2017

EVALUACION DEL EFECTO DE LAS ESTRUCTURAS COSTERAS, CONSTRUIDAS EN CRESPO, SOBRE LA LINEA DE COSTA PROXIMA AL BARRIO EL CABRERO

Devia Ochoa Laura M.

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ESTRUCTURAS COSTERAS, CONSTRUIDAS EN CRESPO, SOBRE LA LÍNEA DE COSTA PRÓXIMA AL BARRIO EL CABRERO

DEVIA OCHOA LAURA MARCELA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL.

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA.

FACULTAD DE INGENIERÍA.

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL.

CARTAGENA D. T y C. - BOLÍVAR.

2017

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ESTRUCTURAS COSTERAS, CONSTRUIDAS EN CRESPO, SOBRE LA LÍNEA DE COSTA PRÓXIMA AL BARRIO EL CABRERO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN:

MANEJO HIDRÁULICO Y MANEJO AMBIENTAL DE LA ZONA COSTERA, (GIHMAC)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

MANEJO HIDRAULICOY AMBIENTAL DE ZONAS COSTERAS

DIRECTOR:

DALIA MORENO EGEL

Ingeniera Civil, Magister en Recursos Hídricos

INVESTIGADOR PRINCIPAL:

LAURA MARCELA DEVIA OCHOA

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

CARTAGENA DE INDIAS D. T y C.

2017

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 10

ABSTRACT 11

1. INTRODUCCION 12

2. MARCO REFERENCIAL 14

ESTADO DEL ARTE 21

MARCO TEORICO 24

2.2. Perfil de equilibrio 27

2.3. Tipología de playa de acuerdo al estado morfodinámico 29

2.4. Estado modal de una playa 31

2.5. Causas de erosión en costas 32

2.6. Análisis de Sedimentos 33

3. OBJETIVOS 38

3.1. OBJETIVO GENERAL 38

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 38

4. ALCANCE 39

5. METODOLOGIA 41

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 43

5.2. TRABAJO DE CAMPO 44

5.2.2. Ensayo de laboratorio 48

5.3. METODOLOGIA DE ANALISIS DE DATOS 49

5.3.1. Procesamiento de datos 49

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 51

6.1. ANALISIS SEDIMENTOLOGICO 51

6.2. VARIACIÓN DE LA LINEA DE COSTA 65

6.3. ANALISIS DE LOS PERFILES 70

6.4. CLASIFICACION GEOMORFOLOGICA 76

7. CONCLUSIONES 78

8. RECOMENDACIONES 81

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 82

ANEXOS 87

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Terminología de la zona costera para describir los procesos de olas y corrientes en la zona de oleaje..... 25

Figura 2. Terminología utilizada para describir el perfil de la playa. (Modificado de US Army 2002, CEM)..... 26

Figura 3. Comparación entre perfil de playa con condición de calma y condición de tormenta..... 27

Figura 4. Boceto de la definición de perfil de playa en equilibrio según Dean 1977 29

Figura 5. Playa disipativa 30

Figura 6. Playas Reflejantes 31

Figura 7. Causas de la erosión costera..... 33

Figura 8. Ubicación de la zona de estudio..... 39

Figura 9. Diagrama de flujo de la metodología para el desarrollo del estudio 42

Figura 10. Ubicación Geográfica de Cartagena y zona de estudio 43

Figura 11. Mediciones en Campo..... 46

Figura 12. Lecturas con el nivel de precisión..... 46

Figura 13. Formato de recopilación de datos de medición..... 47

Figura 14. Formato para ensayo Granulométrico..... 48

Figura 15. Análisis Granulométrico 49

Figura 16. Comparación Granulométrica de muestras zona seca para cada jornada de medición..... 55

Figura 17. Comparación Granulométrica de muestras línea de costa para cada jornada de medición..... 56

Figura 18. Comparación Granulométrica de muestras zona mojada para cada jornada de medición..... 57

Figura 19. Comparación Granulométrica de muestras zona seca para cada jornada de medición..... 61

Figura 20. Comparación Granulométrica de muestras línea de costa para cada jornada de medición..... 62

Figura 21. Comparación Granulométrica de muestras zona mojada para cada jornada de medición..... 63

Figura 22. Visualización de la variación de la línea para el perfil 17 y 17-A en distintos años..... 66

Figura 23. Variación de la línea de costa en el perfil 17..... 68

Figura 24. Variación en la línea de costa del perfil 17. Año 2012..... 68

Figura 25. Variación de la línea de costa en el perfil 17-A..... 70

Figura 26. Superposición de mediciones para el perfil 17..... 71

Figura 27. Comparación del perfil promedio con el perfil de equilibrio de Dean (Perfil 17)..... 72

Figura 28. Datos promedio para el perfil 17 en años anteriores..... 73

Figura 29. Superposición de las mediciones para el perfil 17-A..... 74

Figura 30. Comparación del perfil promedio con el perfil de equilibrio de Dean (Perfil 17-A). 75

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distintas Clasificaciones segun el tamaño de sedimento 35

Tabla 2: Medidas Descriptivas del Sedimento 37

Tabla 3: Localización geográfica aproximada de los perfiles 44

Tabla 4: Valores del D_{50} en las diferentes zonas para las diferentes fechas de medición para el perfil 17. 52

Tabla 5: Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la playa seca (S1) en el perfil 17 para las diferentes mediciones 52

Tabla 6: Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la línea de costa (LC) en el perfil 17 para las diferentes mediciones 53

Tabla 7: Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la playa sumergida (M1) en el perfil 17 para las diferentes mediciones 53

