola entre 0,7 y 1 m (con periodos de 6.7s, 7s y 7.5s) y alturas de ola en la zona de rotura (Hb) entre 0.4 m y 0,8 m. Además, el perfil es disipativo para olas con dirección NW (Noroeste), NNE (Nornordeste), NE (Nordeste) y NNW (Nornoroeste), cuyas alturas significativas En aguas profundas se encuentren en el rango de 0.8 m a 8.7 m (con periodos de 6s a 12.4s) y cuyas alturas en la zona de rompientes estén entre 1 m a 2.8 m. Estos dos comportamientos morfodinámicos (intermedio y disipativo) son los estados modales o de más ocurrencia para el sector Sur de la playa estudiada, pues los oleajes evaluados corresponden al clima marino típico del Caribe Colombiano (rangos de alturas de ola entre 1 y 7 metros, con períodos promedios entre 4 y 14 segundos, siendo las direcciones predominantes



del oleaje las del Este y Nordeste), es decir, éstas son las condiciones meteomarinas más repetidas cada año (INVEMAR, 2003).

Por otra parte, al observar la tabla 21 se deduce que la probabilidad de que se presenten estados modales intermedios *Barra longitudinal* y *seno*,(LTB) en el sector de Manzanillo es del 50%, debido a que para este régimen (medio) de oleaje el parámetro omega (Ω) de Dean presenta valores de 4.6 y 5.8, para alturas de ola en zona de rotura de 0.63 y 1 m, respectivamente, con periodos de 6,35s y 8 s, únicamente cuando se aproximan olas en la dirección Noroeste (NW), Oeste (W) Norte (N) y Noreste (NE).

Tabla 20. Evaluación del parámetro de Dean (Ω), en el Perfil 1 para oleaje en Manzanillo del Mar.

PERFIL 1		D50 (mm)	0,186	W (m/s)	0,022
Dirección	Altura Hs (m)	Parámetro Omega (Ω) según el T(s)			
N	0,8			5,3-6,0	
NW	0,7	7-7,7	6,2-6,9		
NNE	1		3,5-6,9	3,3-6,6	3,7-5,3
NE	1		2,8-3,8	4,0-6,0	4,0-6,2
NNW	0,7		6,2-6,9	6,0-6,6	5,6-6,2
NW	8,7				7,5-10,5

5.8.2 Estado morfológico del Perfil 2

De forma similar, la tabla 22 permiten inferir que el Perfil 2 presenta un comportamiento morfodinámico intermedio para el oleaje que se aproxima a la costa en dirección Norte (N), Nornordeste (NNE), Nordeste (NE) y Nornoroeste (NNW) con altura significativa entre 0,7 y 1 m (para periodos de 6.7s, 7s y 7.5s) y con altura a la rotura (H_b) entre 0.4m y 0,85 m. Así mismo, el perfil es disipativo para olas con dirección Norte (N), NW (Noroeste), NNE (Nornordeste), NE (Nordeste) y NNW (Nornoroeste), cuyas alturas significativas se encuentren en el rango de 0.7 m a 8.7 m (con periodos de 6s a 12.4s) y cuyas alturas en la zona de rompientes estén entre 0.9 m a 2.8 m.



Tabla 21. Evaluación del parámetro de Dean (Ω) en el Perfil 1 para casos de oleaje propagado a partir del H50% (Régimen medio), Hs y Tp

PERFIL 1						
D50 (mm)			0,186	W (m/s)		0,022
Dirección	Caso	Hs (m)	Tpico (s)	Ω	Estado	
N, NE, NW, W	Extremal	7	14	23,2	Disipativa	
N	H50%	0,82	6,85	5,6	Intermedia	LTB
	Hs	1	8	5,8	Intermedia	LTB
	Hs	2	10	9,3	Disipativa	
	Hs	3	10	13,9	Disipativa	
NE	H50%	1	7,2	6,4	Disipativa	
	Hs	1	8	5,8	Intermedia	LTB
	Hs	2	10	9,3	Disipativa	
	Hs	3	10	13,9	Disipativa	
NW	H50%	0,72	6,6	5,1	Intermedia	LTB
	Hs	1	8	5,8	Intermedia	LTB
	Hs	2	10	9,3	Disipativa	
	Hs	3	10	13,9	Disipativa	
W	H50%	0,63	6,35	4,6	Intermedia	LTB
	Hs	1	8	5,8	Intermedia	LTB
	Hs	2	10	9,3	Disipativa	
	Hs	3	10	13,9	Disipativa	

LTB: Barra longitudinal y seno

Por todo esto, los estados modales para el sector de Manzanillo del Mar durante el período de las mediciones son el intermedio *Barra longitudinal y seno*, (LTB) y el disipativo, la probabilidad de que se presente el primero de estos estados mencionados, es decir, el intermedio, es del 50%, sólo para alturas de ola entre 0.63 y 0,82 m y periodo entre 6.35s y 6,85 s, únicamente cuando se aproximan olas en la dirección Noroeste (NW), Oeste (W) y Norte (N).



Tabla 22. Evaluación del parámetro de Dean (Ω) en el Perfil 2 para oleaje en Manzanillo del Mar.

PERFIL 2		D50 (mm)	0,178	W (m/s)	0,020
Dirección	Altura Hs (m)	Parámetro Omega (Ω) según el T(s)			
N	0,8			5,6-6,3	
NW	0,7	7,3-8,1	6,6-7,3		
NNE	1		3,6-7,3	3,5-7,0	3,9-5,5
NE	1		2,9-4,0	4,2-6,3	4,2-6,5
NNW	0,7		6,6-7,3	6,3-7,0	5,9-6,5
NW	8,7				7,9-11,0

Tabla 23. Evaluación del parámetro de Dean (Ω) en el Perfil 2 para casos de oleaje propagado a partir del H50% (Régimen medio), Hs y Tp

PERFIL 2						
D50 (mm)		0,178	W (m/s)		0,020	
Dirección	Caso	Hs (m)	Tpico (s)	Ω	Estado	
N, NE, NW, W	Extremal	7	14	24,4	Disipativa	
N	H50%	0,82	6,85	5,8	Intermedia	LTB
	Hs	1	8	6,1	Disipativa	
	Hs	2	10	9,8	Disipativa	
	Hs	3	10	14,6	Disipativa	
NE	H50%	1	7,2	6,8	Disipativa	
	Hs	1	8	6,1	Disipativa	
	Hs	2	10	9,8	Disipativa	
	Hs	3	10	14,6	Disipativa	
NW	H50%	0,72	6,6	5,3	Intermedia	LTB
	Hs	1	8	6,1	Disipativa	
	Hs	2	10	9,8	Disipativa	
	Hs	3	10	14,6	Disipativa	
W	H50%	0,63	6,35	4,8	Intermedia	LTB
	Hs	1	8	6,1	Disipativa	
	Hs	2	10	9,8	Disipativa	
	Hs	3	10	14,6	Disipativa	

LTB: Barra longitudinal y seno



5.8.3 Estado morfológico del Perfil 3

La tabla 24 permiten inferir que el Perfil 3 presenta un comportamiento morfodinámico intermedio para el oleaje que se aproxima a la costa en dirección Norte (N), Nornordeste (NNE), Nordeste (NE) y Nornoroeste (NNW) con altura significativa entre 0,7 y 1 m (para periodos de 6.7s, 7s y 7.5s) y con altura a la rotura (H_b) entre 0.4m y 0,85 m. Así mismo, el perfil es disipativo para olas con dirección Norte (N), NW (Noroeste), NNE (Nornordeste), NE (Nordeste) y NNW (Nornoroeste), cuyas alturas significativas se encuentren en el rango de 0.7 m a 8.7 m (con periodos de 6s a 12.4s) y cuyas alturas en la zona de rompientes estén entre 0.9 m a 2.8 m. Además, al observar la tabla 25 se deduce que la probabilidad de que se presenten estados modales intermedios en el sector de Manzanillo es del 50%, debido a que para este régimen (medio) de oleaje el parámetro omega de Dean presenta valores de 4.6 y 6, para alturas de ola de 0.63 y 1 m, respectivamente, con periodos de 6,35s y 8, únicamente cuando se aproximan olas en la dirección Noroeste (NW), Oeste (W), Norte (N) y Noreste (NE).

Tabla 24. Evaluación del parámetro de Dean (Ω) en el Perfil 3 para oleaje en Manzanillo del Mar

.PERFIL 3		D50 (mm)	0,182	W (m/s)	0,021
Dirección	Altura Hs (m)	Parámetro Omega (Ω) según el T(s)			
N	0,8			5,4-6,3	
NW	0,7	7,2-8,1	6,4-7,1		
NNE	1		3,6-7,1	3,4-6,8	3,8-5,4
NE	1		2,8-3,9	4,1-6,3	4,1-6,4
NNW	0,7		6,4-7,1	6,3-6,8	5,9-6,4
NW	8,7				7,7-11,0



Tabla 25. Evaluación del parámetro de Dean (Ω) en el Perfil 3 para casos de oleaje propagado a partir del H50% (Régimen medio), Hs y Tp

PERFIL 3						
D50 (mm)			0,182	W (m/s)		0,021
Dirección	Caso	Hs (m)	Tpico (s)	Ω	Estado	
N, NE, NW, W	Extremal	7	14	23,8	Disipativa	
N	H50%	0,82	6,85	5,7	Intermedia	LTB
	Hs	1	8	6,0	Intermedia	LTB
	Hs	2	10	9,5	Disipativa	
	Hs	3	10	14,3	Disipativa	
NE	H50%	1	7,2	6,6	Disipativa	
	Hs	1	8	6,0	Intermedia	LTB
	Hs	2	10	9,5	Disipativa	
	Hs	3	10	14,3	Disipativa	
NW	H50%	0,72	6,6	5,2	Intermedia	LTB
	Hs	1	8	6,0	Intermedia	LTB
	Hs	2	10	9,5	Disipativa	
	Hs	3	10	14,3	Disipativa	
W	H50%	0,63	6,35	4,7	Intermedia	LTB
	Hs	1	8	6,0	Intermedia	LTB
	Hs	2	10	9,5	Disipativa	
	Hs	3	10	14,3	Disipativa	

LTB: Barra longitudinal y seno

En general, se concluye que el litoral presenta un comportamiento morfodinámico entre intermedio y disipativo en el tramo de playa estudiado. En este sector nunca se registra un estado modal reflejante. Se puede concluir que para el sector de playas estudiado para alturas de olas mar afuera, Hs, entre 2 y 3 m, los perfiles se clasifican como disipativos, con rangos de valores de (Ω) entre 6.1 y 24.4, mientras que para valores de oleajes entre 0.7 y 1 m, los perfiles se comportan como intermedios, en estado *Barra longitudinal y seno*,(LTB), con rangos de valores de (Ω) entre 3,5 y 6.



5.9 Tipo de rotura en la zona de estudio

A partir de los datos de oleaje se determinó el número de Iribarren para cada altura de ola y así predecir el tipo de rotura en la zona de rompientes del sector de playas estudiado, de acuerdo con la teoría. Para ello, se usaron las pendientes de la playa sumergida determinadas para el Perfil 1. Este es el que tiene mayor pendiente (6,2%), además, los valores obtenidos son similares al perfil 2 y 3, obteniéndose rangos de número de Iribarren entre 0.5 y 0.8 en los tres perfiles.

Los estados modales de playa están ligados a ciertos comportamientos dinámicos que los hacen característicos; una de estas cualidades es el tipo de rotura de la ola (voluta, descrestamiento, derramamiento, colapso, oscilación), calculada mediante el número de Iribarren (*Ecuación 2*) y relacionado directamente con la pendiente de la playa, la cual ayuda a definir el grado de disipación de la energía del oleaje y, por tanto, el riesgo para los bañistas.

La tabla 26 permite inferir que para todas las olas que se aproximen a la zona, con direcciones N, NW, NNE, NE, NNW y NW, cuyas alturas significativas (H_s), mar afuera estén en el rango de 0.7 m a 8.7 m, el número de Iribarren será menor a 0.8, por tanto, el tipo de rotura será en descrestamiento, un comportamiento dinámico típico del estado modal disipativo. Los rangos de número de Iribarren a la rotura (Ir_b) calculados para una pendiente media del 6,2% para el perfil 1, en la zona de rompientes, se encuentran en un orden entre 0,5 y 0,8 en los tres perfiles, representativos de las olas que se descrestan al romper.



Tabla 26. Número de Iribarren, altura Hs y Tp del oleaje y clasificación del tipo de rotura para los datos de oleaje obtenidos.

PERFIL 1				
D50 (mm)	0,186	W (m/s)	0,022	tan β: 0,062
Dirección	Hs (m)	T pico (s)	Ir	Tipo de Rotura
N	0,8	7	0,6	Descrestamiento
	0,9	7	0,6	Descrestamiento
NW	0,9	6	0,5	Descrestamiento
	1	6	0,5	Descrestamiento
	0,9	6,7	0,5	Descrestamiento
	1	6,7	0,5	Descrestamiento
	2	12,4	0,7	Descrestamiento
	2,8	12,4	0,6	Descrestamiento
NNE	0,5	6,7	0,7	Descrestamiento
	1	6,7	0,5	Descrestamiento
	0,5	7	0,8	Descrestamiento
	1	7	0,5	Descrestamiento
	0,6	7,5	0,7	Descrestamiento
	0,85	7,5	0,6	Descrestamiento
NE	0,4	6,7	0,8	Descrestamiento
	0,55	6,7	0,7	Descrestamiento
	0,6	7	0,7	Descrestamiento
	0,9	7	0,6	Descrestamiento
	0,65	7,5	0,7	Descrestamiento
	1	7,5	0,6	Descrestamiento
NNW	0,9	6,7	0,5	Descrestamiento
	1	6,7	0,5	Descrestamiento
	0,9	7	0,6	Descrestamiento
	1	7	0,5	Descrestamiento
	0,9	7,5	0,6	Descrestamiento
	1	7,5	0,6	Descrestamiento

La Figura 22, tomada el día 23 de abril (segunda medición) muestra las olas típicas avistadas durante las mediciones. Se puede apreciar cómo las olas tienden a formar espuma en su cresta y el resto de ella permanece prácticamente inalterada, igual a como se describe la rotura de tipo descostamiento (Coastal Engineering Manual, 2002).



Figura 22. Fotografías del comportamiento del oleaje el día 23 de abril en la zona de estudio.

5.10 ANÁLISIS DEL RIESGO PARA LOS BAÑISTAS

Para las playas en estudio se determinó el estado morfodinámico según el factor omega (Ω), esto se hizo con el fin no solo de determinar el estado modal de la playa sino también de saber qué tan seguras pueden llegar a ser estas para los bañistas al relacionarse con la altura de olas presentes en la zona (Universidad de Cantabria, 2000).

A partir de la recolección de datos modelados, se tomaron las alturas de ola y períodos pico obtenidos, se calculó el factor Omega y con esto se determinó qué tan segura es la playa en una escala del 0 al 10, donde 0 es muy segura y 10 muy insegura, como se muestra en la Figura 3, citada en el marco teórico, que muestra el nivel de seguridad en función de la altura de ola y del estado morfodinámico de la playa.

Como se mostró anteriormente, en los apartados “Clasificación geomorfológica”, para el sector de estudio las alturas de ola más pequeñas registradas son de 0,63 m (para régimen medio del oleaje, H50%, en dirección Oeste) y 0,4 m (para oleaje en la zona de rotura en época de lluvias, Hb, en dirección Noreste) correspondiendo a estados modales intermedios Barra longitudinal y seno (LTB) y Barra transversal y rip Playa (TBR) respectivamente, por tanto, esto equivale a un nivel de seguridad entre uno (1) y cuatro (4), o sea, bandera verde. Por otra parte, los oleajes máximos obtenidos son de 2 y 2.8 m (para oleaje en la zona de rotura en época de lluvias, Hb, en dirección Noroeste) correspondiendo a los mismos estado



modales disipativos, y por tanto, el nivel de riesgo es (5) y (9) respectivamente, o sea, bandera roja.

En general, se observó que el índice de seguridad en promedio es de 2, lo cual indica que la playa tendría banderas verdes, indicando una playa en condiciones seguras para los bañistas. Pero este estado de seguridad se mantiene para una playa de estado morfológico de Barra longitudinal y seno (LTB) para alturas de ola de hasta un metro (1m), a partir de esta altura la seguridad disminuye, haciendo necesario banderas color amarillo, limitando la zona de baño para los visitantes, donde se prohibiría el baño en zonas donde el bañista no pueda tocar el fondo de la playa. Cuando la playa esté con estado modal disipativo o de barra longitudinal y seno, que son las predominantes en las zonas de estudio, se deberá prohibir el baño cuando se presenten alturas de olas superiores o iguales a 2,0 m y la bandera deberá ser roja. Operativamente, la capitanía de puerto es la encargada de proporcionar la información del pronóstico del oleaje de la fecha al guardacostas con el fin de ondear la bandera con el color del riesgo respectivo. Si el pronóstico indica que se darán olas con alturas entre 2 y 2,8 m, se ondeará bandera roja hasta que haya presencia de estas.