Tabla 8: Valores del D_{50} en las diferentes zonas para las diferentes fechas de medición para el perfil 17-A 58

Tabla 9: Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la playa seca (S1) en el perfil 17-A para las diferentes mediciones 59

Tabla 10: Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la línea de costa (LC) en el perfil 17-A para las diferentes mediciones 59

Tabla 11: Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la playa sumergida (M1) en el perfil 17-A para las diferentes mediciones 60

Tabla 12: Parámetros representativos promedio (mm) para los perfiles 17 y 17-A 64

Tabla 13: Parámetros sedimentológicos del perfil 17 de estudios en años anteriores 65

Tabla 14: Distancia de la línea de costa al BM en el perfil17 para cada jornada de medición..... 67

Tabla 15: Distancia de la línea de costa al BM para el perfil 17-A en cada jornada de medición..... 69

Tabla 16: Parámetro Omega **Ω** y Número de Iribarren a la rotura para el caso descrito.... 77

Tabla 17: Parámetro Omega **Ω** y Número de Iribarren a la rotura para el caso descrito.... 77

RESUMEN

En este trabajo se determinó la estabilidad de la línea de costa perteneciente a una playa cercana al barrio El Cabrero, luego de la implementación de estructuras costeras en el sector de Crespo, mediante el análisis de perfiles de playa. Se llevaron a cabo mediciones semanales en la zona entre el 24 de abril y el 27 de Mayo de 2016, en lapsos de 8 a 15 días, se procedió a realizar el levantamiento de los perfiles, ubicando un BM ya existente (Perfil 17) y ubicando un nuevo perfil próximo a este (Perfil 17-A), posteriormente se hicieron recolecciones de muestras de arena en diferentes puntos para determinar el tamaño medio (D50) de las partículas del sedimento marino, se calculó el parámetro omega de Dean para clasificar y definir la tipología de la playa y se halló el perfil de equilibrio promedio de Dean en la zona sumergida para definir si se presentaban procesos de erosión o acreción, deduciendo el avance o retroceso de la línea de costa. Para lo anterior la playa mostró un retroceso de la línea de costa de aproximadamente 20 metros para la playa acompañado de un proceso de erosión para la zona sumergida. El sector de playa estudiado presento un estado modal intermedio ($1 < \Omega < 6$) para oleajes que se aproximan a la costa en dirección Norte (N) y Noroeste (NW) y con altura a la rotura (Hb) entre 0.8 m y 1.32 m, para periodos (Ts) entre 6.75 y 7.5 segundos; tal estado corresponde a Barra Rítmicas, RBB, de acuerdo con la morfología de los perfiles. El sedimento recolectado oscila entre arena fina y media, según la ASTM. Se encontró un grano de arena más gruesa en la línea de costa de aproximadamente 0.253 mm; en la zona seca, de 0.230 mm; y en la zona mojada, de 0.22 mm, el menor tamaño. Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con lo descrito en estudios anteriores para perfiles en la zona de estudio.

Por lo anterior se determinó que esta línea de costa refleja la fuerte erosión de esta playa, lo que aumenta la amenaza de que debido a esto la playa en cuestión desaparezca. Se sugiere, entonces, trabajos y atención vital y oportuna sobre esta zona de estudio.

ABSTRACT

In this work, the stability of the coastline belonging to a beach near the neighborhood of El Cabrero was determined after the implementation of coastal structures in the Crespo sector, by means of the analysis of beach profiles. Weekly measurements were carried out in the area between April 24 and May 27, 2016, in periods of 8 to 15 days, the profiles were surveyed, placing an existing BM (Profile 17) and (Profile 17-A), subsequent sampling of sand samples at different points was made to determine the mean (D50) of the sediment particles, the Dean's omega parameter was calculated to classify and Define the typology of the beach and found the average equilibrium profile in the wet zone to determine if there are erosion or accretion processes, deducting the advance or retreat of the coastline. For this, a regression of the coastline for the beach accompanied by an erosion process for the submerged area. The studied beach sector presented an intermediate modal state ($1 < \Omega < 6$) for waves approaching the coast in the North (N) and Northwest (NW) directions and with a breaking height (Hb) between 0.8 m and 1.32 m , For periods (Ts) between 6.75 and 7.5 seconds; Such state corresponds to Bar Rhythms, RBB, according to the morphology of the profiles. The sediment collected along oscillates between fine and medium sand, according to ASTM. A coarser sand grain was found at the coastline of approximately 0.253 mm; In the dry zone, 0.2303 mm; And in the wet zone, 0.2223 mm, the smallest size. The results obtained in this study agree with what was described for the study profile in previous studies.

Therefore, it was determined that this coastline reflects the strong erosion of this beach, which increases the threat that due to this the beach in question disappears. It is suggested, then, work and vital and timely attention on this area of study.

1.INTRODUCCION

Los procesos erosivos son el común denominador si se hace referencia a las problemáticas de gran impacto en zonas próximas a costas, más aún si se tiene en cuenta que afectan a casi el 80% de la población mundial, según datos de las Naciones Unidas (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente , 2004)

Colombia no es la excepción, un claro ejemplo es la situación que se presenta en la región Caribe, donde la disminución progresiva de las playas se agrava. Cartagena, debido a su ubicación insular padece de este fenómeno; los problemas erosivos, de retroceso en líneas de costa y de transporte de sedimentos, no han sido ajenos a esta comunidad. De manera puntual, la zona de playas cercana al barrio el Cabrero demanda una atención constante, lo que impulsó a que en años anteriores se hicieran estudios para el seguimiento de la línea de costa y la dinámica de la playa en general.

Mundialmente países como Holanda, Australia y España son reconocidas por su interés en ganarle la batalla al mar. Trabajos como los de Wright & Short (1984), Medina, Lozada & Vidal (1995), Larson, Capobianco, & Hanson, (2000), Tood, Walton, & Dean, (2007) Baptista et al, (2013), Splinter et al (2014), reflejan el interés de la investigación y la importancia del seguimiento periódico a los perfiles de playa en franjas litorales.

La Universidad de Cartagena ha realizado seguimiento de la dinámica morfológica y de la línea de costa en esta zona de Cartagena en conjunto con el Grupo de Investigación de Hidráulica Marítima y Costera GIHMAC, existen datos de los años 2002, 2005, 2009 y 2012 por ultimo, lo que muestra el interés y la preocupación constantes por analizar los cambios en esta zona específica, pero también implica la necesidad de actualizar los estudios para las condiciones actuales de esta franja litoral.

No obstante, aunque sobre este lugar existe amplia información, se justificaba la realización del presente estudio puesto que luego de la construcción de las estructuras costeras del Malecón de Crespo para proteger el túnel, no se había realizado ningún diagnostico post-intervención, dado que los resultados de los antecedentes puntualmente mencionados no

aplican debido al cambio de las condiciones naturales del sitio. Es así como surgieron los interrogantes: ¿ha aumentado la erosión en el sector de estudio?, ¿se ha desplazado la línea de costa?, ¿ha variado la pendiente de los perfiles de playa?, ¿ha variado la granulometría debido a las intervenciones realizadas en zonas próximas?, ¿esta playa está en equilibrio?, ¿ha variado la tipología de esta playa? Se procedió entonces a realizar el presente estudio por medio de la medición periódica de dos perfiles de playa en el sitio de estudio (playa próxima al barrio el Cabrero, deriva debajo de las nuevas estructuras) y responder de esta manera los interrogantes anteriores, logrando así determinar, con el análisis de los resultados, las condiciones actuales de la zona. La playa mostró un retroceso de la línea de costa acompañado de un marcado proceso de erosión para la zona sumergida. El sedimento se clasificó entre arena fina y media, según la ASTM, variando el tamaño de arena entre 0.253mm, en la zona seca, y 0.222 mm en la zona sumergida. El estado modal de la playa de acuerdo con el parámetro Ω, para la época de las mediciones, corresponde a playa intermedio de Barra Rítmica, RBB, de acuerdo con la morfología de los perfiles.

El presente trabajo investigativo logra actualizar los datos y características propias de la playa en cuestión, puesto que desde 2012 no se llevaban a cabo investigaciones ni análisis de parámetros sedimentológicos de ningún tipo en esta zona; por lo anterior, al hacer este estudio, se pudo dar respuesta veraz y concluyente a cada uno de los interrogantes planteados anteriormente y con esta información se podrían generar reacciones justas y necesarias para la conservación de esta playa.

Este estudio da inicio a un seguimiento que podría ser periódico y oportuno, para este sector de playa para conocer su comportamiento en el tiempo y es precedente para estudios diagnósticos sobre zonas que estén próximas a intervenciones antrópicas y cambios de sus condiciones naturales, como ha ocurrido en esta zona del barrio Crespo.

2.MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se relacionaron los trabajos relacionados con la presente investigación y que se clasifican como antecedentes de esta.

2.1.

La geomorfología marítima es extremadamente sensible y cambiante. Debido a esto en zonas costeras del mundo se ha hecho pertinente el seguimiento de las variaciones a nivel erosivo que en sus playas se presentan, en su mayoría con la medición periódica de perfiles de playa. Dentro de los antecedentes internacionales en esta temática se encuentran los siguientes:

- Wright & Short, en 1984 presentaron los resultados obtenidos del estudio de varias playas australianas entre 1979 y 1982 concluyendo que dependiendo de las condiciones ambientales locales, el tamaño del sedimento y las condiciones del oleaje antecedente, las playas y la zona de rompientes pueden encontrarse en estado disipativo, reflectivo o en cuatro estados intermedios. Debido al efecto de las olas, a diferentes modos y velocidades de movimiento del fluido (las olas sub-armónicas e infra-gravitacionales y de borde), la circulación neta en la zona de rompientes y las corrientes cerca del fondo, el transporte de sedimentos varía con el estado modal de la playa. El estado modal de la playa cambia con los cambios en la rotura del oleaje, y los procesos hidrodinámicos también cambian permitiendo cambios en el régimen morfodinámico, los que son hasta cierto grado dependientes del oleaje de mar profundo y de las características de la plataforma continental. El estado modal de una playa (estado más recurrente) representa una respuesta a la característica modal del oleaje de rotura y a las características del sedimento El tiempo requerido para que la playa y la zona de rotura evolucionen de un estado de equilibrio al otro, será proporcional a la masa de sedimento necesaria para ser distribuida e inversamente proporcional a la energía en la zona. La movilidad de la playa en estados intermedios será mayor que en los estados disipativo y reflectivo. Los estados intermedios se identifican para valores del parámetro omega (Ω) (velocidad de caída

adimensional del grano) mayores que 1 y menores que 6 ($1< \Omega <6$), estando las disipativas en promedio para valores de Ω mayores que 6. Los anteriores estudios y conceptos determinados por los autores serán base para la interpretación de los resultados del presente trabajo de grado, datos como la clasificación de las playas y el análisis de sedimentos, resultan cruciales en el momento de hacer conclusiones sobre las características de una playa . (Wright & Short, 1984)