Tabla 27. Nivel de seguridad del perfil 1, según su estado morfodinámico y altura de olas.

PERFIL 1							
D50 (mm)			0,186	W (m/s)		0,022	
Dirección	Hs (m)	Tpico (s)	Ω	Estado		Seguridad	Bandera
N	0,8	7	5,3	Intermedia	LTB	2	Verde
	0,9	7	6,0	Intermedia	LTB	2	Verde
NW	0,9	6	7,0	Disipativa		1	Verde
	1	6	7,7	Disipativa		1	Verde
	0,9	6,7	6,2	Disipativa		1	Verde
	1	6,7	6,9	Disipativa		1	Verde
	1,5	7,0	9,9	Disipativa		4	Amarilla
	2	12,4	7,5	Disipativa		5	Amarilla
	2,8	12,4	10,5	Disipativa		9	Roja
NNE	0,5	6,7	3,5	Intermedia	RBB	2	Verde
	1	6,7	6,9	Disipativa		1	Verde
	0,5	7	3,3	Intermedia	RBB	2	Verde
	1	7	6,6	Disipativa		1	Verde
	0,6	7,5	3,7	Intermedia	LTB	3	Verde
	0,85	7,5	5,3	Intermedia	LTB	3	Verde
NE	0,4	6,7	2,8	Intermedia	TBR	2	Verde
	0,55	6,7	3,8	Intermedia	LTB	3	Verde
	0,6	7	4,0	Intermedia	LTB	3	Verde
	0,9	7	6,0	Intermedia	LTB	3	Verde
	0,65	7,5	4,0	Intermedia	LTB	3	Verde
	1	7,5	6,2	Disipativa		1	Verde
NNW	0,9	6,7	6,2	Disipativa		1	Verde
	1	6,7	6,9	Disipativa		1	Verde
	0,9	7	6,0	Intermedia	LTB	3	Verde
	1	7	6,6	Disipativa		1	Verde
	0,9	7,5	5,6	Intermedia	LTB	3	Verde
	1	7,5	6,2	Disipativa		1	Verde



Tabla 28. Nivel de seguridad del perfil 2, según su estado morfodinámico y altura de olas.

PERFIL 2							
D50 (mm)			0,178	W (m/s)		0,020	
Dirección	Hs (m)	Tpico (s)	Ω	Estado		Seguridad	Bandera
N	0,8	7	5,6	Intermedia	LTB	2	Verde
	0,9	7	6,3	Disipativa		1	Verde
NW	0,9	6	7,3	Disipativa		1	Verde
	1	6	8,1	Disipativa		1	Verde
	0,9	6,7	6,6	Disipativa		1	Verde
	1	6,7	7,3	Disipativa		1	Verde
	1,5	7	10,5	Disipativa		4	Amarilla
	2	12,4	7,9	Disipativa		5	Amarilla
	2,8	12,4	11,0	Disipativa		9	Roja
NNE	0,5	6,7	3,6	Intermedia	LTB	2	Verde
	1	6,7	7,3	Disipativa		1	Verde
	0,5	7	3,5	Intermedia	RBB	2	Verde
	1	7	7,0	Disipativa		1	Verde
	0,6	7,5	3,9	Intermedia	LTB	3	Verde
	0,85	7,5	5,5	Intermedia	LTB	3	Verde
NE	0,4	6,7	2,9	Intermedia	TBR	2	Verde
	0,55	6,7	4,0	Intermedia	LTB	3	Verde
	0,6	7	4,2	Intermedia	LTB	3	Verde
	0,9	7	6,3	Disipativa		1	Verde
	0,65	7,5	4,2	Intermedia	LTB	3	Verde
	1	7,5	6,5	Disipativa		1	Verde
NNW	0,9	6,7	6,6	Disipativa		1	Verde
	1	6,7	7,3	Disipativa		1	Verde
	0,9	7	6,3	Disipativa		1	Verde
	1	7	7,0	Disipativa		1	Verde
	0,9	7,5	5,9	Intermedia	LTB	3	Verde
	1	7,5	6,5	Disipativa		1	Verde



Tabla 29. Nivel de seguridad del perfil 3, según su estado morfodinámico y altura de olas.

PERFIL 3							
D50 (mm)			0,182	W (m/s)		0,021	
Dirección	Hs (m)	Tpico (s)	Ω	Estado		Seguridad	Bandera
N	0,8	7	5,4	Intermedia	LTB	2	Verde
	0,9	7	6,1	Disipativa		1	Verde
NW	0,9	6	7,2	Disipativa		1	Verde
	1	6	7,9	Disipativa		1	Verde
	0,9	6,7	6,4	Disipativa		1	Verde
	1	6,7	7,1	Disipativa		1	Verde
	1,5	7	10,2	Disipativa		4	Amarilla
	2	12,4	7,7	Disipativa		5	Amarilla
	2,8	12,4	10,8	Disipativa		9	Roja
NNE	0,5	6,7	3,6	Intermedia	LTB	2	Verde
	1	6,7	7,1	Disipativa		1	Verde
	0,5	7	3,4	Intermedia	RBB	2	Verde
	1	7	6,8	Disipativa		1	Verde
	0,6	7,5	3,8	Intermedia	LTB	3	Verde
	0,85	7,5	5,4	Intermedia	LTB	3	Verde
NE	0,4	6,7	2,8	Intermedia	TBR	2	Verde
	0,55	6,7	3,9	Intermedia	LTB	3	Verde
	0,6	7	4,1	Intermedia	LTB	3	Verde
	0,9	7	6,1	Disipativa		1	Verde
	0,65	7,5	4,1	Intermedia	LTB	3	Verde
	1	7,5	6,4	Disipativa		1	Verde
NNW	0,9	6,7	6,4	Disipativa		1	Verde
	1	6,7	7,1	Disipativa		1	Verde
	0,9	7	6,1	Disipativa		1	Verde
	1	7	6,8	Disipativa		1	Verde
	0,9	7,5	5,7	Intermedia	LTB	3	Verde
	1	7,5	6,4	Disipativa		1	Verde



6. CONCLUSIONES

El establecimiento de nuevos perfiles en la zona de Manzanillo del mar, permitió obtener un análisis más detallado de los fenómenos que ocurren en este litoral y observar las diferencias de las características de los perfiles que se encuentran adyacentes. Este tipo de estudios no había sido ejecutado en ocasiones anteriores por parte de la Universidad de Cartagena, aportando así nueva información del comportamiento de sectores costeros en la ciudad.

El muestreo de los perfiles permitió observar un comportamiento bastante homogéneo de los perfiles de playa dentro de la zona de estudio, permitió detallar la información, ayudando a un mejor análisis de las diferentes variables y características de los perfiles, logrando así el objetivo propuesto.

Las variables y características encontradas para cada perfil se describen a continuación:

- Se observó que en los perfiles, la línea de costa se comportó ligeramente de manera diferente, pero con tendencia al avance, mostrando grandes variaciones de hasta 9,2 metros en el Perfil 1, en solo 23 días de medición, lo cual es un dato importante demostrando la dinámica que es la zona en temporada de lluvias. El Perfil 1, mostró una ganancia significativa de playa en el mes de abril. Los cambios encontrados en tan poco tiempo indican la vulnerabilidad de la playa ante los efectos del oleaje, los que inciden notoriamente sobre la variación de la posición de la línea de costa.
- Los resultados del análisis granulométrico de las muestras encontradas en los perfiles estudiados, indican que, el perfil 1, los datos oscilaron entre 0,11 mm y 0,292 mm. Para el perfil 2, el tamaño del sedimento promedio varía entre 0,094 mm y 0,284 mm y el perfil 3, presenta tamaños promedios, entre 0,113 mm y 0,371 mm. En general, el diámetro en toda la zona de la playa oscila entre 0,094 mm (3.406ϕ) y 0,37 mm (1.434ϕ), resultado que refleja la presencia homogénea en toda la zona de arena fina.



- El parámetro D50 tuvo un comportamiento similar en los tres perfiles siempre se mantuvo mayor en la zona seca con diámetros promedios de 0,201 mm a 0,196 mm y menor en la zona húmeda con diámetros de 0,1815 mm y 0,178 mm; en la línea de costa en el perfil 2 y 3 los diámetros oscilaron entre (0,214 y 0,206 mm) presentando un incremento del tamaño del grano por efecto de vientos fuertes en la zona norte de la ciudad en la época de medición.
- Las playas de la zona no han sido muy afectadas por la erosión, viéndose un gran avance en su línea de costa e incluso cambios en la forma del perfil, mostrando cierta inestabilidad y variaciones en la línea de costa. Esto puede ser debido a que las playas son abiertas al efecto del oleaje con direcciones predominantes en la época de las mediciones entre 290° y 310°, es decir del cuadrante NW, que entran de manera directa a la zona generando el arrastre de sedimentos de sur a norte, que compensa el sedimento transportado durante la época de fuertes vientos favoreciendo la sedimentación y recuperación de la playas en la temporada de lluvias, como lo indica la información a partir de imagen de Google y la tendencia del perfil de equilibrio de Dean.
- El sector de playa estudiado presenta un estado modal intermedio (es decir, $1 < \Omega < 6$) para el oleaje que se aproxima a la costa en dirección Norte (N), Nornordeste (NNE), Nordeste (NE) y Nornoroeste (NNW) con altura significativa entre 0,7 y 1 m (para periodos de 6.7s, 7s y 7.5s) y con altura a la rotura (H_b) entre 0.4m y 0,85; tal estado corresponde a *Barra longitudinal y seno, LTB*, de acuerdo con la morfología de los perfiles. Así mismo, el sector se comporta como disipativo ($\Omega > 6$) para olas con dirección Norte (N), NW (Noroeste), NNE (Nornordeste), NE (Nordeste) y NNW (Nornoroeste), cuyas alturas significativas mar afuera se encuentren en el rango de 0.7 m a 8.7 m (con periodos de 6s a 12.4s) y cuyas alturas en la zona de rompientes estén entre 0.9 m a 2.8 m. Lo anterior se manifiesta bajo condiciones climáticas de lluvia y fuertes vientos y probabilidad del 50% de ocurrencia.



- De las mediciones obtenidas en la modelación, en el año 2014, las alturas de ola más pequeñas son de 0.63 m (para régimen medio del oleaje, H50%, en dirección Oeste) y 0.4 m (para oleaje en la zona de rotura, Hb, en dirección Noreste) correspondiendo a estados modales intermedios Barra longitudinal y seno (LTB) y Barra transversal y rip Playa (TBR) respectivamente, por tanto, esto equivale a un *nivel de seguridad para los bañistas* entre uno (1) y cuatro (4), o sea, bandera verde (seguro). Por otra parte, para oleajes entre 1 y 1,5 m (en la zona de rotura), corresponde a un estado disipativo y un nivel de riesgo (4), por tanto el nivel de riesgo es medio. Los oleajes máximos obtenidos son de 2 y 2.8 m (para oleaje en la zona de rotura, Hb, en dirección Noroeste) correspondiendo a los mismos estado modales disipativos, y por tanto, el nivel de riesgo es (5) y (9) respectivamente, o sea, bandera roja. (Muy peligroso).
- Con base al ajuste de los perfiles medidos al perfil teórico de Dean, se muestra que en la zona se viene dando un proceso erosivo para la temporada de vientos. En la fecha en la que se realizaron las mediciones, los perfiles de playa estudiados se caracterizan por ser de tormenta o de la estación seca. Este fenómeno se presenta debido a la alta energía de oleaje y a los fuertes vientos, ocasionando una significativa variación espacial en cada uno de ellos, lo cual se evidencia en la constante variación de la línea de costa durante las mediciones.
- Se encontró que durante las mediciones la marea estuvo entre los -0,16 y 0,06 m, los cuales son valores pequeños comparados con otras partes del país, y los vientos variaron entre Norte y Noreste con velocidades entre 3 y 18 nudos, de acuerdo con datos del CIOH lo que ayuda a entender las variaciones encontradas.
- La pendiente de los perfiles sumergidos ($\tan \beta$) tuvo un valor promedio en el rango de 0.01 – 0.1, por lo que los perfiles se clasificaron como de pendiente suave, lo que ayuda a que se disipe mucha energía en el oleaje manteniéndose las olas casi que invariables al momento de la rotura, presentándose olas de tipo descrestamiento, un comportamiento dinámico típico del estado modal disipativo. El comportamiento en la zona de rompientes es exactamente el descrito por el



número de Iribarren, por lo que esta característica puede ser aplicada en las playas de Manzanillo del Mar sin obtener muchos errores. Al comparar los resultados con resultados obtenidos en años anteriores (Moreno, 2002), se concluye que en la zona, la pendiente se comporta de forma similar, disminuyendo en sentido de sur a norte. Todos los perfiles de playas estudiados tuvieron forma cóncava invertida a lineal. Armaroli C. et al (2013), examinaron las playas en la costa adriática en el norte de Italia a la llegada de las tormentas. Estas presentaron un ancho de playa seca, similar a las obtenidas en el presente estudio. Se obtuvieron valores del parámetro Omega, Ω , entre 3,66 y 5,09, para oleaje con olas en aguas profundas de hasta 1,7 m. Estas características son representativas de los estados Intermedio de Playa en Barra longitudinal a disipativo. El Tamaño del sedimento varió entre 0.179mm y 0.243mm, indicando una arena fina. Las playas estudiadas tenían una pendiente suave de aproximadamente 2%, valor similar al obtenido en nuestras mediciones, por lo que se concluye que se presentan condiciones parecidas.

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de las características granulométricas, formas topográficas, geomorfología, variación de la línea de costa y perfil de equilibrio, se tiene una información de apoyo con respecto a la toma de decisiones en procesos de recuperación de playas, estableciendo estrategias para la regulación del uso de la costa con el fin de poder conservarlas, además de poder garantizar la seguridad de los bañistas.

6.2 LIMITACIONES

Existió una limitante en el tiempo del estudio (solo 4 meses) que no permitió efectuar un análisis más detallado del comportamiento espacial, temporal y geomorfológico de los perfiles, pudiendo así haber investigado los cambios de cada uno de estos en las épocas secas y de fuertes lluvias que afectan a la ciudad. El análisis del comportamiento de la línea de costa, realizado con fotografías tomadas de Google Earth, solo se pudo realizar con



tomas capturadas en época de lluvias puesto que no existían fotos de la zona tomadas en otros meses del año.

Una de las limitaciones que se encontró en la investigación fue la inexistencia de perfiles levantados en la zona de estudio, que permitiese ejecutar una comparación precisa entre los resultados obtenidos, la variación y las características a través del tiempo.

No se contó con la ayuda de un operador experto que fondeara el correntómetro *AquaDopp Profiler* para llevar a cabo una medición de las diferentes alturas del oleaje y corrientes del sitio, lo que pudo haber generado una evaluación más precisa en los resultados obtenidos en el proyecto.

6.3 RECOMENDACIONES

Debido a que se observó que en general los perfiles presentaron cierta inestabilidad pero con tendencia a la ganancia de playa seca, se concluye que no es necesaria la intervención de dichas playas para controlar su estabilidad o evitar la pérdida de las mismas. No se recomienda el relleno de playas para garantizar mayores anchos de playa pues es menor la pérdida de sedimentos.

Para futuros estudios propuestos para la zona se recomienda:

Tener como punto de partida los BM's referenciados en campo por este estudio, esto con el fin de hacer un levantamiento y obtención de muestras en la zona más preciso y poder comparar resultados.

Fondear el correntómetro de tal forma que puedan compararse resultados de los perfiles con datos verificados en el campo

Para cada uno de los BM's, construir una estructura en concreto con una leyenda que contenga el número, las coordenadas y las cotas de estos para así generar una mayor precisión en la información tomada en campo.

Se considera importante estudiar el comportamiento de estos perfiles en otras épocas del año para conocer como varía el ancho de playa en verano.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



Se sugiere la adquisición de dispositivos como las estaciones totales para el levantamiento de perfiles de playa y el uso de los perfiladores de corriente que son los más indicados para medir, entre otras variables, oleajes en aguas someras y en ambientes estuarinos.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aagaard T, Greenwood B, Hughes M. (2013). Transporte de sedimentos en playas disipativas, intermedias y reflejantes. *Revista Science Direct* Vol. 124 (2013) Páginas 32–50. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00128252/124>.
- Agámez Verján, N. (2012). Análisis de la evolución morfodinámica de las playas en el Caribe colombiano, para las zonas de Galerazamba, Cartagena de indias e Isla Barú (Bolívar, Colombia).
- Armaroli C., Grottoli E, Harley M. D., Ciavola P. (2013). Morfodinámica de playas y dunas litorales, tipos de erosión generados por tormentas a lo largo de la costa de Emilia-Romagna, Italia. Vol. 199, págs. 22-35. Recuperado el 14 de Diciembre de 2017 de <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.04.034>.
- Bernabéu, A. M., Medina, R., & Vidal, C. (2002). Efecto de la Reflexión sobre la Forma de Equilibrio del Perfil de Playa: Validación para la Costa de la Península Ibérica. *Revista C & G*, 13.
- Bernabéu, A. M., Medina, R., Vidal, C., & Muñoz-Pérez, J. (2001). Estudio morfológico del perfil de playa: modelo de perfil de equilibrio en dos tramos. *Revista Sociedad Geológica de España*, 227-234.
- El Espectador (28 de marzo del 2015) La ciudad que se alza frente al mar. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/economia/ciudad-se-alza-frente-al-mar-articulo-552070>
- El Tiempo (19 de enero de 2000) Sigue alerta para navegantes por mar de leva en la costa. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1281710>
- Grupo OCEÁNICOS, U. (15 de Abril de 2016). Grupo de Investigación en Oceanografía e Ingeniería Costera. Recuperado el 04 de Abril de 2014, de Grupo de Investigación en Oceanografía e Ingeniería Costera: http://www.oceanicos.unalmed.edu.co/cursos/ingCostas/pdf/lecturas/lectura_tema_5_EstadoDarte_ModelosMorfodinamicos_texto.pdf



- Guido Aldana, P., Ramírez Camperos, A., Godínez Orta, L., Cruz León, S., & Juárez León, A. (2009). Estudio de la erosión costera en Cancún y la Riviera Maya, México.
- Hermes Pinto Nieves (2014). Morfodinámica de una playa, sus relaciones con parámetros físicos y sus variaciones estacionales. Caso de Estudio: Playas de Bocagrande, Marbella y La Boquilla, en Cartagena de Indias, Colombia. Informe final. Convocatoria Joven Investigador, Colciencias. En proceso para publicar.
- INVEMAR (2014) Variación línea de costa: Perfiles de playa. *Protocolo indicador*, 21-32.
- Lamadrid, A. R. (2005). Clasificación geomorfológica y análisis de los perfiles de playa en los sectores Castillogrande-Laguito y Bocagrande. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia.
- Maza, F. J., & Rangel, F. T. (2014). “Estudio de perfiles para la determinación de estados modales de playa en el sector la boquilla en la ciudad de Cartagena de indias”. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia.
- Moreno Egel, D., Huertas B., K., Castillo B., M., & Castro B., E. (2003). Efectos sobre la línea de costa de los espolones construidos en la Bocana estabilizada de la Ciénaga de la Virgen. Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible, 32-35.
- Moreno, D. (2002). Evaluación de los procesos costeros en Cartagena, desde el Laguito hasta la Boquilla. Convenio Colciencias 142-99 Grupo GIHMAC. Universidad de Cartagena. Sin publicar
- Regeneración de Playas, Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, GIOC, Universidad de Cantabria, 2000. Pg. III-19
- Rendón (2011). Análisis de la variación temporal de la línea de costa y caracterización de la geomorfología litoral: bahía de Paita, Perú 1946-2007
- Sánchez, A. A., & Jiménez, A. J. (1994). Ingeniería de playas (I): Conceptos de morfología costera. Ingeniería del agua. Vol. 1., 97-114.



- Universidad de Cantabria. (2000). Procesos Litorales. En Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, Manual de Manejo Costero (pág. 411). Cantabria, Ministerio de Medio Ambiente.
- US Army Corps of Engineers (2002) Coastal Engineering Manual.
- Vernet, G., Lesueur, P., & Klingebiel, A. (1984). Evolución Morfológica y Sedimentológica de la Flecha Litoral del Laguito, (Bahía de Cartagena, Colombia). Boletín de Ciencia CIOH, 21.
- Wright, L., & Short, A. (1984). Variabilidad morfodinámica de las zonas y playas de surf: una síntesis. Geología marina (56), 93-118. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.175.7797&rep=rep1&type=pdf>.
- Zetina M. C. E., Sánchez y P. I., Osorio R. H., Mariño T. I., Castillo Ch. R.J. y Cauich T. J.C. (2008). Análisis de modelos de perfil de playa en equilibrio aplicados a una playa de Yucatán, México. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 12-3, pp. 15-32, ISSN: 1665-529X).



8. ANEXOS

ANEXO I - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LAS MUESTRAS.

Perfil 1

Tabla 30. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 1, 5 de Marzo del 2017 (Primera medición)

# Medición	MUESTRA				
1	M1	M2	LC	M4	M5
D10 (mm)	0,112	0,127	0,162	0,137	0,146
D16 (mm)	0,119	0,142	0,172	0,159	0,184
D50 (mm)	0,185	0,207	0,269	0,209	0,216
D84 (mm)	0,238	0,240	0,292	0,243	0,248
D90 (mm)	0,248	0,246	0,296	0,250	0,290
D10 (φ)	3,154	2,980	2,624	2,872	2,777
D16 (φ)	3,067	2,816	2,539	2,654	2,441
D50 (φ)	2,438	2,272	1,896	2,258	2,211
D84 (φ)	2,069	2,056	1,775	2,038	2,013
D90 (φ)	2,012	2,021	1,755	2,003	1,787
Mdφ	2,568	2,436	2,157	2,346	2,227
σφ	-0,499	-0,380	-0,382	-0,308	-0,214
αφ	-0,260	-0,433	-0,685	-0,287	-0,074
W (m/s)				0,024	0,025
A (m^{1/3})				0,089	0,091



Tabla 31. Granulometría del perfil 1, muestra 1, primera medición

<i>Perfil N° 1 - M1</i>					<i>Fecha: 05/03/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	3,40
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		256,6	<i>P seco(gr)</i>	193,2
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	1	0,517598344	0,518	99,482	
0,85	20	0,8	0,414078675	0,932	99,068	
0,425	40	2,2	1,138716356	2,070	97,930	
0,3	50	5,3	2,743271222	4,814	95,186	
0,25	60	7,4	3,830227743	8,644	91,356	
0,18	80	85,4	44,20289855	52,847	47,153	
0,15	100	9,6	4,968944099	57,816	42,184	
0,106	140	72,6	37,57763975	95,393	4,607	
0,075	200	8,9	4,606625259	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	193,2	$\delta =$	0,00%			

Tabla 32. Granulometría del perfil 1, muestra 2, primera medición

<i>Perfil N°1 A -M2</i>				<i>Fecha: 05/03/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	5,20
<i>Peso recipiente</i>	64,3	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		253,9	<i>P seco(gr)</i>
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	1	0,53	0,53	99,47
0,3	50	4	2,12	2,65	97,35
0,25	60	6,8	3,61	6,26	93,74
0,18	80	134,6	71,37	77,62	22,38
0,15	100	6,1	3,23	80,86	19,14
0,106	140	32,6	17,29	98,14	1,86
0,075	200	3,5	1,86	100,00	0,00
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00
<i>Total</i>	188,6	$\delta =$	0,53%		



Tabla 33. Granulometría del perfil 1, muestra 3, primera medición

<i>Perfil N°1 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 05/03/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	14,20
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		<i>P seco(gr)</i>	171,6
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	0,4	0,23501763	0,235	99,765
0,425	40	4	2,35017626	2,585	97,415
0,3	50	3,3	1,93889542	4,524	95,476
0,25	60	123,6	72,6204465	77,145	22,855
0,18	80	3,3	1,93889542	79,083	20,917
0,15	100	31,4	18,4488837	97,532	2,468
0,106	140	3,2	1,88014101	99,412	0,588
0,075	200	1	0,58754407	100,000	0,000
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000
<i>Total</i>	170,2	$\delta =$	0,82%		

Tabla 34. Granulometría del perfil 1, muestra 4, primera medición

<i>Perfil N° 1 - M3</i>				<i>Fecha: 05/03/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	17,90
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		<i>P seco(gr)</i>	164,2
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	0	0	0,000	100,000
0,425	40	3,3	2,03327172	2,033	97,967
0,3	50	5,8	3,57362908	5,607	94,393
0,25	60	6,4	3,94331485	9,550	90,450
0,18	80	112,4	69,254467	78,805	21,195
0,15	100	12	7,39371534	86,198	13,802
0,106	140	20,2	12,4460875	98,644	1,356
0,075	200	2,2	1,35551448	100,000	0,000
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000
<i>Total</i>	162,3	$\delta =$	1,16%		



Tabla 35. Granulometría del perfil 1, muestra 5, primera medición

<i>Perfil N° 1 - M5</i>					<i>Fecha:</i> <i>05/03/2017</i>
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	19,70
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	224	<i>P seco(gr)</i>	160,6
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0,2	0,13	0,13	99,87
0,425	40	5,2	3,27	3,39	96,61
0,3	50	9	5,65	9,05	90,95
0,25	60	7,4	4,65	13,69	86,31
0,18	80	119,1	74,81	88,51	11,49
0,15	100	1	0,63	89,13	10,87
0,106	140	14,8	9,30	98,43	1,57
0,075	200	2,5	1,57	100,00	0,00
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00
<i>Total</i>	159,2	$\delta =$	0,87%		



SEGUNDA MEDICIÓN

Perfil 1

Tabla 36. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 1, 1 de Abril del 2017
(Segunda medición)

# Medición	MUESTRA				
2	M1	M2	LC	M4	M5
D10 (mm)	0,126	0,114	0,120	0,126	0,134
D16 (mm)	0,143	0,126	0,134	0,141	0,153
D50 (mm)	0,198	0,186	0,178	0,202	0,206
D84 (mm)	0,273	0,233	0,231	0,240	0,248
D90 (mm)	0,298	0,241	0,240	0,247	0,267
D10 (φ)	2,990	3,130	3,063	2,992	2,896
D16 (φ)	2,802	2,994	2,905	2,829	2,713
D50 (φ)	2,335	2,426	2,491	2,309	2,282
D84 (φ)	1,875	2,102	2,116	2,058	2,011
D90 (φ)	1,747	2,052	2,057	2,018	1,903
Mdφ	2,339	2,548	2,510	2,443	2,362
σφ	-0,464	-0,446	-0,395	-0,386	-0,351
αφ	-0,009	-0,274	-0,049	-0,348	-0,227
W (m/s)				0,024	0,024
A (m^{1/3})				0,086	0,087

Tabla 37. Granulometría del perfil 1, muestra 1, segunda medición

<i>Perfil N° 1 - M1</i>					<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	3,40
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>			<i>P seco(gr)</i>	193,2
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	2	1,051303616	1,051	98,949	
0,425	40	3,26	1,713624895	2,765	97,235	
0,3	50	12,8	6,728343146	9,493	90,507	
0,25	60	22,6	11,87973087	21,373	78,627	
0,18	80	73,67	38,72476871	60,098	39,902	
0,15	100	41,15	21,63057191	81,728	18,272	
0,106	140	28,72	15,09671993	96,825	3,175	
0,075	200	6,04	3,174936922	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	190,24	<i>δ =</i>	1,53%			



Tabla 38. Granulometría del perfil 1, muestra 2, segunda medición

<i>Perfil N°1 -M2</i>				<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
Muestra húmeda	200	Recip + P. lav. (gr)		W %	5,20
Peso recipiente	64,3	Rec + P. Seco Lavado (gr)	253,9	P seco(gr)	189,6
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	0	0,00	0,00	100,00
0,3	50	1,02	0,54	0,54	99,46
0,25	60	5,8	3,07	3,61	96,39
0,18	80	96,2	50,85	54,46	45,54
0,15	100	31,26	16,52	70,98	29,02
0,106	140	44,3	23,42	94,40	5,60
0,075	200	10,6	5,60	100,00	0,00
Fondo	Fondo	0	0,00	100,00	0,00
Total	189,18	δ =	0,22%		

Tabla 39. Granulometría del perfil 1, muestra 3, segunda medición

<i>Perfil N°1 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
Muestra húmeda	200	Recip + P. lav. (gr)		W %	11,70
Peso recipiente	63,4	Rec + P. Seco Lavado (gr)	240	P seco(gr)	176,6
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	0	0	0,000	100,000
0,425	40	0	0	0,000	100,000
0,3	50	0,63	0,36420395	0,364	99,636
0,25	60	6,09	3,52063822	3,885	96,115
0,18	80	76,23	44,0686785	47,954	52,046
0,15	100	49,97	28,8877327	76,841	23,159
0,106	140	33,04	19,100474	95,942	4,058
0,075	200	7,02	4,05827263	100,000	0,000
Fondo	Fondo	0	0	100,000	0,000
Total	172,98	δ =	2,05%		



Tabla 40. Granulometría del perfil 1, muestra 4, segunda medición

<i>Perfil N° 1 - M4</i>					<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	16,40
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		230,6	<i>P seco(gr)</i>	167,2
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0	0	0,000	100,000	
0,425	40	0	0	0,000	100,000	
0,3	50	2,12	1,28282706	1,283	98,717	
0,25	60	9,95	6,02081568	7,304	92,696	
0,18	80	102,38	61,9508653	69,255	30,745	
0,15	100	18,25	11,0432046	80,298	19,702	
0,106	140	29	17,548106	97,846	2,154	
0,075	200	3,56	2,15418129	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	165,26	$\delta =$	1,16%			

Tabla 41. Granulometría del perfil 1, muestra 5, segunda medición

<i>Perfil N° 1 - M5</i>					<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	19,70
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		224	<i>P seco(gr)</i>	160,6
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0,00	0,00	100,00	
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00	
0,425	40	0,76	0,48	0,48	99,52	
0,3	50	1,71	1,07	1,55	98,45	
0,25	60	20,75	12,98	14,52	85,48	
0,18	80	89,41	55,93	70,45	29,55	
0,15	100	23,01	14,39	84,84	15,16	
0,106	140	23,15	14,48	99,32	0,68	
0,075	200	1,08	0,68	100,00	0,00	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00	
<i>Total</i>	159,87	$\delta =$	0,45%			



Perfil 2

Tabla 42. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 2, 1 de Abril del 2017
(Segunda medición)

# Medición	MUESTRA				
2	M1	M2	LC	M4	M5
D10 (mm)	0,124	0,135	0,129	0,132	0,136
D16 (mm)	0,148	0,157	0,148	0,151	0,152
D50 (mm)	0,200	0,208	0,202	0,203	0,200
D84 (mm)	0,248	0,240	0,238	0,238	0,242
D90 (mm)	0,275	0,246	0,245	0,245	0,250
D10 (φ)	3,008	2,894	2,954	2,921	2,876
D16 (φ)	2,758	2,669	2,755	2,724	2,713
D50 (φ)	2,323	2,267	2,308	2,302	2,325
D84 (φ)	2,009	2,056	2,070	2,069	2,046
D90 (φ)	1,863	2,022	2,032	2,032	2,002
Mdφ	2,383	2,362	2,412	2,396	2,380
σφ	-0,375	-0,306	-0,342	-0,327	-0,334
αφ	-0,161	-0,313	-0,305	-0,288	-0,165
W (m/s)				0,024	0,023
A (m^{1/3})				0,087	0,086

Tabla 43. Granulometría del perfil 2, muestra 1, segunda medición

<i>Perfil N° 2 - M1</i>					<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	2,56
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>			<i>P seco(gr)</i>	194,89
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0	0	0,000	100,000	
0,425	40	0	0	0,000	100,000	
0,3	50	1,46	0,749140541	0,749	99,251	
0,25	60	20,24	10,38534558	11,134	88,866	
0,18	80	108,9	55,87767459	67,012	32,988	
0,15	100	23,05	11,82718457	78,839	21,161	
0,106	140	29,48	15,12648161	93,966	6,034	
0,075	200	11,76	6,034173123	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	194,89	<i>δ =</i>	0,00%			