- En 1995 se estudia la variación de perfiles de playa en las costas españolas del Puntal, Castilla, Plencia-Gorliz y Santamarina. El análisis se efectuó con base en datos medidos en diferentes playas del litoral español como por ejemplo, perfiles de playa, muestras de arena para posterior análisis granulométrico por cada perfil e interpretación de imágenes en planta. Se encontraron relaciones entre la profundidad de cierre del perfil y la altura de la ola, también que la distribución de tamaño del grano de arena varía a lo largo del perfil de playa, presentándose los mayores valores cerca de la barra de rompiente del perfil, disminuyendo el tamaño a ambos lados de la barra para playas de arena media a fina y expuestas al oleaje. Sin embargo, se encontró que en las playas colgadas estas características no se mantienen dependiendo de la profundidad donde se encuentra la restricción al desplazamiento de la arena. Se encontraron los siguientes tipos de playa características y usuales en el litoral español: playa de perfil de arena completo, playa de perfil de arena que intersecta al lecho rocoso, playa con segregación de material (finos/gruesos) a lo largo del perfil y playa en concha donde existe una fuerte interacción planta-perfil. También se concluye que los modelos de perfil de playa que no tienen en cuenta la clasificación del tamaño del sedimento se consideran deficiente. Este estudio recalcó la importancia del análisis sedimentológico para la determinación de características propias de la playa, como es el caso del tipo de rotura de oleaje, lo que justifica el análisis de este aspecto en el presente trabajo de grado (Medina, Losada, Lozada, & Vidal , 1995).

- En 2002 se publica un estudio consistente en realizar mediciones de perfiles antes, durante y después de la implementación de estructuras de protección en la marina, en el marco de la ejecución del proyecto Escalera Náutica en Santa Rosaliita, Baja California. Este estudio fue incentivado por el instituto de Investigaciones Oceanologicas de la Universidad Autónoma de Baja California y encabezado por el Dr., Asdrúbal Martínez Díaz de León y se determinó un aumento en el nivel del perfil después del proyecto con respecto a las mediciones iniciales, aunque al no contar con un ciclo estacional completo de mediciones no se pudo afirmar de forma incuestionable la responsabilidad de las estructuras en este aumento, sin embargo al remitirse a los registros históricos del nivel máximo de playas, se refleja un incremento de nivel después de la implementación de las estructuras. Este es un precedente importante para el presente trabajo de grado, puesto que aporta información bastante concordante con nuestro estudio. El análisis de una playa luego de intervenciones antrópicas resulta vital en la determinación de alteraciones en su comportamiento, y de los efectos colaterales de dicha intervención, como es el caso del Malecón de Crespo, ya sea por la mala ejecución de la obra, o por la obra en sí (Martínez Díaz & BIOPESCA, 2002).

- En 2003 se publica en Paraná, Brasil en estudio, haciéndole seguimiento a las playas por medio de mediciones en 14 perfiles entre 1999 y 2000 encontrando que el comportamiento durante esta observación es variado, dependiente de la proximidad de las playas a las zonas con alta influencia de marea; mostrando en la zona sur de Caiobá, fuerte presencia del flujo de mareas asociadas a frentes fríos, y la zona sur muestra más estabilidad al no mostrar variación significativa en la medición de sus perfiles. Aunque las condiciones de marea en Cartagena no son las mismas, el estudio ofrece orientación sobre los posibles comportamientos en un perfil por acciones climáticas, que para el caso local podría deberse a lluvias, huracanes o frentes frios próximo (estos muy poco probables en Cartagena), condiciones que podrían presentarse con menor

intensidad para la ciudad pero que generan un efecto en la configuración habitual del perfil (Bessa Jr & Angulo, 2003)

- En el 2007 se miden perfiles de playa bajo distintas condiciones del clima, seguido de tormentas o acción representativa de viento y tomando muestras de sedimento, evaluando la variabilidad espacial y temporal de los perfiles de playa en la costa de Phanhandle (Florida), resultando que la medición de parámetros debe considerar las condiciones climáticas, dado que al medir perfiles después de tormentas o después de la regeneración contigua de playas, se pueden presentar valores altos en los parámetros, sin que esto represente riesgo de desplazamiento de línea de costa. El anterior aporte es fundamental, dado la variación de las condiciones en las jornadas de medición realizadas en el presente estudio, ya que estuvieron influenciadas por lluvias matutinas fuertes sin ser época invernal, que afectaron los parámetros normales alejándose de la media (Tood, Walton, & Dean, 2007).

Estos estudios indican que las características, las condiciones de viento, oleaje, marea y sedimentos de cada uno de los sitios de estudio inciden y se reflejan directamente en el comportamiento de la playa y en los cambios de la línea de costa y por ello es importante el seguimiento a largo plazo para constatar si realmente hay variaciones considerables en estos parámetros.