Tabla 44. Granulometría del perfil 2, muestra 2, segunda medición

<i>Perfil N°2 -M2</i>				<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	1,51
<i>Peso recipiente</i>	64,3	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	261,28	<i>P seco(gr)</i>	196,98
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	0	0,00	0,00	100,00
0,3	50	0,8	0,41	0,41	99,59
0,25	60	2,25	1,14	1,55	98,45
0,18	80	113,2	57,47	59,02	40,98
0,15	100	25,38	12,88	71,90	28,10
0,106	140	45,05	22,87	94,77	5,23
0,075	200	10,3	5,23	100,00	0,00
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00
<i>Total</i>	196,98	$\delta =$	0,00%		

Tabla 45. Granulometría del perfil 2, muestra 3, segunda medición

<i>Perfil N°2 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	5,88
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	251,64	<i>P seco(gr)</i>	188,24
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	0	0	0,000	100,000
0,425	40	0	0	0,000	100,000
0,3	50	3,68	1,95495113	1,955	98,045
0,25	60	10,2	5,41861453	7,374	92,626
0,18	80	153,52	81,5554611	88,929	11,071
0,15	100	6,46	3,43178921	92,361	7,639
0,106	140	9,78	5,19549511	97,556	2,444
0,075	200	4,6	2,44368891	100,000	0,000
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000
<i>Total</i>	188,24	$\delta =$	0,00%		



Tabla 46. Granulometría del perfil 2, muestra 4, segunda medición

<i>Perfil N° 2 - M4</i>					<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	9,40
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		244,6	<i>P seco(gr)</i>	181,2
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0	0	0,000	100,000	
0,425	40	0	0	0,000	100,000	
0,3	50	4,8	2,65472042	2,655	97,345	
0,25	60	13	7,18986782	9,845	90,155	
0,18	80	87,53	48,4099331	58,255	41,745	
0,15	100	32	17,6981362	75,953	24,047	
0,106	140	35,13	19,4292351	95,382	4,618	
0,075	200	8,35	4,61810741	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	180,81	$\delta =$	0,22%			

Tabla 47. Granulometría del perfil 2, muestra 5, segunda medición

<i>Perfil N° 2 - M5</i>					<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	4,20
<i>Peso recipiente</i>	63,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		255	<i>P seco(gr)</i>	191,6
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0,00	0,00	100,00	
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00	
0,425	40	0	0,00	0,00	100,00	
0,3	50	3,71	1,97	1,97	98,03	
0,25	60	8,74	4,63	6,60	93,40	
0,18	80	103,1	54,66	61,26	38,74	
0,15	100	48,41	25,67	86,93	13,07	
0,106	140	18,75	9,94	96,87	3,13	
0,075	200	5,9	3,13	100,00	0,00	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00	
<i>Total</i>	188,61	$\delta =$	1,56%			



Perfil 3

Tabla 48. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 3, 1 de Abril del 2017
(Segunda medición)

# Medición	MUESTRA				
2	M1	M2	LC	M4	M5
D10 (mm)	0,124	0,135	0,129	0,132	0,136
D16 (mm)	0,148	0,157	0,148	0,151	0,152
D50 (mm)	0,200	0,208	0,202	0,203	0,200
D84 (mm)	0,248	0,240	0,238	0,238	0,242
D90 (mm)	0,275	0,246	0,245	0,245	0,250
D10 (φ)	3,008	2,894	2,954	2,921	2,876
D16 (φ)	2,758	2,669	2,755	2,724	2,713
D50 (φ)	2,323	2,267	2,308	2,302	2,325
D84 (φ)	2,009	2,056	2,070	2,069	2,046
D90 (φ)	1,863	2,022	2,032	2,032	2,002
Mdφ	2,383	2,362	2,412	2,396	2,380
σφ	-0,375	-0,306	-0,342	-0,327	-0,334
αφ	-0,161	-0,313	-0,305	-0,288	-0,165
W (m/s)				0,024	0,023
A (m ^{1/3})				0,087	0,086

Tabla 49. Granulometría del perfil 3, muestra 1, segunda medición

<i>Perfil N° 3 - M1</i>					<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		267,05	<i>W %</i>	8,76
<i>Peso recipiente</i>	67,05	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		249,53	<i>P seco(gr)</i>	182,48
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0	0	0,000	100,000	
0,425	40	1,08	0,595435	0,595	99,405	
0,3	50	8,1	4,46576249	5,061	94,939	
0,25	60	17,9	9,86878377	14,930	85,070	
0,18	80	88,78	48,9469622	63,877	36,123	
0,15	100	35,5	19,5721689	83,449	16,551	
0,106	140	20,34	11,2140258	94,663	5,337	
0,075	200	9,68	5,33686184	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	181,38	δ =	0,60%			



Tabla 50. Granulometría del perfil 3, muestra 2, segunda medición

<i>Perfil N°3 -M2</i>				<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>	233	<i>W %</i>	8,38
<i>Peso recipiente</i>	33	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	216,25	<i>P seco(gr)</i>	183,25
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	0,8	0,44	0,44	99,56
0,3	50	2,4	1,32	1,76	98,24
0,25	60	7,82	4,31	6,08	93,92
0,18	80	132,22	72,90	78,98	21,02
0,15	100	12,02	6,63	85,60	14,40
0,106	140	22,68	12,50	98,11	1,89
0,075	200	2,83	1,56	99,67	0,33
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,6	0,33	100,00	0,00
<i>Total</i>	181,37	$\delta =$	1,03%		

Tabla 51. Granulometría del perfil 3, muestra 3, segunda medición

<i>Perfil N°3 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>	262,55	<i>W %</i>	14,84
<i>Peso recipiente</i>	62,55	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	232,87	<i>P seco(gr)</i>	170,32
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	0	0	0,000	100,000
0,425	40	0	0	0,000	100,000
0,3	50	0,36	0,21213907	0,212	99,788
0,25	60	7,86	4,63170301	4,844	95,156
0,18	80	111,6	65,7631114	70,607	29,393
0,15	100	21,75	12,8167354	83,424	16,576
0,106	140	23,48	13,8361815	97,260	2,740
0,075	200	4,65	2,74012964	100,000	0,000
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000
<i>Total</i>	169,7	$\delta =$	0,36%		



Tabla 52. Granulometría del perfil 3, muestra 4, segunda medición

<i>Perfil N° 3 - M4</i>					<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		255,45	<i>W %</i>	14,90
<i>Peso recipiente</i>	55,45	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		225,66	<i>P seco(gr)</i>	170,21
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0	0	0,000	100,000	
0,425	40	0	0	0,000	100,000	
0,3	50	0,36	0,2122141	0,212	99,788	
0,25	60	7,8	4,59797218	4,810	95,190	
0,18	80	113,6	66,9653384	71,776	28,224	
0,15	100	21,75	12,8212686	84,597	15,403	
0,106	140	22,48	13,2515916	97,848	2,152	
0,075	200	3,65	2,15161519	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	169,64	$\delta =$	0,33%			

Tabla 53. Granulometría del perfil 3, muestra 5, segunda medición

<i>Perfil N° 3 - M5</i>					<i>Fecha: 1/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		272,2	<i>W %</i>	18,19
<i>Peso recipiente</i>	72,2	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		235,83	<i>P seco(gr)</i>	163,63
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0,00	0,00	100,00	
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00	
0,425	40	0	0,00	0,00	100,00	
0,3	50	3,6	2,21	2,21	97,79	
0,25	60	12,2	7,50	9,71	90,29	
0,18	80	91	55,95	65,67	34,33	
0,15	100	32,5	19,98	85,65	14,35	
0,106	140	22,55	13,86	99,51	0,49	
0,075	200	0,79	0,49	100,00	0,00	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00	
<i>Total</i>	162,64	$\delta =$	0,61%			



TERCERA MEDICIÓN

Perfil 1

Tabla 54. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 1, 23 de Abril del 2017
(Tercera medición)

# Medición	MUESTRA				
3	M1	M2	LC	M4	M5
D10 (mm)	0,130	0,117	0,117	0,116	0,100
D16 (mm)	0,150	0,126	0,128	0,128	0,110
D50 (mm)	0,246	0,214	0,198	0,201	0,141
D84 (mm)	0,828	0,280	0,255	0,239	0,226
D90 (mm)	0,850	0,292	0,282	0,246	0,244
D10 (φ)	2,948	3,095	3,092	3,113	3,319
D16 (φ)	2,737	2,986	2,966	2,966	3,190
D50 (φ)	2,026	2,222	2,334	2,313	2,824
D84 (φ)	0,273	1,839	1,970	2,066	2,148
D90 (φ)	0,234	1,777	1,829	2,026	2,036
Mdφ	1,505	2,412	2,468	2,516	2,669
σφ	-1,232	-0,574	-0,498	-0,450	-0,521
αφ	0,423	-0,331	-0,270	-0,451	0,298
W (m/s)				0,023	0,016
A (m ^{1/3})				0,086	0,066

Tabla 55. Granulometría del perfil 1, muestra 1, tercera medición

<i>Perfil N° 1 - M1</i>					<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	9,18
<i>Peso recipiente</i>	32,8	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		214,44	<i>P seco(gr)</i>	181,64
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	16,7	9,375175434	9,375	90,625	
0,85	20	10,6	5,950710156	15,326	84,674	
0,425	40	22,86	12,83332398	28,159	71,841	
0,3	50	13,55	7,60680402	35,766	64,234	
0,25	60	22,85	12,8277101	48,594	51,406	
0,18	80	39,49	22,16920227	70,763	29,237	
0,15	100	24,23	13,6024252	84,365	15,635	
0,106	140	21,6	12,12597541	96,491	3,509	
0,075	200	5,1	2,863077528	99,354	0,646	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	1,15	0,645595913	100,000	0,000	
<i>Total</i>	178,13	<i>δ =</i>	1,93%			



Tabla 56. Granulometría del perfil 1, muestra 2, tercera medición

<i>Perfil N°1 A -M2</i>				<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	3,08
<i>Peso recipiente</i>	33,66	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	227,5	<i>P seco(gr)</i>	193,84
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	0,3	0,16	0,16	99,84
0,3	50	10,92	5,74	5,89	94,11
0,25	60	47,1	24,74	30,64	69,36
0,18	80	72,22	37,94	68,57	31,43
0,15	100	26,38	13,86	82,43	17,57
0,106	140	28	14,71	97,14	2,86
0,075	200	5,45	2,86	100,00	0,00
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00
<i>Total</i>	190,37	$\delta =$	1,79%		

Tabla 57. Granulometría del perfil 1, muestra 3, tercera medición

<i>Perfil N°1 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	17,66
<i>Peso recipiente</i>	35,8	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	200,48	<i>P seco(gr)</i>	164,68
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	1,02	0,62734486	0,627	99,373
0,425	40	3,35	2,06039732	2,688	97,312
0,3	50	5,04	3,09982164	5,788	94,212
0,25	60	18,52	11,3906144	17,178	82,822
0,18	80	72,4	44,5291838	61,707	38,293
0,15	100	16,17	9,94526109	71,653	28,347
0,106	140	40,19	24,7186174	96,371	3,629
0,075	200	5,9	3,62875946	100,000	0,000
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000
<i>Total</i>	162,59	$\delta =$	1,27%		



Tabla 58. Granulometría del perfil 1, muestra 4, tercera medición

<i>Perfil N° 1 - M4</i>					<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	21,90
<i>Peso recipiente</i>	67,5	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		223,7	<i>P seco(gr)</i>	156,2
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0,45	0,28992977	0,290	99,710	
0,425	40	1,61	1,0373043	1,327	98,673	
0,3	50	2,07	1,33367695	2,661	97,339	
0,25	60	5,17	3,33097094	5,992	94,008	
0,18	80	98,25	63,3013337	69,293	30,707	
0,15	100	6,21	4,00103086	73,294	26,706	
0,106	140	33,19	21,3839314	94,678	5,322	
0,075	200	7,91	5,09632111	99,774	0,226	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,35	0,22550093	100,000	0,000	
<i>Total</i>	155,21	$\delta =$	0,63%			

Tabla 59. Granulometría del perfil 1, muestra 5, tercera medición

<i>Perfil N° 1 - M5</i>					<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	20,29
<i>Peso recipiente</i>	65,07	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		224,5	<i>P seco(gr)</i>	159,43
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	1,2	0,76	0,76	99,24	
0,85	20	0,7	0,44	1,20	98,80	
0,425	40	1,75	1,10	2,30	97,70	
0,3	50	2,86	1,81	4,11	95,89	
0,25	60	6,15	3,88	7,99	92,01	
0,18	80	36,33	22,93	30,93	69,07	
0,15	100	15,25	9,63	40,55	59,45	
0,106	140	74,94	47,31	87,86	12,14	
0,075	200	18,08	11,41	99,27	0,73	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	1,15	0,73	100,00	0,00	
<i>Total</i>	158,41	$\delta =$	0,64%			



Perfil 2

Tabla 60. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 2, 23 de Abril del 2017
(Tercera medición)

# Medición	MUESTRA				
	M1	M2	LC	M4	M5
3					
D10 (mm)	0,113	0,128	0,146	0,118	0,107
D16 (mm)	0,126	0,148	0,176	0,129	0,107
D50 (mm)	0,197	0,191	0,218	0,200	0,143
D84 (mm)	0,245	0,234	0,284	0,261	0,226
D90 (mm)	0,263	0,242	0,374	0,293	0,239
D10 (φ)	3,143	2,971	2,772	3,087	3,231
D16 (φ)	2,987	2,757	2,504	2,953	3,223
D50 (φ)	2,343	2,388	2,196	2,321	2,807
D84 (φ)	2,032	2,095	1,816	1,937	2,148
D90 (φ)	1,926	2,049	1,417	1,773	2,063
Mdφ	2,510	2,426	2,160	2,445	2,686
σφ	-0,478	-0,331	-0,344	-0,508	-0,537
αφ	-0,349	-0,114	0,106	-0,244	0,226
W (m/s)				0,023	0,016
A (m^{1/3})				0,086	0,067

Tabla 61. Granulometría del perfil 2, muestra 1, tercera medición

<i>Perfil N° 2 - M1</i>					<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	10,35
<i>Peso recipiente</i>	62,9	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>			<i>P seco(gr)</i>	179,3
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0,51	0,294746576	0,295	99,705	
0,85	20	0,3	0,173380339	0,468	99,532	
0,425	40	2,08	1,202103681	1,670	98,330	
0,3	50	4,31	2,490897532	4,161	95,839	
0,25	60	13,7	7,917702133	12,079	87,921	
0,18	80	86,78	50,15315263	62,232	37,768	
0,15	100	18,3	10,57620066	72,808	27,192	
0,106	140	35,6	20,57446686	93,383	6,617	
0,075	200	8,6	4,970236375	98,353	1,647	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	2,85	1,647113217	100,000	0,000	
<i>Total</i>	173,03	δ =	3,50%			



Tabla 62. Granulometría del perfil 2, muestra 2, tercera medición

<i>Perfil N°2 -M2</i>				<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	8,70
<i>Peso recipiente</i>	73,7	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	256,3	<i>P seco(gr)</i>	182,6
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	0,1	0,06	0,06	99,94
0,3	50	0,9	0,50	0,55	99,45
0,25	60	5,3	2,92	3,47	96,53
0,18	80	100,3	55,21	58,67	41,33
0,15	100	44,9	24,71	83,39	16,61
0,106	140	23,5	12,93	96,32	3,68
0,075	200	6,08	3,35	99,67	0,33
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,6	0,33	100,00	0,00
<i>Total</i>	181,68	$\delta =$	0,50%		

Tabla 63. Granulometría del perfil 2, muestra 3, tercera medición

<i>Perfil N°2 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	18,05
<i>Peso recipiente</i>	68,5	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	232,4	<i>P seco(gr)</i>	163,9
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	0,75	0,46968938	0,470	99,530
0,425	40	11,9	7,45240481	7,922	92,078
0,3	50	8,2	5,13527054	13,057	86,943
0,25	60	14,7	9,20591182	22,263	77,737
0,18	80	97,4	60,996994	83,260	16,740
0,15	100	9,5	5,9493988	89,210	10,790
0,106	140	15,35	9,61297595	98,823	1,177
0,075	200	1,88	1,17735471	100,000	0,000
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000
<i>Total</i>	159,68	$\delta =$	2,57%		



Tabla 64. Granulometría del perfil 2, muestra 4, tercera medición

<i>Perfil N° 2 - M4</i>					<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	20,05
<i>Peso recipiente</i>	35,45	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		195,35	<i>P seco(gr)</i>	159,9
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0,73	0,46915167	0,469	99,531	
0,425	40	9,37	6,0218509	6,491	93,509	
0,3	50	3,31	2,12724936	8,618	91,382	
0,25	60	14,8	9,51156812	18,130	81,870	
0,18	80	69,53	44,68509	62,815	37,185	
0,15	100	15,86	10,1928021	73,008	26,992	
0,106	140	36,05	23,1683805	96,176	3,824	
0,075	200	5,95	3,82390746	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	155,6	$\delta =$	2,69%			