El país y en especial la Zona Norte colombiana han sido constantes en los estudios correspondientes al seguimiento de la línea de costa, la erosión costera e impactos antrópicos sobre las playas y dentro de esta temática a nivel nacional y local están como antecedente los siguientes trabajos:

- En el año 1981 se realizó uno de los primeros estudios referidos a erosión en la ciudad de Cartagena de Indias, por Patrick Leuseur y Georges Vernette, que buscaba relaciones entre las características sedimentológicas de las playas del sector de Bocagrande y Manzanillo, para, a partir de su análisis,

descartar o corroborar la incidencia directa de las obras de protección construidas en Bocagrande, con los problemas de erosión de la zona de playa Manzanillo, por medio del análisis de vientos, oleaje y mareas, y análisis sedimentológicos, determinando finalmente que las arenas de estos sectores son de tipos muy distintos (arena gris cuarcitíca y bien clasificada en Bocagrande y arena calcárea en Manzanillo) ampliando la probabilidad de no existencia de relación directa de estas obras de defensa en el problema erosivo en Manzanillo. Este estudio abre a consideración, como en el actual, la incidencia de la construcción de estructuras de protección marítima, en la erosión de zonas de playas y perfiles cercanos, pero para Manzanillo se evidenció que no corresponde a la zona de incidencia de las obras realizadas en Bocagrande. Lo anterior promueve a reevaluar siempre el alcance de los efectos colaterales de las estructuras costeras (Vernette, Leuseur, & Georges, 1981)

- En 2002 se analizó la variación de la línea de costa del sector comprendido desde la curva de Santo Domingo hasta el Centro Recreacional Comfenalco (hoy Hotel Corales de Indias). Se hicieron levantamiento topográficos, planímetricos y batimétricos, se tomaron muestras de arena para el análisis de sedimentos, se realizó modelación matemática con el programa GENESIS, para pronosticar variaciones partiendo de las líneas de costa del año 1985 y 2001, concluyendo que hay poca variación en la geomorfología litoral y en el desplazamiento de la línea de costa a la fecha de realización del estudio y se muestra el perfil 17 local (a analizar) como un perfil tendiente a la erosión. Este estudio aportó al presente trabajo de grado información, básica y necesaria para realizar comparaciones entre los parámetros y condiciones del año 2002 y el presente año 2016, tanto en granulometría, como en la evaluación de la condición de equilibrio (Agamez Anillo & Maza Tabares, 2002).

- En 2003 desde el centro histórico hasta Punta Icacos (norte de la Boca de la Boquilla), se realizaron monitoreos mensuales y bimestrales de las playas al sur y al norte de las estructuras de la Bocana mediante el levantamiento altimétrico de perfiles separados cada 20 metros en sentido sur norte paralelos al espolón norte de La Bocana desde septiembre de 2001 hasta enero de 2003. Los perfiles se levantaron con estación total, nivel de precisión, mira milimétrica y cinta, desde la berma de la playa hasta una profundidad aproximada de 1.8 m y se interpolaron cada metro; el clima de oleaje se analizó utilizando el modelo RCP WAVE determinando que las estructuras de la bocana produjeron cambios en la línea de costa, siendo la parte norte más afectada por el crecimiento rápido de la playa seca (movimiento de línea de costa) al superar el estimado y simulado antes de implementarse las estructuras; hacia la parte sur el retroceso es moderado, con tendencia a la erosión; las pendientes de los perfiles disminuyeron de sur a norte hasta llegar a la boca de la Boquilla y a partir de allí incrementan hasta llegar a Punta Icacos (extremo Norte). Este estudio mostró la tendencia erosiva de las playas de la zona norte (zona de estudio actual), lo cual es concordante con los resultados obtenidos en este trabajo de grado. Esta información ayuda a que las conclusiones actuales no se tomen como resultados inesperados. (Moreno , Huertas, Castillo, & Castro , 2003).
- Simultáneamente se identificaron 34 perfiles a lo largo de todas las playas de Cartagena, caracterizando la morfología e identificando la dinámica de comportamiento de los perfiles por acción del clima, oleaje, y la interacción con las estructuras de protección en las playas. Se realizaron las mediciones entre agosto de 2001 y enero de 2002 con intervalos de 4 a 3 meses. La información proporcionada por este estudio y los precedentes, se convirtió en el punto de partida, para la recolección de información secundaria, y determinación de la ubicación del BM en estudio en el trabajo actual (Moreno, Agamez, Castro, & Voulgaris, 2003).

- En 2005 en el sector de Punta Santo Domingo hasta la playa sur de La Bocana, se hicieron levantamientos topográficos y batimétricos, análisis granulométrico y mediciones de corriente, obteniendo una clasificación geomorfológica y analizando las variaciones espacio- tiempo de las playas encontrando perfiles lineales tendientes a cóncavos; al analizar las pendientes se evidencia un proceso de transporte de sedimentos, dado en tiempos invernales, y se finaliza el estudio sugiriendo la construcción de obras civiles para estabilización de las costas y evitar erosión futura. Asimismo arrojó datos que sugieren erosión en la zona de estudio, que es el principal aspecto a evaluar en el presente trabajo (Aguilar & Jimenez, 2005).
- Paralelo a este estudio, se realizó un trabajo de grado que clasificó el perfil comprendido entre Castillogrande y Laguito como disipativo, midiendo la dirección de oleaje, periodos, medición de tamaño de sedimentos y alturas. Este estudio es una gran fuente de información para cualquier otro estudio o toma de decisiones en relación a esta zona, puesto que se describe con gran detalle sus características, clasificación y variabilidad y define la tendencia de algunas playas de Cartagena a la clasificación de tipo disipativa, como es uno de los casos que s determino para el estudio actual (Lamadrid, 2005).
- En 2009 se caracterizaron los perfiles de playa en tres sectores de Cartagena: Bocagrande, Marbella- Cabrero y La Boquilla cerca de la Bocana por medio de levantamientos topográficos y se calcularon parámetros físicos como el tamaño de sedimento, pendientes y perfil de equilibrio durante la época de lluvias, determinando que en la Boquilla se presentaron barras y corrientes fuertes para el estado de playa intermedia , se compararon con mediciones anteriores al estudio y se encontró que hubo variación en los anchos de playa de dos sectores de la ciudad y en Marbella hubo retroceso del ancho de la playa (Berdugo & Diaz, 2009).
- También en 2009 se realizó un estudio que contempló la boca del Laguito como entrada costera, mediante la realización de perfiles transversales y

longitudinales, y estudio de sedimentos; arrojando como recomendación el dragado continuo de esa zona, al ser tendiente a la sedimentación, se utilizó la misma metodología para el levantamiento de perfiles y clasificación de la playa (Maza Gonzales, 2009). Aunque no se evaluó la zona de estudio actual, sirvió como guía en la metodología para el levantamiento topográfico de perfiles, y para los parámetros y criterios de clasificación de la playa.

- En 2012 se analizó el cambio de la línea de costa en las Islas del Rosario Cartagena por medio de imágenes satelitales y fotografías aéreas de 1954 a 2011 determinando que existe una relación inversa entre el tamaño de la isla y la magnitud de la erosión y donde sus costas han perdido entre 8% y 48% del territorio por efectos de la erosión. Para el presente trabajo la evaluación de imágenes satelitales se convirtió en un parámetro primordial para las conclusiones del estudio. (Restrepo , Otero, Casas, Henao , & Gutierrez, 2012)

Los estudios citados anteriormente, relacionados con las Playas de Marbella, hechos sobre la misma zona de estudio de esta investigación, aportaron resultados importantes sobre la clasificación de la playa, el tamaño del sedimento y el tipo de perfiles de playa de ese sector. Sin embargo, con la construcción de las nuevas estructuras costeras para la protección del Túnel de Crespo, los perfiles de playa que existieron para los trabajos de seguimiento realizados en esa zona, desaparecieron quedando solo uno, por lo que se instaló uno nuevo y se procedió a hacer el análisis de estos para determinar las condiciones actuales en la zona de estudio

ESTADO DEL ARTE

Entre las últimas investigaciones internacionales hechas sobre esta temática, se resaltan los siguientes trabajos realizados local e internacionalmente, algunos de estos publicados por el Journal Coastal Engineering:

- En 2011 la Agencia Española para la Cooperación Internacional y el Desarrollo AECID, en colaboración con la Universidad de Cantabria de España, La Universidad Nacional y la Universidad de Cartagena, comienzan a ejecutar el proyecto HORUS monitoreando en tiempo real y de manera constante el comportamiento de un sector de las playas de Bocagrande, cercano al Espolón Iribarren contando con 4 cámaras de monitoreo ubicadas en la parte alta de un edificio a la entrada del barrio El Laguito. Además mide la distribución y flujo de turistas en la playa, los cambios de la línea de costa y las olas estacionales, demostrando ser otro método práctico para el seguimiento de cambios en la línea de costa. Esta metodología de contraste satelital, sirvió como guía en el momento de realizar la visualización de la variación de la línea de costa por medio de imágenes satelitales de distintos años para la zona de estudio (Osorio, 2011)
- En 2012 y realizado por Juan Camilo Restrepo, Luís Otero, Alejandra Catalina Casas, Alejandro Henao y Julio Gutiérrez este estudio tomo imágenes aéreas y de satélite para evaluar las variaciones en el Archipiélago de las Islas del Rosario y los procesos morfológicos cambiantes, observándose así el desequilibrio morfológico del sistema insular. Se determinó el porcentaje de territorio perdido de las islas debido a procesos erosivos (Isla Grande 6,7%; Isla del Rosario 8,2% e Isla del Tesoro 48,7%). De esta forma se refleja que existe una relación inversa entre el tamaño de la isla y la magnitud de la erosión. Debido al oleaje continuo y el aumento del nivel del mar estas costas están erosionadas en un 85% producto de 50 años de exposición; las intervenciones antrópicas han resultado en cierta forma efectivas al haber causado cambios importantes en la costa (Restrepo , Otero, Casas, Henao , & Gutierrez, 2012). Este artículo sugiere la construcción de estructuras

de protección y trabajos de recuperación costera, como forma de combatir la erosión en las playas; esta se muestra también como una de las recomendaciones para aminorar el fenómeno erosivo en la zona de estudio actual y contraatacar los efectos producidos por las estructuras de Malecón de Crespo.

- En 2012 se hizo seguimiento a perfiles de playa y comparándolos con resultados de estudios anteriores realizados en Marbella. Se determinó la granulometría y la disposición de sedimentos sobre el perfil, se analizó el comportamiento de la línea de costa y se clasificó la playa para las distintas fechas de medición, determinando que la playa es de tipo disipativa con tendencia a la acumulación de sedimento en la época de fuertes vientos. Los resultados de este estudio fueron fundamentales para la comparación de las condiciones y conclusiones actuales con las dadas en 2012, igualmente sentó gran influencia en la metodología de trabajo usada para el estudio actual (Bonfante & Avendaño, 2012).
- En 2014 en la zona de la Boquilla se realizó un estudio que evaluó el estado modal y los perfiles de equilibrio, mediante mediciones de batimetría y topografía, análisis de sedimentos y posterior a esto establecer parámetros como D50, condición de equilibrio, parámetro Omega de Dean (Ω) para clasificación de playas, etc; como resultado del análisis se determinó que predominada sedimento fino (arena fina) a lo largo del perfil, con D50 un poco mayores aproximándose a la zona seca del perfil, la playa era de tipo intermedio con barras rítmicas para alturas de olas de 1 metro y direcciones de oleaje Nornordeste NNE y noreste NE. Se atribuyeron los resultados en el diámetro de sedimentos a las lluvias y a gradientes de presión en el oleaje. Resulta importante para el presente estudio contar con información y metodologías similares para determinación de estas características, lo anterior como guía para el

estudio actual y evaluar los resultados con las posibles causas. (Rangel Fajardo & Maza Figueroa , 2014)