Tabla 65. Granulometría del perfil 2, muestra 5, tercera medición

<i>Perfil N° 2 - M5</i>					<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	21,62
<i>Peso recipiente</i>	69,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		226,16	<i>P seco(gr)</i>	156,76
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0,2	0,13	0,13	99,87	
0,85	20	0,91	0,58	0,71	99,29	
0,425	40	2,35	1,51	2,22	97,78	
0,3	50	2,13	1,37	3,59	96,41	
0,25	60	2,75	1,76	5,35	94,65	
0,18	80	47,65	30,57	35,92	64,08	
0,15	100	9,83	6,31	42,23	57,77	
0,106	140	75,25	48,28	90,51	9,49	
0,075	200	13,37	8,58	99,09	0,91	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	1,42	0,91	100,00	0,00	
<i>Total</i>	155,86	$\delta =$	0,57%			



Perfil 3

Tabla 66. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 3, 23 de Abril del 2017
(Tercera medición)

# Medición	MUESTRA				
3	M1	M2	LC	M4	M5
D10 (mm)	0,120	0,112	0,134	0,124	0,108
D16 (mm)	0,134	0,120	0,155	0,138	0,113
D50 (mm)	0,201	0,180	0,222	0,207	0,144
D84 (mm)	0,239	0,233	0,371	0,344	0,216
D90 (mm)	0,245	0,243	0,426	0,546	0,239
D10 (φ)	3,062	3,164	2,899	3,008	3,216
D16 (φ)	2,903	3,063	2,691	2,861	3,146
D50 (φ)	2,312	2,472	2,169	2,271	2,800
D84 (φ)	2,068	2,100	1,430	1,541	2,214
D90 (φ)	2,028	2,043	1,232	0,872	2,066
Mdφ	2,486	2,581	2,061	2,201	2,680
σφ	-0,418	-0,481	-0,630	-0,660	-0,466
αφ	-0,415	-0,226	0,171	0,107	0,258
W (m/s)				0,024	0,016
A (m^{1/3})				0,088	0,067

Tabla 67. Granulometría del perfil 3, muestra 1, tercera medición

<i>Perfil N° 3 - M1</i>					<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		267,05	<i>W %</i>	8,76
<i>Peso recipiente</i>	67,05	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		249,53	<i>P seco(gr)</i>	182,48
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0	0	0,000	100,000	
0,425	40	1,4	0,77075534	0,771	99,229	
0,3	50	1,7	0,9359172	1,707	98,293	
0,25	60	7,7	4,23915437	5,946	94,054	
0,18	80	115,5	63,5873156	69,533	30,467	
0,15	100	13,5	7,43228364	76,965	23,035	
0,106	140	34,4	18,9385598	95,904	4,096	
0,075	200	6,64	3,65558247	99,560	0,440	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,8	0,44043162	100,000	0,000	
<i>Total</i>	181,64	<i>δ =</i>	0,46%			



Tabla 68. Granulometría del perfil 3, muestra 2, tercera medición

<i>Perfil N°3 -M2</i>				<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>	233	<i>W %</i>	8,38
<i>Peso recipiente</i>	33	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	216,25	<i>P seco(gr)</i>	183,25
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	4,32	2,37	2,37	97,63
0,3	50	3,08	1,69	4,06	95,94
0,25	60	2,25	1,24	5,30	94,70
0,18	80	81,68	44,84	50,14	49,86
0,15	100	20,92	11,48	61,62	38,38
0,106	140	59,18	32,49	94,11	5,89
0,075	200	9,93	5,45	99,56	0,44
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,8	0,44	100,00	0,00
<i>Total</i>	182,16	$\delta =$	0,59%		

Tabla 69. Granulometría del perfil 3, muestra 3, tercera medición

<i>Perfil N°3 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>	262,55	<i>W %</i>	17,84
<i>Peso recipiente</i>	62,55	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	226,87	<i>P seco(gr)</i>	164,32
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	4,3	2,67	2,666	97,334
0,425	40	11,85	7,35	10,012	89,988
0,3	50	22,4	13,89	23,900	76,100
0,25	60	13,55	8,40	32,300	67,700
0,18	80	72,5	44,95	77,247	22,753
0,15	100	13	8,06	85,307	14,693
0,106	140	20,9	12,96	98,264	1,736
0,075	200	2,8	1,74	100,000	0,000
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000
<i>Total</i>	161,3	$\delta =$	1,84%		



Tabla 70. Granulometría del perfil 3, muestra 4, tercera medición

<i>Perfil N° 3 - M4</i>					<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		255,45	<i>W %</i>	19,90
<i>Peso recipiente</i>	55,45	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		215,66	<i>P seco(gr)</i>	160,21
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0,28	0,18	0,177	99,823	
0,85	20	4,24	2,68	2,859	97,141	
0,425	40	15,8	9,99	12,854	87,146	
0,3	50	7,65	4,84	17,694	82,306	
0,25	60	10,49	6,64	24,329	75,671	
0,18	80	66,32	41,95	66,283	33,717	
0,15	100	19,2	12,15	78,429	21,571	
0,106	140	31,36	19,84	98,267	1,733	
0,075	200	2,74	1,73	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	158,08	$\delta =$	1,33%			

Tabla 71. Granulometría del perfil 3, muestra 5, tercera medición

<i>Perfil N° 3 - M5</i>					<i>Fecha: 23/04/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		272,2	<i>W %</i>	21,69
<i>Peso recipiente</i>	72,2	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		228,83	<i>P seco(gr)</i>	156,63
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0,00	0,00	100,00	
0,85	20	1,93	1,24	1,24	98,76	
0,425	40	2,69	1,73	2,97	97,03	
0,3	50	2,51	1,61	4,58	95,42	
0,25	60	3,98	2,56	7,14	92,86	
0,18	80	28,07	18,03	25,16	74,84	
0,15	100	27,58	17,71	42,87	57,13	
0,106	140	76,12	48,89	91,76	8,24	
0,075	200	12,33	7,92	99,68	0,32	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,5	0,32	100,00	0,00	
<i>Total</i>	155,71	$\delta =$	0,59%			



CUARTA MEDICIÓN

Perfil 1

Tabla 72. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 1, 7 de Mayo del 2017 (Cuarta medición)

# Medición	MUESTRA				
4	M1	M2	LC	M4	M5
D10 (mm)	0,120	0,119	0,127	0,110	0,100
D16 (mm)	0,132	0,136	0,145	0,119	0,112
D50 (mm)	0,227	0,185	0,195	0,165	0,158
D84 (mm)	0,232	0,235	0,240	0,239	0,218
D90 (mm)	0,246	0,244	0,248	0,271	0,238
D10 (φ)	3,065	3,065	2,980	3,188	3,316
D16 (φ)	2,922	2,877	2,785	3,075	3,155
D50 (φ)	2,141	2,437	2,361	2,604	2,664
D84 (φ)	2,110	2,089	2,060	2,065	2,198
D90 (φ)	2,023	2,036	2,013	1,883	2,069
Mdφ	2,516	2,483	2,422	2,570	2,676
σφ	-0,406	-0,394	-0,362	-0,505	-0,479
αφ	-0,925	-0,117	-0,169	0,066	-0,025
W (m/s)				0,019	0,018
A (m^{1/3})				0,074	0,072

Tabla 73. Granulometría del perfil 1, muestra 1, cuarta medición

<i>Perfil N° 1 - M4</i>					<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	12,46
<i>Peso recipiente</i>	51	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		226,08	<i>P seco(gr)</i>	175,08
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	2,45	1,411452932	1,411	98,589	
0,85	20	1,83	1,054268925	2,466	97,534	
0,425	40	1,71	0,985136536	3,451	96,549	
0,3	50	2,17	1,250144026	4,701	95,299	
0,25	60	6,35	3,658255559	8,359	91,641	
0,18	80	50,48	29,08169144	37,441	62,559	
0,15	100	65,63	37,80965549	75,251	24,749	
0,106	140	25,94	14,94411799	90,195	9,805	
0,075	200	11	6,337135615	96,532	3,468	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	6,02	3,468141491	100,000	0,000	
<i>Total</i>	173,58	<i>δ =</i>	0,86%			



Tabla 74. Granulometría del perfil 1, muestra 2, cuarta medición

<i>Perfil N°1 -M2</i>				<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	7,96
<i>Peso recipiente</i>	50,9	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	234,98	<i>P seco(gr)</i>	184,08
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	0	0,00	0,00	100,00
0,3	50	1,05	0,58	0,58	99,42
0,25	60	9,61	5,30	5,88	94,12
0,18	80	85,7	47,25	53,13	46,87
0,15	100	46,9	25,86	78,99	21,01
0,106	140	28,78	15,87	94,86	5,14
0,075	200	9,32	5,14	100,00	0,00
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00
<i>Total</i>	181,36	$\delta =$	1,48%		

Tabla 75. Granulometría del perfil 1, muestra 3, cuarta medición

<i>Perfil N°1 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	5,27
<i>Peso recipiente</i>	51,43	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	240,9	<i>P seco(gr)</i>	189,47
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	0	0	0,000	100,000
0,425	40	0,15	0,07944915	0,079	99,921
0,3	50	2,15	1,13877119	1,218	98,782
0,25	60	13,5	7,15042373	8,369	91,631
0,18	80	99,4	52,6483051	61,017	38,983
0,15	100	40,4	21,3983051	82,415	17,585
0,106	140	27,08	14,3432203	96,758	3,242
0,075	200	4,32	2,28813559	99,047	0,953
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	1,8	0,95338983	100,000	0,000
<i>Total</i>	188,8	$\delta =$	0,35%		



Tabla 76. Granulometría del perfil 1, muestra 4, cuarta medición

<i>Perfil N° 1 - M4</i>					<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	21,09
<i>Peso recipiente</i>	56,38	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		214,2	<i>P seco(gr)</i>	157,82
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0,5	0,31746032	0,317	99,683	
0,85	20	1,1	0,6984127	1,016	98,984	
0,425	40	3,6	2,28571429	3,302	96,698	
0,3	50	5,75	3,65079365	6,952	93,048	
0,25	60	8,3	5,26984127	12,222	87,778	
0,18	80	37,7	23,9365079	36,159	63,841	
0,15	100	42,24	26,8190476	62,978	37,022	
0,106	140	46,47	29,5047619	92,483	7,517	
0,075	200	3,27	2,07619048	94,559	5,441	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	8,57	5,44126984	100,000	0,000	
<i>Total</i>	157,5	$\delta =$	0,20%			

Tabla 77. Granulometría del perfil 1, muestra 5, cuarta medición

<i>Perfil N° 1 - M5</i>					<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	21,15
<i>Peso recipiente</i>	55,45	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		213,15	<i>P seco(gr)</i>	157,7
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	1,2	0,75	0,75	99,25	
0,85	20	0,4	0,25	1,01	98,99	
0,425	40	1,35	0,85	1,86	98,14	
0,3	50	2,8	1,76	3,62	96,38	
0,25	60	4,72	2,97	6,58	93,42	
0,18	80	32,75	20,60	27,18	72,82	
0,15	100	48,9	30,75	57,94	42,06	
0,106	140	48,3	30,38	88,31	11,69	
0,075	200	14,98	9,42	97,74	2,26	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	3,6	2,26	100,00	0,00	
<i>Total</i>	159	$\delta =$	-0,82%			



Perfil 2

Tabla 78. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 2, 7 de Mayo del 2017 (Cuarta medición)

# Medición	MUESTRA				
4	M1	M2	LC	M4	M5
D10 (mm)	0,120	0,119	0,124	0,106	0,086
D16 (mm)	0,132	0,136	0,143	0,117	0,094
D50 (mm)	0,227	0,185	0,191	0,169	0,137
D84 (mm)	0,232	0,235	0,238	0,242	0,194
D90 (mm)	0,246	0,244	0,246	0,267	0,224
D10 (φ)	3,065	3,065	3,008	3,233	3,532
D16 (φ)	2,922	2,877	2,808	3,096	3,406
D50 (φ)	2,141	2,437	2,389	2,563	2,867
D84 (φ)	2,110	2,089	2,071	2,047	2,366
D90 (φ)	2,023	2,036	2,021	1,907	2,160
Mdφ	2,516	2,483	2,439	2,571	2,886
σφ	-0,406	-0,394	-0,369	-0,525	-0,520
αφ	-0,925	-0,117	-0,138	-0,016	-0,037
W (m/s)				0,019	0,015
A (m ^{1/3})				0,076	0,065

Tabla 79. Granulometría del perfil 2, muestra 1, cuarta medición

<i>Perfil N° 2 - M1</i>					<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	12,46
<i>Peso recipiente</i>	51	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>			<i>P seco(gr)</i>	175,08
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	2,45	1,411452932	1,411	98,589	
0,85	20	1,83	1,054268925	2,466	97,534	
0,425	40	1,71	0,985136536	3,451	96,549	
0,3	50	2,17	1,250144026	4,701	95,299	
0,25	60	6,35	3,658255559	8,359	91,641	
0,18	80	50,48	29,08169144	37,441	62,559	
0,15	100	65,63	37,80965549	75,251	24,749	
0,106	140	25,94	14,94411799	90,195	9,805	
0,075	200	11	6,337135615	96,532	3,468	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	6,02	3,468141491	100,000	0,000	
<i>Total</i>	173,58	δ =	0,86%			



Tabla 80. Granulometría del perfil 2, muestra 2, cuarta medición

<i>Perfil N°2 A -M2</i>				<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	7,96
<i>Peso recipiente</i>	50,9	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	234,98	<i>P seco(gr)</i>	184,08
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	0	0,00	0,00	100,00
0,3	50	1,05	0,58	0,58	99,42
0,25	60	9,61	5,30	5,88	94,12
0,18	80	85,7	47,25	53,13	46,87
0,15	100	46,9	25,86	78,99	21,01
0,106	140	28,78	15,87	94,86	5,14
0,075	200	9,32	5,14	100,00	0,00
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00
<i>Total</i>	181,36	$\delta =$	1,48%		

Tabla 81. Granulometría del perfil 2, muestra 3, cuarta medición

<i>Perfil N°2 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	2,45
<i>Peso recipiente</i>	53,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	248,5	<i>P seco(gr)</i>	195,1
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,00
0,85	20	0	0	0,000	100,00
0,425	40	0,16	0,08	0,083	99,92
0,3	50	2,43	1,26	1,342	98,66
0,25	60	11,58	6,00	7,343	92,66
0,18	80	97,63	50,59	57,936	42,06
0,15	100	45,78	23,72	81,660	18,34
0,106	140	27,56	14,28	95,942	4,06
0,075	200	7,83	4,06	100,000	0,00
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,00
<i>Total</i>	192,97	$\delta =$	1,09%		



Tabla 82. Granulometría del perfil 2, muestra 4, cuarta medición

<i>Perfil N° 2 - M4</i>					<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	145	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	21,63
<i>Peso recipiente</i>	55,27	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		168,9	<i>P seco(gr)</i>	113,63
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0,15	0,13252054	0,133	99,867	
0,425	40	0,75	0,6626027	0,795	99,205	
0,3	50	4,21	3,71940984	4,515	95,485	
0,25	60	9,29	8,20743882	12,722	87,278	
0,18	80	32,46	28,677445	41,399	58,601	
0,15	100	27,04	23,8890361	65,288	34,712	
0,106	140	28,2	24,9138616	90,202	9,798	
0,075	200	6,49	5,73372206	95,936	4,064	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	4,6	4,06396325	100,000	0,000	
<i>Total</i>	113,19	$\delta =$	0,39%			

Tabla 83. Granulometría del perfil 2, muestra 5, cuarta medición

<i>Perfil N° 2 - M5</i>					<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	21,72
<i>Peso recipiente</i>	56,23	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		212,8	<i>P seco(gr)</i>	156,57
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0,00	0,00	100,00	
0,85	20	0,36	0,23	0,23	99,77	
0,425	40	1,22	0,78	1,01	98,99	
0,3	50	2,03	1,30	2,31	97,69	
0,25	60	3,78	2,42	4,74	95,26	
0,18	80	21,94	14,06	18,80	81,20	
0,15	100	32,35	20,73	39,53	60,47	
0,106	140	55,56	35,61	75,14	24,86	
0,075	200	36,7	23,52	98,67	1,33	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	2,08	1,33	100,00	0,00	
<i>Total</i>	156,02	$\delta =$	0,35%			



Perfil 3

Tabla 84. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 3, 7 de Mayo del 2017 (Cuarta medición)

# Medición	MUESTRA				
	M1	M2	LC	M4	M5
4					
D10 (mm)	0,120	0,112	0,134	0,109	0,088
D16 (mm)	0,134	0,120	0,155	0,117	0,097
D50 (mm)	0,201	0,180	0,222	0,162	0,142
D84 (mm)	0,239	0,233	0,371	0,229	0,216
D90 (mm)	0,245	0,243	0,426	0,247	0,240
D10 (φ)	3,062	3,164	2,899	3,199	3,499
D16 (φ)	2,903	3,063	2,691	3,092	3,368
D50 (φ)	2,312	2,472	2,169	2,629	2,820
D84 (φ)	2,068	2,100	1,430	2,124	2,208
D90 (φ)	2,028	2,043	1,232	2,020	2,061
Mdφ	2,486	2,581	2,061	2,608	2,788
σφ	-0,418	-0,481	-0,630	-0,484	-0,580
αφ	-0,415	-0,226	0,171	0,044	0,054
W (m/s)				0,018	0,016
A (m^{1/3})				0,073	0,067

Tabla 85. Granulometría del perfil 3, muestra 1, cuarta medición

<i>Perfil N° 3 - M1</i>					<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		267,05	<i>W %</i>	8,76
<i>Peso recipiente</i>	67,05	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		249,53	<i>P seco(gr)</i>	182,48
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0	0	0,000	100,000	
0,425	40	1,4	0,77075534	0,771	99,229	
0,3	50	1,7	0,9359172	1,707	98,293	
0,25	60	7,7	4,23915437	5,946	94,054	
0,18	80	115,5	63,5873156	69,533	30,467	
0,15	100	13,5	7,43228364	76,965	23,035	
0,106	140	34,4	18,9385598	95,904	4,096	
0,075	200	6,64	3,6558247	99,560	0,440	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,8	0,44043162	100,000	0,000	
<i>Total</i>	181,64	δ =	0,46%			



Tabla 86. Granulometría del perfil 3, muestra 2, cuarta medición

<i>Perfil N°3 -M2</i>				<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>	233	<i>W %</i>	8,38
<i>Peso recipiente</i>	33	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	216,25	<i>P seco(gr)</i>	183,25
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	4,32	2,37	2,37	97,63
0,3	50	3,08	1,69	4,06	95,94
0,25	60	2,25	1,24	5,30	94,70
0,18	80	81,68	44,84	50,14	49,86
0,15	100	20,92	11,48	61,62	38,38
0,106	140	59,18	32,49	94,11	5,89
0,075	200	9,93	5,45	99,56	0,44
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,8	0,44	100,00	0,00
<i>Total</i>	182,16	$\delta =$	0,59%		

Tabla 87. Granulometría del perfil 3, muestra 3, cuarta medición

<i>Perfil N°3 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>	262,55	<i>W %</i>	17,84
<i>Peso recipiente</i>	62,55	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	226,87	<i>P seco(gr)</i>	164,32
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	4,3	2,66584005	2,666	97,334
0,425	40	11,85	7,34655921	10,012	89,988
0,3	50	22,4	13,8871668	23,900	76,100
0,25	60	13,55	8,40049597	32,300	67,700
0,18	80	72,5	44,9473032	77,247	22,753
0,15	100	13	8,05951643	85,307	14,693
0,106	140	20,9	12,9572226	98,264	1,736
0,075	200	2,8	1,73589585	100,000	0,000
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000
<i>Total</i>	161,3	$\delta =$	1,84%		



Tabla 88. Granulometría del perfil 3, muestra 4, cuarta medición

<i>Perfil N° 3 - M4</i>					<i>Fecha:</i> <i>07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		253,5	<i>W %</i>	21,40
<i>Peso recipiente</i>	53,5	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		210,7	<i>P seco(gr)</i>	157,2
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	1,26	0,808	0,808	99,19	
0,85	20	0,85	0,545	1,354	98,65	
0,425	40	2,07	1,328	2,682	97,32	
0,3	50	3,11	1,995	4,677	95,32	
0,25	60	6,38	4,093	8,770	91,23	
0,18	80	38,45	24,666	33,436	66,56	
0,15	100	42,2	27,072	60,508	39,49	
0,106	140	49,2	31,563	92,071	7,93	
0,075	200	10,76	6,903	98,974	1,03	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	1,6	1,026	100,000	0,00	
<i>Total</i>	155,88	$\delta =$	0,84%			

Tabla 89. Granulometría del perfil 3, muestra 5, cuarta medición

<i>Perfil N° 3 - M5</i>					<i>Fecha:</i> <i>07/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		251,43	<i>W %</i>	21,54
<i>Peso recipiente</i>	51,43	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		208,35	<i>P seco(gr)</i>	156,92
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0,2	0,13	0,13	99,87	
0,85	20	0,7	0,45	0,58	99,42	
0,425	40	2,17	1,39	1,97	98,03	
0,3	50	3,19	2,05	4,02	95,98	
0,25	60	5,15	3,31	7,33	92,67	
0,18	80	28,16	18,10	25,43	74,57	
0,15	100	28,23	18,14	43,57	56,43	
0,106	140	52,66	33,84	77,41	22,59	
0,075	200	34,65	22,27	99,68	0,32	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,5	0,32	100,00	0,00	
<i>Total</i>	155,61	$\delta =$	0,83%			



QUINTA MEDICIÓN

Perfil 1

Tabla 90. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 1, 21 de Mayo del 2017 (Quinta medición)

# Medición	MUESTRA				
5	M1	M2	LC	M4	M5
D10 (mm)	0,118	0,114	0,127	0,119	0,115
D16 (mm)	0,134	0,127	0,144	0,130	0,126
D50 (mm)	0,178	0,184	0,190	0,187	0,179
D84 (mm)	0,253	0,235	0,240	0,240	0,240
D90 (mm)	0,285	0,244	0,249	0,250	0,254
D10 (φ)	3,081	3,137	2,974	3,070	3,125
D16 (φ)	2,899	2,982	2,801	2,942	2,984
D50 (φ)	2,486	2,444	2,393	2,422	2,483
D84 (φ)	1,982	2,089	2,058	2,057	2,057
D90 (φ)	1,812	2,035	2,007	2,001	1,978
Mdφ	2,440	2,535	2,430	2,499	2,521
σφ	-0,459	-0,446	-0,371	-0,442	-0,463
αφ	0,100	-0,204	-0,099	-0,174	-0,083
W (m/s)				0,022	0,021
A (m ^{1/3})				0,081	0,079

Tabla 91. Granulometría del perfil 1, muestra 1, quinta medición

<i>Perfil N° 1 - M5</i>					<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	2,20
<i>Peso recipiente</i>	51	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>			<i>P seco(gr)</i>	195,6
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	1,91	0,981399651	0,981	99,019	
0,425	40	2,45	1,258863426	2,240	97,760	
0,3	50	9,48	4,871030727	7,111	92,889	
0,25	60	18,47	9,490288768	16,602	83,398	
0,18	80	62,07	31,89291954	48,495	51,505	
0,15	100	57,39	29,48823348	77,983	22,017	
0,106	140	32,33	16,61185901	94,595	5,405	
0,075	200	10,52	5,405405405	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	194,62	<i>δ =</i>	0,50%			



Tabla 92. Granulometría del perfil 1, muestra 2, quinta medición

<i>Perfil N° 1 - M5</i>					<i>Fecha:</i> <i>21/05/2017</i>
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	1,55
<i>Peso recipiente</i>	51	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	247,9	<i>P seco(gr)</i>	196,9
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	1,25	0,64	0,64	99,36
0,3	50	3,15	1,61	2,25	97,75
0,25	60	7,51	3,84	6,08	93,92
0,18	80	90,8	46,37	52,46	47,54
0,15	100	40,53	20,70	73,16	26,84
0,106	140	39,93	20,39	93,55	6,45
0,075	200	12,63	6,45	100,00	0,00
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00
<i>Total</i>	195,8	$\delta =$	0,56%		

Tabla 93. Granulometría del perfil 1, muestra 3, quinta medición

<i>Perfil N° 1 - M5 - LC</i>					<i>Fecha:</i> <i>21/05/2017</i>
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	7,25
<i>Peso recipiente</i>	55,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	240,9	<i>P seco(gr)</i>	185,5
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	0	0	0,000	100,000
0,425	40	0,15	0,08099352	0,081	99,919
0,3	50	2,46	1,32829374	1,409	98,591
0,25	60	14,45	7,80237581	9,212	90,788
0,18	80	88,7	47,8941685	57,106	42,894
0,15	100	45,38	24,5032397	81,609	18,391
0,106	140	30,04	16,2203024	97,829	2,171
0,075	200	4,02	2,17062635	100,000	0,000
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000
<i>Total</i>	185,2	$\delta =$	0,16%		



Tabla 94. Granulometría del perfil 1, muestra 4, quinta medición

<i>Perfil N° 1 - M4</i>					<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	20,59
<i>Peso recipiente</i>	56,38	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		215,2	<i>P seco(gr)</i>	158,82
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0,25	0,15794794	0,158	99,842	
0,85	20	0,55	0,34748547	0,505	99,495	
0,425	40	1,8	1,13722517	1,643	98,357	
0,3	50	3,93	2,48294162	4,126	95,874	
0,25	60	9,125	5,76509982	9,891	90,109	
0,18	80	70,04	44,250695	54,141	45,859	
0,15	100	30,24	19,1053829	73,247	26,753	
0,106	140	37,73	23,8375032	97,084	2,916	
0,075	200	3,415	2,15756887	99,242	0,758	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	1,2	0,75815011	100,000	0,000	
<i>Total</i>	158,28	$\delta =$	0,34%			

Tabla 95. Granulometría del perfil 1, muestra 5, quinta medición

<i>Perfil N° 1 - M5</i>					<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	20,23
<i>Peso recipiente</i>	55,45	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		215	<i>P seco(gr)</i>	159,55
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0,6	0,38	0,38	99,62	
0,85	20	0,2	0,13	0,51	99,49	
0,425	40	1,05	0,66	1,17	98,83	
0,3	50	2,25	1,42	2,59	97,41	
0,25	60	12,73	8,04	10,62	89,38	
0,18	80	61,08	38,56	49,18	50,82	
0,15	100	35,95	22,69	71,88	28,12	
0,106	140	35,72	22,55	94,43	5,57	
0,075	200	8,03	5,07	99,49	0,51	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,8	0,51	100,00	0,00	
<i>Total</i>	158,41	$\delta =$	0,71%			



Perfil 2

Tabla 96. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 2, 21 de Mayo del 2017
(Quinta medición)

# Medición	MUESTRA				
	M1	M2	LC	M4	M5
5					
D10 (mm)	0,118	0,114	0,135	0,121	0,122
D16 (mm)	0,134	0,126	0,155	0,134	0,141
D50 (mm)	0,211	0,182	0,203	0,190	0,197
D84 (mm)	0,248	0,232	0,239	0,243	0,243
D90 (mm)	0,269	0,241	0,246	0,261	0,257
D10 (φ)	3,086	3,137	2,890	3,048	3,037
D16 (φ)	2,895	2,990	2,691	2,902	2,829
D50 (φ)	2,246	2,456	2,298	2,395	2,342
D84 (φ)	2,013	2,105	2,063	2,040	2,039
D90 (φ)	1,892	2,051	2,025	1,936	1,962
Mdφ	2,454	2,548	2,377	2,471	2,434
σφ	-0,441	-0,442	-0,314	-0,431	-0,395
αφ	-0,472	-0,208	-0,253	-0,176	-0,233
W (m/s)				0,022	0,023
A (m^{1/3})				0,083	0,085

Tabla 97. Granulometría del perfil 2, muestra 1, quinta medición

<i>Perfil N° 2 - M1</i>					<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	2,20
<i>Peso recipiente</i>	51	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>			<i>P seco(gr)</i>	195,6
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0,955	0,490183498	0,490	99,510	
0,425	40	1,22	0,626203003	1,116	98,884	
0,3	50	5,47	2,807647889	3,924	96,076	
0,25	60	19,35	9,931990248	13,856	86,144	
0,18	80	85,49	43,88040549	57,736	42,264	
0,15	100	40,23	20,64930065	78,386	21,614	
0,106	140	30,91	15,86552034	94,251	5,749	
0,075	200	11,2	5,748748877	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	194,825	$\delta =$	0,40%			



Tabla 98. Granulometría del perfil 2, muestra 2, quinta medición

<i>Perfil N° 2 - M2</i>					<i>Fecha:</i> <i>21/05/2017</i>
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	1,55
<i>Peso recipiente</i>	51	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	247,9	<i>P seco(gr)</i>	196,9
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	1,25	0,64	0,64	99,36
0,3	50	1,9	0,97	1,60	98,40
0,25	60	4,88	2,48	4,08	95,92
0,18	80	93,38	47,46	51,55	48,45
0,15	100	40,53	20,60	72,15	27,85
0,106	140	42,5	21,60	93,75	6,25
0,075	200	11,5	5,85	99,59	0,41
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,8	0,41	100,00	0,00
<i>Total</i>	196,74	$\delta =$	0,08%		

Tabla 99. Granulometría del perfil 2, muestra 3, quinta medición

<i>Perfil N° 2 - M3 - LC</i>					<i>Fecha:</i> <i>21/05/2017</i>
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		<i>W %</i>	7,25
<i>Peso recipiente</i>	55,4	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	240,9	<i>P seco(gr)</i>	185,5
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	0	0	0,000	100,000
0,425	40	1,56	0,85180736	0,852	99,148
0,3	50	4,1	2,23872447	3,091	96,909
0,25	60	5,3	2,8939609	5,984	94,016
0,18	80	121,11	66,1297368	72,114	27,886
0,15	100	25,92	14,1531069	86,267	13,733
0,106	140	19,9	10,8660041	97,133	2,867
0,075	200	4,35	2,37523206	99,509	0,491
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,9	0,49142732	100,000	0,000
<i>Total</i>	183,14	$\delta =$	1,27%		



Tabla 100. Granulometría del perfil 2, muestra 4, quinta medición

<i>Perfil N° 2 - M4</i>					<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	20,59
<i>Peso recipiente</i>	56,38	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		215,2	<i>P seco(gr)</i>	158,82
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0	0	0,000	100,000	
0,425	40	1,6	1,01297879	1,013	98,987	
0,3	50	5,3	3,35549224	4,368	95,632	
0,25	60	11,5	7,28078506	11,649	88,351	
0,18	80	70,85	44,8559671	56,505	43,495	
0,15	100	31,5	19,9430199	76,448	23,552	
0,106	140	32,4	20,5128205	96,961	3,039	
0,075	200	4,3	2,7223805	99,683	0,317	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,5	0,31655587	100,000	0,000	
<i>Total</i>	157,95	$\delta =$	0,55%			

Tabla 101. Granulometría del perfil 2, muestra 5, quinta medición

<i>Perfil N° 2 - M5</i>					<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>			<i>W %</i>	20,23
<i>Peso recipiente</i>	55,45	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		215	<i>P seco(gr)</i>	159,55
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0,00	0,00	100,00	
0,85	20	0,3	0,19	0,19	99,81	
0,425	40	1,6	1,01	1,19	98,81	
0,3	50	2,98	1,87	3,07	96,93	
0,25	60	12,73	8,01	11,07	88,93	
0,18	80	82,1	51,63	62,70	37,30	
0,15	100	29,18	18,35	81,05	18,95	
0,106	140	22,23	13,98	95,03	4,97	
0,075	200	7,9	4,97	100,00	0,00	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0,00	100,00	0,00	
<i>Total</i>	159,02	$\delta =$	0,33%			



Perfil 3

Tabla 102. Análisis granulométrico de las muestras del perfil 3, 21 de Mayo del 2017
(Quinta medición)

# Medición	MUESTRA				
5	M1	M2	LC	M4	M5
D10 (mm)	0,122	0,118	0,131	0,125	0,112
D16 (mm)	0,139	0,130	0,151	0,142	0,121
D50 (mm)	0,201	0,197	0,211	0,226	0,172
D84 (mm)	0,243	0,238	0,275	0,249	0,235
D90 (mm)	0,253	0,245	0,343	0,293	0,247
D10 (φ)	3,035	3,083	2,936	3,000	3,156
D16 (φ)	2,842	2,946	2,731	2,821	3,048
D50 (φ)	2,315	2,341	2,248	2,146	2,540
D84 (φ)	2,040	2,073	1,864	2,006	2,087
D90 (φ)	1,981	2,030	1,543	1,772	2,019
Mdφ	2,441	2,509	2,298	2,414	2,568
σφ	-0,401	-0,437	-0,433	-0,407	-0,480
αφ	-0,314	-0,384	-0,115	-0,658	-0,058
W (m/s)				0,027	0,020
A (m^{1/3})				0,094	0,077