Con respecto al estado del arte se puede ver el interés general y colectivo de algunas instituciones académicas colombianas y cartageneras especialmente, en hacer seguimiento constante a las franjas litorales que pueden presentar un comportamiento erosivo considerable; de igual manera es importante la manera en como dichos estudios sugieren medidas ya sea constructivas o investigativas para la protección de estas playas o franjas costeras, medidas y recomendaciones que en la mayoría de los casos no son tomadas con la importancia vital con la que deberían tomarse por los entes estatales, generando procesos erosivos continuos y permanentes que en muchas ocasiones resultan irreversibles y perjudiciales para poblaciones, vías, espacios públicos, reservas naturales, etcétera.

MARCO TEORICO

La playa puede definirse como la acumulación de sedimento no consolidado (arena, grava, y / o guijarros) que se extiende desde algún lugar de tierras altas, tales como un acantilado o duna de arena o línea de vegetación, a la línea de agua y que se extiende hacia afuera por debajo del agua para una profundidad donde el sedimento no se mueve por acción de las olas (Department of Transportation Federal Highway Administration FHWA, 2008).

La terminología empleada para describir los procesos del oleaje y las corrientes en la cercanía de la costa se muestran en la Figura 1. El límite en alta mar puede ser muy profundo durante las grandes tormentas, pero a menudo sólo se supone que es una profundidad de 6 m a 18 m dependiendo del clima y del oleaje. La zona cercana a la costa se extiende desde el límite superior del período previo de ola en la playa hasta apenas más allá de donde rompen las olas. La zona de rompientes o línea de rompiente es la porción de la región costera en la que las olas que llegan desde mar adentro se vuelven inestables y se rompen. La zona de resaca o vaivén es la porción donde la superficie de la playa está en contacto con el recorrido y el

retroceso de la ola. La zona de contacto con la costa es la porción entre la línea de rompiente y la zona de resaca.

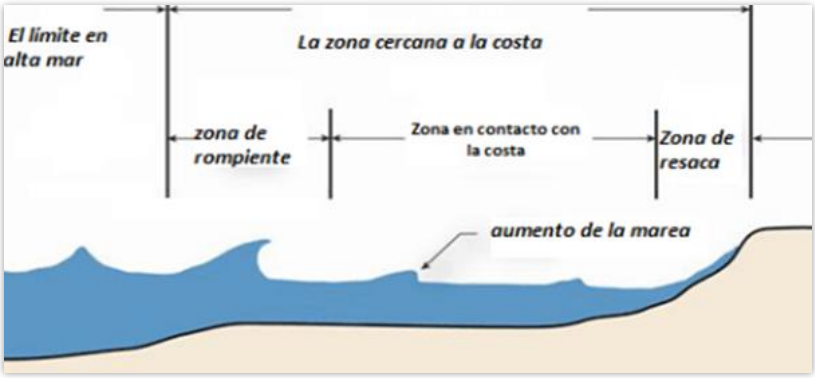


Figura 1. Terminología de la zona costera para describir los procesos de olas y corrientes en la zona de oleaje.

Fuente: *(Department of Transportation Federal Highway Administration FHWA, 2008)* Modification de (Koman, 1998)

La caracterización, en distintos ámbitos de una playa se puede hacer por medio de perfiles. Se define el perfil de una playa como "la variación que sufre el fondo, expresado como una relación de variación de la profundidad con la distancia a partir de un punto fijo sobre la línea de costa". Los perfiles de playa se miden en dirección normal a la línea de costa, sobre la zona de actividad del oleaje, que normalmente se extiende desde la duna en la playa seca hasta un punto donde el movimiento del sedimento es mínimo (punto de cierre del perfil), generalmente hasta una profundidad de 10 m en el mar abierto (Moreno Egel, 2011).

Un perfil de playa típico generalmente se inicia con un acantilado, escarpe o duna o está limitado por el bordillo de un andén, presenta una o dos bermas inclinadas hacia el continente en la región de la playa posterior, una región de ante playa donde se ubica la cresta de la berma (Bonfante & Avendaño, 2012).

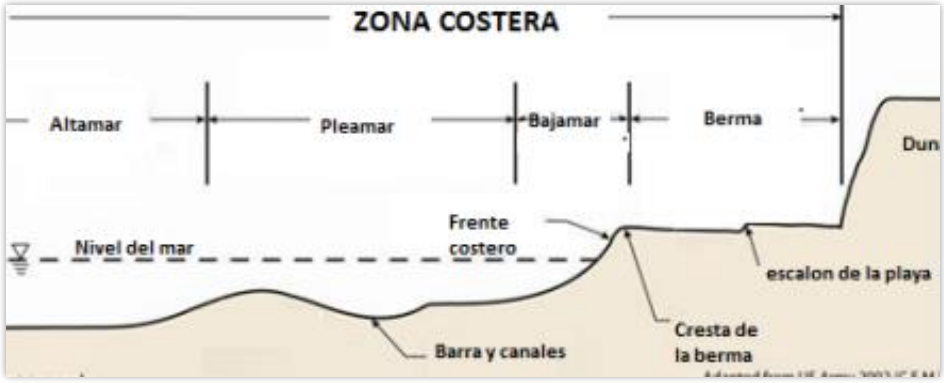


Figura 2. Terminología utilizada para describir el perfil de la playa. (Modificado de US Army 2002, CEM)