Tabla 103. Granulometría del perfil 3, muestra 1, quinta medición

<i>Perfil N° 3 - M1</i>					<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		267,05	<i>W %</i>	8,76
<i>Peso recipiente</i>	67,05	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		249,53	<i>P seco(gr)</i>	182,48
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0	0,000	100,000	
0,85	20	0	0	0,000	100,000	
0,425	40	1,24	0,68466678	0,685	99,315	
0,3	50	4,9	2,70553807	3,390	96,610	
0,25	60	12,8	7,06752802	10,458	89,542	
0,18	80	102,14	56,396665	66,854	33,146	
0,15	100	24,5	13,5276904	80,382	19,618	
0,106	140	27,37	15,1123627	95,494	4,506	
0,075	200	8,16	4,50554911	100,000	0,000	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0	0	100,000	0,000	
<i>Total</i>	181,11	δ =	0,75%			



Tabla 104. Granulometría del perfil 3, muestra 2, quinta medición

<i>Perfil N°3 -M2</i>				<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>	233	<i>W %</i>	8,38
<i>Peso recipiente</i>	33	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	216,25	<i>P seco(gr)</i>	183,25
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0	0,00	0,00	100,00
0,425	40	2,56	1,41	1,41	98,59
0,3	50	2,74	1,51	2,92	97,08
0,25	60	5,035	2,77	5,69	94,31
0,18	80	106,95	58,87	64,56	35,44
0,15	100	16,47	9,07	73,63	26,37
0,106	140	40,93	22,53	96,16	3,84
0,075	200	6,38	3,51	99,67	0,33
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,6	0,33	100,00	0,00
<i>Total</i>	181,67	$\delta =$	0,86%		

Tabla 105. Granulometría del perfil 3, muestra 3, quinta medición

<i>Perfil N°3 -M3 - LC</i>				<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>	262,55	<i>W %</i>	14,84
<i>Peso recipiente</i>	62,55	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>	232,87	<i>P seco(gr)</i>	170,32
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>
2	10	0	0	0,000	100,000
0,85	20	2,15	1,27702542	1,277	98,723
0,425	40	5,93	3,5222143	4,799	95,201
0,3	50	13,38	7,94725588	12,746	87,254
0,25	60	10,8	6,41482537	19,161	80,839
0,18	80	92,1	54,7042053	73,866	26,134
0,15	100	17,4	10,3349964	84,201	15,799
0,106	140	22,2	13,1860299	97,387	2,613
0,075	200	3,8	2,25706819	99,644	0,356
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,6	0,35637919	100,000	0,000
<i>Total</i>	168,36	$\delta =$	1,15%		



Tabla 106. Granulometría del perfil 3, muestra 4, quinta medición

<i>Perfil N° 3 - M4</i>					<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		255,45	<i>W %</i>	14,90
<i>Peso recipiente</i>	55,45	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		225,66	<i>P seco(gr)</i>	170,21
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0,2	0,11906888	0,119	99,881	
0,85	20	2,12	1,26213014	1,381	98,619	
0,425	40	7,9	4,70322081	6,084	93,916	
0,3	50	5,1	3,03625647	9,121	90,879	
0,25	60	10,2	6,07251295	15,193	84,807	
0,18	80	89,9	53,5214622	68,715	31,285	
0,15	100	20,5	12,2045603	80,919	19,081	
0,106	140	26,8	15,9552301	96,874	3,126	
0,075	200	3,65	2,17300708	99,047	0,953	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	1,6	0,95255105	100,000	0,000	
<i>Total</i>	167,97	$\delta =$	1,32%			

Tabla 107. Granulometría del perfil 3, muestra 5, quinta medición

<i>Perfil N° 3 - M5</i>					<i>Fecha: 21/05/2017</i>	
<i>Muestra húmeda</i>	200	<i>Recip + P. lav. (gr)</i>		272,2	<i>W %</i>	18,19
<i>Peso recipiente</i>	72,2	<i>Rec + P. Seco Lavado (gr)</i>		235,83	<i>P seco(gr)</i>	163,63
<i>Tamiz (mm)</i>	<i>N° de Tamiz</i>	<i>P. Retenido (gr)</i>	<i>% Retenido</i>	<i>% Retenido acumulado</i>	<i>% Que Pasa</i>	
2	10	0	0,00	0,00	100,00	
0,85	20	0,96	0,59	0,59	99,41	
0,425	40	1,4	0,86	1,45	98,55	
0,3	50	3,1	1,90	3,35	96,65	
0,25	60	8,1	4,97	8,32	91,68	
0,18	80	59,6	36,56	44,88	55,12	
0,15	100	31,1	19,08	63,96	36,04	
0,106	140	49,4	30,30	94,26	5,74	
0,075	200	8,56	5,25	99,51	0,49	
<i>Fondo</i>	<i>Fondo</i>	0,8	0,49	100,00	0,00	
<i>Total</i>	163,02	$\delta =$	0,37%			



ANEXO II - CORRECCIÓN DE PERFILES DE PLAYA.

MEDICIÓN 1

Tabla 108.Perfiles estudiados corregidos por Marea, Medición #1 - 5 de Marzo del 2017

Perfil 1	Hora Inicio:	08:30	Hora Finalización:	10:30	
	Cota Real BM:			1,195	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	1,195	1,195	45	0,710	0,710
1	1,100	1,100	46	0,745	0,745
2	1,005	1,005	47	0,810	0,810
3	0,900	0,900	48	0,875	0,875
4	0,795	0,795	49	0,875	0,875
5	0,720	0,720	50	0,875	0,875
6	0,645	0,645	51	0,900	0,900
7	0,650	0,650	52	0,925	0,925
8	0,655	0,655	53	0,920	0,920
9	0,655	0,655	54	0,915	0,915
10	0,655	0,655	55	0,920	0,920
11	0,655	0,655	56	0,925	0,925
12	0,655	0,655	57	0,920	0,920
13	0,635	0,635	58	0,915	0,915
14	0,615	0,615	59	0,885	0,885
15	0,605	0,605	60	0,855	0,855
16	0,595	0,595	61	0,795	0,795
17	0,600	0,600	62	0,735	0,735
18	0,605	0,605	63	0,720	0,720
19	0,605	0,605	64	0,705	0,705
20	0,605	0,605	65	0,685	0,685
21	0,595	0,595	66	0,665	0,665
22	0,585	0,585	67	0,655	0,655
23	0,610	0,610	68	0,645	0,645
24	0,635	0,635	69	0,635	0,635
25	0,630	0,630	70	0,625	0,625
26	0,625	0,625	71	0,560	0,560
27	0,625	0,625	72	0,495	0,495
28	0,625	0,625	73	0,430	0,430
29	0,635	0,635	74	0,365	0,365
30	0,645	0,645	75	0,305	0,305
31	0,645	0,645	76	0,245	0,245
32	0,645	0,645	77	0,190	0,190
33	0,655	0,655	78	0,135	0,135
34	0,665	0,665	79	0,040	0,120
35	0,665	0,665	80	-0,055	0,105
36	0,665	0,665	81	-0,060	0,100
37	0,665	0,665	82	-0,065	0,095
38	0,665	0,665	83	-0,160	0,000
39	0,660	0,660	84	-0,255	-0,095
40	0,655	0,655	85	-0,270	-0,110
41	0,655	0,655	86	-0,285	-0,125
42	0,655	0,655	87	-0,315	-0,155
43	0,665	0,665	88	-0,345	-0,185
44	0,675	0,675			



MEDICIÓN 2

Tabla 109.Perfiles estudiados corregidos por Marea, Medición #2 - 1 de Abril del 2017

Perfil 1	Hora Inicio:	08:30	Hora Finalización:	09:30	
	Cota Real BM:			1,195	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	1,195	1,195	45	0,760	0,760
1	1,135	1,135	46	0,765	0,765
2	1,075	1,075	47	0,780	0,780
3	0,995	0,995	48	0,795	0,795
4	0,915	0,915	49	0,815	0,815
5	0,845	0,845	50	0,835	0,835
6	0,775	0,775	51	0,885	0,885
7	0,760	0,760	52	0,935	0,935
8	0,745	0,745	53	0,960	0,960
9	0,740	0,740	54	0,985	0,985
10	0,735	0,735	55	0,995	0,995
11	0,730	0,730	56	1,005	1,005
12	0,725	0,725	57	1,030	1,030
13	0,710	0,710	58	1,055	1,055
14	0,695	0,695	59	1,060	1,060
15	0,680	0,680	60	1,065	1,065
16	0,665	0,665	61	1,035	1,035
17	0,680	0,680	62	1,005	1,005
18	0,695	0,695	63	0,900	0,900
19	0,690	0,690	64	0,795	0,795
20	0,685	0,685	65	0,785	0,785
21	0,675	0,675	66	0,775	0,775
22	0,665	0,665	67	0,770	0,770
23	0,675	0,675	68	0,765	0,765
24	0,685	0,685	69	0,715	0,715
25	0,705	0,705	70	0,665	0,665
26	0,725	0,725	71	0,650	0,650
27	0,725	0,725	72	0,635	0,635
28	0,725	0,725	73	0,620	0,620
29	0,730	0,730	74	0,605	0,605
30	0,735	0,735	75	0,560	0,560
31	0,735	0,735	76	0,515	0,515
32	0,735	0,735	77	0,450	0,450
33	0,735	0,735	78	0,385	0,385
34	0,735	0,735	79	0,320	0,320
35	0,740	0,740	80	0,255	0,255
36	0,745	0,745	81	0,195	0,233
37	0,740	0,740	82	0,135	0,211
38	0,735	0,735	83	0,065	0,189
39	0,740	0,740	84	-0,005	0,167
40	0,745	0,745	85	-0,040	0,145
41	0,740	0,740	86	-0,075	0,110
42	0,735	0,735	87	-0,105	0,080
43	0,745	0,745	88	-0,135	0,050
44	0,755	0,755			

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



Perfil 2	Hora Inicio:	09:30	Hora Finalización:	10:15	
	Cota Real BM:			0,835	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	0,835	0,835	31	0,750	0,750
1	0,790	0,790	32	0,725	0,725
2	0,745	0,745	33	0,700	0,700
3	0,755	0,755	34	0,675	0,675
4	0,765	0,765	35	0,690	0,690
5	0,770	0,770	36	0,705	0,705
6	0,775	0,775	37	0,690	0,690
7	0,770	0,770	38	0,675	0,675
8	0,765	0,765	39	0,650	0,650
9	0,770	0,770	40	0,625	0,625
10	0,775	0,775	41	0,640	0,640
11	0,800	0,800	42	0,655	0,655
12	0,825	0,825	43	0,645	0,645
13	0,800	0,800	44	0,635	0,635
14	0,775	0,775	45	0,530	0,530
15	0,780	0,780	46	0,425	0,425
16	0,785	0,785	47	0,335	0,335
17	0,800	0,800	48	0,245	0,245
18	0,815	0,815	49	0,145	0,184
19	0,810	0,810	50	0,045	0,123
20	0,805	0,805	51	-0,045	0,061
21	0,840	0,840	52	-0,135	0,000
22	0,875	0,875	53	-0,190	-0,030
23	0,915	0,915	54	-0,245	-0,085
24	0,955	0,955	55	-0,275	-0,115
25	0,900	0,900	56	-0,305	-0,145
26	0,845	0,845	57	-0,240	-0,080
27	0,875	0,875	58	-0,175	-0,015
28	0,905	0,905	59	-0,190	-0,030
29	0,840	0,840	60	-0,205	-0,045
30	0,775	0,775			

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



Perfil 3	Hora Inicio:	10:15	Hora Finalización:	11:00	
	Cota Real BM:			0,790	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	1,195	1,195	31	0,645	0,645
1	1,100	1,100	32	0,645	0,645
2	1,005	1,005	33	0,655	0,655
3	0,900	0,900	34	0,665	0,665
4	0,795	0,795	35	0,665	0,665
5	0,720	0,720	36	0,665	0,665
6	0,645	0,645	37	0,665	0,665
7	0,650	0,650	38	0,665	0,665
8	0,655	0,655	39	0,660	0,660
9	0,655	0,655	40	0,655	0,655
10	0,655	0,655	41	0,655	0,655
11	0,655	0,655	42	0,655	0,655
12	0,655	0,655	43	0,665	0,665
13	0,635	0,635	44	0,675	0,675
14	0,615	0,615	45	0,710	0,710
15	0,605	0,605	46	0,745	0,745
16	0,595	0,595	47	0,810	0,810
17	0,600	0,600	48	0,875	0,875
18	0,605	0,605	49	0,875	0,875
19	0,605	0,605	50	0,875	0,875
20	0,605	0,605	51	0,900	0,900
21	0,595	0,595	52	0,925	0,925
22	0,585	0,585	53	0,920	0,920
23	0,610	0,610	54	0,915	0,915
24	0,635	0,635	55	0,920	0,920
25	0,630	0,630	56	0,925	0,925
26	0,625	0,625	57	0,920	0,920
27	0,625	0,625	58	0,915	0,915
28	0,625	0,625	59	0,885	0,885
29	0,635	0,635	60	0,855	0,855
30	0,645	0,645			



MEDICIÓN 3

Tabla 110.Perfiles estudiados corregidos por Marea, Medición #3 - 23 de Abril del 2017

Perfil 1	Hora Inicio:	10:05	Hora Finalización:	11:30	
	Cota Real BM:			1,195	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	1,195	1,195	45	0,835	0,835
1	1,143	1,143	46	0,840	0,840
2	1,090	1,090	47	0,885	0,885
3	0,985	0,985	48	0,930	0,930
4	0,880	0,880	49	0,985	0,985
5	0,835	0,835	50	1,040	1,040
6	0,790	0,790	51	1,025	1,025
7	0,765	0,765	52	1,010	1,010
8	0,740	0,740	53	0,965	0,965
9	0,740	0,740	54	0,920	0,920
10	0,740	0,740	55	0,895	0,895
11	0,735	0,735	56	0,870	0,870
12	0,730	0,730	57	0,905	0,905
13	0,710	0,710	58	0,940	0,940
14	0,690	0,690	59	0,870	0,870
15	0,675	0,675	60	0,800	0,800
16	0,660	0,660	61	0,775	0,775
17	0,675	0,675	62	0,750	0,750
18	0,690	0,690	63	0,730	0,730
19	0,685	0,685	64	0,710	0,710
20	0,680	0,680	65	0,695	0,695
21	0,665	0,665	66	0,680	0,680
22	0,650	0,650	67	0,665	0,665
23	0,675	0,675	68	0,650	0,650
24	0,700	0,700	69	0,675	0,675
25	0,705	0,705	70	0,700	0,700
26	0,710	0,710	71	0,715	0,715
27	0,710	0,710	72	0,730	0,730
28	0,710	0,710	73	0,595	0,595
29	0,725	0,725	74	0,460	0,460
30	0,740	0,740	75	0,305	0,305
31	0,740	0,740	76	0,150	0,150
32	0,740	0,740	77	0,050	0,000
33	0,740	0,740	78	-0,050	-0,139
34	0,740	0,740	79	-0,120	-0,209
35	0,740	0,740	80	-0,190	-0,279
36	0,740	0,740	81	-0,295	-0,384
37	0,735	0,735	82	-0,400	-0,489
38	0,730	0,730	83	-0,500	-0,589
39	0,740	0,740	84	-0,600	-0,689
40	0,750	0,750	85	-0,630	-0,719
41	0,780	0,780	86	-0,660	-0,749
42	0,810	0,810	87	-0,695	-0,784
43	0,820	0,820	88	-0,730	-0,819
44	0,830	0,830			

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



Perfil 2	Hora Inicio:	11:40	Hora Finalización:	12:10	
	Cota Real BM:			0,835	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	0,835	0,835	31	0,665	0,665
1	0,780	0,780	32	0,665	0,665
2	0,725	0,725	33	0,670	0,670
3	0,740	0,740	34	0,675	0,675
4	0,755	0,755	35	0,690	0,690
5	0,755	0,755	36	0,705	0,705
6	0,755	0,755	37	0,715	0,715
7	0,755	0,755	38	0,725	0,725
8	0,755	0,755	39	0,705	0,705
9	0,740	0,740	40	0,685	0,685
10	0,725	0,725	41	0,575	0,575
11	0,725	0,725	42	0,465	0,431
12	0,725	0,725	43	0,340	0,288
13	0,750	0,750	44	0,215	0,144
14	0,775	0,775	45	0,105	0,000
15	0,840	0,840	46	-0,005	-0,094
16	0,905	0,905	47	-0,085	-0,174
17	0,935	0,935	48	-0,165	-0,254
18	0,965	0,965	49	-0,225	-0,314
19	0,945	0,945	50	-0,285	-0,374
20	0,925	0,925	51	-0,405	-0,494
21	0,840	0,840	52	-0,525	-0,614
22	0,755	0,755	53	-0,605	-0,694
23	0,735	0,735	54	-0,685	-0,774
24	0,715	0,715	55	-0,725	-0,814
25	0,710	0,710	56	-0,765	-0,854
26	0,705	0,705	57	-0,720	-0,809
27	0,690	0,690	58	-0,675	-0,764
28	0,675	0,675	59	-0,685	-0,774
29	0,670	0,670	60	-0,695	-0,784
30	0,665	0,665			

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



Perfil 3	Hora Inicio:	12:30	Hora Finalización:	13:30	
	Cota Real BM:			0,790	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	0,790	0,790	31	0,665	0,665
1	0,735	0,735	32	0,640	0,640
2	0,680	0,680	33	0,640	0,640
3	0,690	0,690	34	0,640	0,640
4	0,700	0,700	35	0,650	0,650
5	0,740	0,740	36	0,660	0,660
6	0,780	0,780	37	0,680	0,680
7	0,735	0,735	38	0,700	0,700
8	0,690	0,690	39	0,685	0,685
9	0,690	0,690	40	0,670	0,670
10	0,690	0,690	41	0,530	0,530
11	0,735	0,735	42	0,390	0,390
12	0,780	0,780	43	0,290	0,260
13	0,815	0,815	44	0,190	0,130
14	0,850	0,850	45	0,090	0,000
15	0,815	0,815	46	-0,010	-0,099
16	0,780	0,780	47	-0,090	-0,179
17	0,730	0,730	48	-0,170	-0,259
18	0,680	0,680	49	-0,220	-0,309
19	0,685	0,685	50	-0,270	-0,359
20	0,690	0,690	51	-0,320	-0,409
21	0,710	0,710	52	-0,370	-0,459
22	0,730	0,730	53	-0,495	-0,584
23	0,730	0,730	54	-0,620	-0,709
24	0,730	0,730	55	-0,590	-0,679
25	0,690	0,690	56	-0,560	-0,649
26	0,650	0,650	57	-0,600	-0,689
27	0,690	0,690	58	-0,640	-0,729
28	0,730	0,730	59	-0,675	-0,764
29	0,710	0,710	60	-0,710	-0,799
30	0,690	0,690			



MEDICIÓN 4

Tabla 111.Perfiles estudiados corregidos por Marea, Medición #4 - 7 de Mayo del 2017

Perfil 1	Hora Inicio:	08:00	Hora Finalización:	09:00	
	Cota Real BM:			1,195	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	1,195	1,195	45	0,805	0,805
1	1,135	1,135	46	0,815	0,815
2	1,075	1,075	47	0,875	0,875
3	0,970	0,970	48	0,935	0,935
4	0,865	0,865	49	0,985	0,985
5	0,820	0,820	50	1,035	1,035
6	0,775	0,775	51	1,020	1,020
7	0,755	0,755	52	1,005	1,005
8	0,735	0,735	53	0,965	0,965
9	0,725	0,725	54	0,925	0,925
10	0,715	0,715	55	0,900	0,900
11	0,715	0,715	56	0,875	0,875
12	0,715	0,715	57	0,910	0,910
13	0,695	0,695	58	0,945	0,945
14	0,675	0,675	59	0,900	0,900
15	0,670	0,670	60	0,855	0,855
16	0,665	0,665	61	0,835	0,835
17	0,670	0,670	62	0,815	0,815
18	0,675	0,675	63	0,785	0,785
19	0,670	0,670	64	0,755	0,755
20	0,665	0,665	65	0,725	0,725
21	0,660	0,660	66	0,695	0,695
22	0,655	0,655	67	0,685	0,685
23	0,670	0,670	68	0,675	0,675
24	0,685	0,685	69	0,670	0,670
25	0,685	0,685	70	0,665	0,665
26	0,685	0,685	71	0,670	0,670
27	0,690	0,690	72	0,675	0,675
28	0,695	0,695	73	0,680	0,680
29	0,700	0,700	74	0,685	0,685
30	0,705	0,705	75	0,695	0,695
31	0,715	0,715	76	0,705	0,705
32	0,725	0,725	77	0,635	0,635
33	0,725	0,725	78	0,565	0,565
34	0,725	0,725	79	0,465	0,465
35	0,725	0,725	80	0,365	0,365
36	0,725	0,725	81	0,270	0,270
37	0,720	0,720	82	0,175	0,175
38	0,715	0,715	83	-0,015	0,000
39	0,720	0,720	84	-0,205	-0,215
40	0,725	0,725	85	-0,285	-0,295
41	0,770	0,770	86	-0,365	-0,375
42	0,815	0,815	87	-0,440	-0,450
43	0,805	0,805	88	-0,515	-0,525
44	0,795	0,795			

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



Perfil 2	Hora Inicio:	09:40	Hora Finalización:	10:10	
	Cota Real BM:			0,835	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	0,835	0,835	31	0,690	0,690
1	0,778	0,778	32	0,700	0,700
2	0,720	0,720	33	0,690	0,690
3	0,730	0,730	34	0,680	0,680
4	0,740	0,740	35	0,675	0,675
5	0,740	0,740	36	0,670	0,670
6	0,740	0,740	37	0,695	0,695
7	0,750	0,750	38	0,720	0,720
8	0,760	0,760	39	0,695	0,695
9	0,750	0,750	40	0,670	0,670
10	0,740	0,740	41	0,700	0,700
11	0,735	0,735	42	0,730	0,730
12	0,730	0,730	43	0,720	0,720
13	0,725	0,725	44	0,710	0,710
14	0,720	0,720	45	0,630	0,630
15	0,720	0,720	46	0,550	0,550
16	0,720	0,720	47	0,430	0,430
17	0,745	0,745	48	0,310	0,310
18	0,770	0,770	49	0,205	0,205
19	0,855	0,855	50	0,100	0,100
20	0,940	0,940	51	0,000	0,000
21	0,945	0,945	52	-0,100	-0,110
22	0,950	0,950	53	-0,170	-0,180
23	0,915	0,915	54	-0,240	-0,250
24	0,880	0,880	55	-0,275	-0,285
25	0,825	0,825	56	-0,310	-0,320
26	0,770	0,770	57	-0,325	-0,335
27	0,755	0,755	58	-0,340	-0,350
28	0,740	0,740	59	-0,370	-0,380
29	0,710	0,710	60	-0,400	-0,410
30	0,680	0,680			

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



Perfil 3	Hora Inicio:	10:20	Hora Finalización:	11:20	
	Cota Real BM:			0,790	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	0,790	0,790	31	0,680	0,680
1	0,745	0,745	32	0,650	0,650
2	0,700	0,700	33	0,645	0,645
3	0,705	0,705	34	0,640	0,640
4	0,710	0,710	35	0,655	0,655
5	0,750	0,750	36	0,670	0,670
6	0,790	0,790	37	0,690	0,690
7	0,735	0,735	38	0,710	0,710
8	0,680	0,680	39	0,705	0,705
9	0,685	0,685	40	0,700	0,700
10	0,690	0,690	41	0,540	0,540
11	0,730	0,730	42	0,380	0,380
12	0,770	0,770	43	0,265	0,247
13	0,815	0,815	44	0,150	0,123
14	0,860	0,860	45	0,035	0,000
15	0,805	0,805	46	-0,080	-0,090
16	0,750	0,750	47	-0,180	-0,190
17	0,720	0,720	48	-0,280	-0,290
18	0,690	0,690	49	-0,345	-0,355
19	0,690	0,690	50	-0,410	-0,420
20	0,690	0,690	51	-0,460	-0,470
21	0,690	0,690	52	-0,510	-0,520
22	0,690	0,690	53	-0,635	-0,645
23	0,710	0,710	54	-0,760	-0,770
24	0,730	0,730	55	-0,830	-0,840
25	0,705	0,705	56	-0,900	-0,910
26	0,680	0,680	57	-0,855	-0,865
27	0,675	0,675	58	-0,810	-0,820
28	0,670	0,670	59	-0,760	-0,770
29	0,690	0,690	60	-0,710	-0,720
30	0,710	0,710			



MEDICIÓN 5

Tabla 112.Perfiles estudiados corregidos por Marea, Medición #5 - 21 de Mayo del 2017

Perfil 1	Hora Inicio:	08:00	Hora Finalización:	09:00	
	Cota Real BM:			1,195	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	1,195	1,195	45	0,813	0,813
1	1,135	1,135	46	0,820	0,820
2	1,075	1,075	47	0,873	0,873
3	0,970	0,970	48	0,925	0,925
4	0,865	0,865	49	0,978	0,978
5	0,820	0,820	50	1,030	1,030
6	0,775	0,775	51	1,015	1,015
7	0,753	0,753	52	1,000	1,000
8	0,730	0,730	53	0,958	0,958
9	0,725	0,725	54	0,915	0,915
10	0,720	0,720	55	0,890	0,890
11	0,718	0,718	56	0,865	0,865
12	0,715	0,715	57	0,900	0,900
13	0,695	0,695	58	0,935	0,935
14	0,675	0,675	59	0,878	0,878
15	0,665	0,665	60	0,820	0,820
16	0,655	0,655	61	0,798	0,798
17	0,665	0,665	62	0,775	0,775
18	0,675	0,675	63	0,750	0,750
19	0,670	0,670	64	0,725	0,725
20	0,665	0,665	65	0,703	0,703
21	0,655	0,655	66	0,680	0,680
22	0,645	0,645	67	0,668	0,668
23	0,665	0,665	68	0,655	0,655
24	0,685	0,685	69	0,665	0,665
25	0,688	0,688	70	0,675	0,675
26	0,690	0,690	71	0,685	0,685
27	0,693	0,693	72	0,695	0,695
28	0,695	0,695	73	0,630	0,630
29	0,705	0,705	74	0,565	0,565
30	0,715	0,715	75	0,493	0,493
31	0,720	0,720	76	0,420	0,420
32	0,725	0,725	77	0,335	0,335
33	0,725	0,725	78	0,250	0,223
34	0,725	0,725	79	0,165	0,112
35	0,725	0,725	80	0,080	0,000
36	0,725	0,725	81	-0,020	-0,080
37	0,720	0,720	82	-0,120	-0,180
38	0,715	0,715	83	-0,265	-0,325
39	0,723	0,723	84	-0,410	-0,470
40	0,730	0,730	85	-0,465	-0,525
41	0,768	0,768	86	-0,520	-0,580
42	0,805	0,805	87	-0,575	-0,635
43	0,805	0,805	88	-0,630	-0,690
44	0,805	0,805			

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



Perfil 2	Hora Inicio:	09:40	Hora Finalización:	10:10	
	Cota Real BM:			0,835	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	0,835	0,835	31	0,675	0,675
1	0,778	0,778	32	0,680	0,680
2	0,720	0,720	33	0,678	0,678
3	0,733	0,733	34	0,675	0,675
4	0,745	0,745	35	0,680	0,680
5	0,745	0,745	36	0,685	0,685
6	0,745	0,745	37	0,703	0,703
7	0,750	0,750	38	0,720	0,720
8	0,755	0,755	39	0,698	0,698
9	0,743	0,743	40	0,675	0,675
10	0,730	0,730	41	0,635	0,635
11	0,728	0,728	42	0,595	0,595
12	0,725	0,725	43	0,528	0,528
13	0,735	0,735	44	0,460	0,460
14	0,745	0,745	45	0,365	0,365
15	0,778	0,778	46	0,270	0,243
16	0,810	0,810	47	0,170	0,122
17	0,838	0,838	48	0,070	0,000
18	0,865	0,865	49	-0,013	-0,073
19	0,898	0,898	50	-0,095	-0,155
20	0,930	0,930	51	-0,205	-0,265
21	0,890	0,890	52	-0,315	-0,375
22	0,850	0,850	53	-0,390	-0,450
23	0,823	0,823	54	-0,465	-0,525
24	0,795	0,795	55	-0,503	-0,563
25	0,765	0,765	56	-0,540	-0,600
26	0,735	0,735	57	-0,525	-0,585
27	0,720	0,720	58	-0,510	-0,570
28	0,705	0,705	59	-0,530	-0,590
29	0,688	0,688	60	-0,550	-0,610
30	0,670	0,670			

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA Y CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA COSTERA DE MANZANILLO DEL MAR EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



Perfil 3	Hora Inicio:	10:20	Hora Finalización:	11:20	
	Cota Real BM:			0,790	
Abscisa	Cota Real	Cota Corregida	Abscisa	Cota Real	Cota Corregida
0	0,790	0,790	31	0,673	0,673
1	0,740	0,740	32	0,645	0,645
2	0,690	0,690	33	0,643	0,643
3	0,698	0,698	34	0,640	0,640
4	0,705	0,705	35	0,653	0,653
5	0,745	0,745	36	0,665	0,665
6	0,785	0,785	37	0,685	0,685
7	0,735	0,735	38	0,705	0,705
8	0,685	0,685	39	0,695	0,695
9	0,688	0,688	40	0,685	0,685
10	0,690	0,690	41	0,535	0,535
11	0,733	0,733	42	0,385	0,385
12	0,775	0,775	43	0,278	0,278
13	0,815	0,815	44	0,170	0,170
14	0,855	0,855	45	0,063	0,000
15	0,810	0,810	46	-0,045	-0,105
16	0,765	0,765	47	-0,135	-0,195
17	0,725	0,725	48	-0,225	-0,285
18	0,685	0,685	49	-0,283	-0,343
19	0,688	0,688	50	-0,340	-0,400
20	0,690	0,690	51	-0,390	-0,450
21	0,700	0,700	52	-0,440	-0,500
22	0,710	0,710	53	-0,565	-0,625
23	0,720	0,720	54	-0,690	-0,750
24	0,730	0,730	55	-0,805	-0,865
25	0,698	0,698	56	-0,920	-0,980
26	0,665	0,665	57	-0,860	-0,920
27	0,683	0,683	58	-0,800	-0,860
28	0,700	0,700	59	-0,755	-0,815
29	0,700	0,700	60	-0,710	-0,770
30	0,700	0,700			



ANEXO III- CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA.

Tabla 113. Promedio de D50 (mm) de las muestras sumergidas por perfil y por medición.

	PERFIL 1		PERFIL 2		PERFIL 3	
	M4	M5	M4	M5	M4	M5
MEDICIÓN #1 05/03/2017	0,209	0,216	-	-	-	-
MEDICIÓN #2 01/04/2017	0,202	0,206	0,192	0,194	0,203	0,200
MEDICIÓN #3 23/04/2017	0,201	0,141	0,200	0,143	0,207	0,144
MEDICIÓN #4 07/05/2017	0,165	0,158	0,169	0,137	0,162	0,142
MEDICIÓN #5 21/05/2017	0,187	0,179	0,190	0,197	0,226	0,172
PROMEDIO	0,193	0,180	0,188	0,168	0,199	0,164
PROMEDIO M. SUMERGIDA	0,186		0,178		0,182	



ANEXO IV- AJUSTE POR DEAN

Tabla 114. Perfil de equilibrio de Dean del perfil 1.

PERFIL 1	
ABSCISA	COTA
0	0,000
1	-0,081
2	-0,129
3	-0,169
4	-0,205
5	-0,238
6	-0,269
7	-0,298
8	-0,326
9	-0,352
10	-0,378
11	-0,403
12	-0,427
13	-0,450
14	-0,473
15	-0,495

Tabla 115. Perfil de equilibrio de Dean del perfil 2.

PERFIL 2	
ABSCISA	COTA
0	0,000
1	-0,079
2	-0,125
3	-0,164
4	-0,198
5	-0,230
6	-0,260
7	-0,288
8	-0,315
9	-0,340
10	-0,365
11	-0,389
12	-0,412
13	-0,435
14	-0,457
15	-0,478

Tabla 116. Perfil de equilibrio de Dean del perfil 3.

PERFIL 3	
ABSCISA	COTA
0	0,000
1	-0,080
2	-0,127
3	-0,166
4	-0,201
5	-0,234
6	-0,264
7	-0,293
8	-0,320
9	-0,346
10	-0,371
11	-0,395
12	-0,419
13	-0,442
14	-0,464
15	-0,486