Fuente: (Department of Transportation Federal Highway Administration FHWA, 2008)

Los perfiles de playa normalmente se desarrollan para dos condiciones extremas de oleaje:

- **Condiciones de tormenta:** Se caracterizan por oleajes de gran altura y esbeltez. Un perfil de playa por lo general presenta una o dos bermas inclinadas en la parte externa de la playa o playa seca, una región intermareal de acción activa del oleaje después de romper incluyendo el recorrido de la ola, denominada anteplaya que se inicia donde se ubica la cresta de la berma principal (condiciones de calma) y una zona de forma cóncava en la zona totalmente sumergida presentando una o dos barras longitudinales donde se ubican puntos de rotura del oleaje La zona de rompientes se extiende desde la cresta de la berma hasta el extremo de las barras formadas por las líneas de olas rompientes (Moreno Egel, 2011).
- **Condición de calma:** La arena es transportada lentamente para reconstruir la cara de la playa en la anteplaya y extender la berma, produciendo un perfil más empinado. Con el retorno de las olas de tormenta, la arena es removida hacia mar afuera desde la anteplaya, generando un escarpe en la berma. Los perfiles en la anteplaya y en la zona cercana a la playa se miden generalmente con un nivel y cinta

utilizando técnicas topográficas. Para las mediciones a mayores profundidades se usa un bote equipado con ecosonda y GPS, especialmente donde se requiere mayor precisión o cuando la batimetría es compleja como en el caso de las entradas costeras y entradas en puertos. (Moreno Egel, 2011)

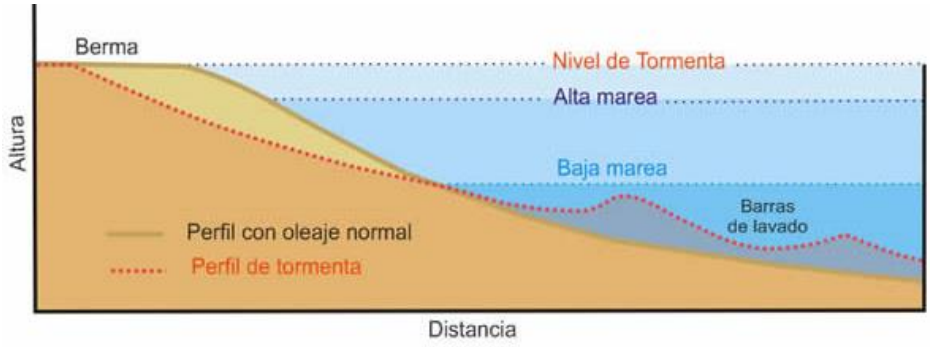


Figura 3. Comparación entre perfil de playa con condición de calma y condición de tormenta

Fuente: Erosión y manejo costero de Villa Gesell; Biblioteca digital de la Universidad de Buenos Aires (http://digital.bl.fcen.uba.ar/gsdl-282/Libro_0002_Marcomini/1_hidrodinam/index.htm)

2.2. Perfil de equilibrio

Se define perfil de equilibrio como la morfología que alcanzará un perfil de playa expuesto a unas condiciones de oleaje constantes, fundamentalmente a una 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 (Larson M. , 1991).

El concepto de perfil de equilibrio es una herramienta útil en el estudio de la morfodinámica de playas, presentando dos aplicaciones principales, una como herramienta de cuantificación y otra como modelo de predicción. Así, en el estudio y seguimiento temporal de una playa, permite cuantificar los cambios morfológicos de primer orden que sufre la misma durante el período de muestreo,

fundamentalmente variaciones en la pendiente y en el grado de concavidad del perfil. De este modo, se puede establecer la relación de causalidad entre la morfología del perfil y las condiciones hidrodinámicas (variaciones de altura de ola y período) y sedimentológicas (granulometría y textura) que determinan dicha morfología. Las correlaciones obtenidas confieren una capacidad predictiva al perfil de equilibrio que lo ha convertido en una herramienta fundamental en el ámbito de la gestión del litoral. Así, es particularmente útil en el análisis del impacto que las obras ingenieriles (construcción o ampliación de puertos, diques de protección, escolleras, etc.) tienen sobre los procesos de erosión costera o en la determinación, de forma más precisa, del volumen de arena necesario y el coste final de una obra de protección blanda como es la regeneración de una playa (Bernabeu A. , Medina , Vidal, & Muñoz, 2001).

Varios autores como Bruun (1954), Dean (1977) y Vellinga (1984) concluyeron en sus trabajos que el perfil de equilibrio en una playa puede describirse mediante una curva potencial de la forma:

$$y = Ax^n \qquad \textit{Ecuación 1}$$

Estableciéndose que n varía entre 0,633 y 0,98, considerándose como un valor más común 2/3 (Bernabeu, Medina, & Vidal, 2002). $\boldsymbol{A}$ 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:

$$A = Kw^m \qquad \textit{Ecuación 2}$$ (Moreno Egel, 2011).

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 ton/m^3 se puede calcular de acuerdo con el tamaño del grano como:

$$w = 1,1 * 10^6 * D^2 \quad con\ D < 0,1\ mm \qquad \textit{Ecuación 3}$$

$$w = 273 * D^{1,1} \quad 0,1\ mm < D < 1\ mm \qquad \textit{Ecuación 4}$$

$$w = 4,36 * D^{0,5} \quad D > 1\ mm \qquad \textit{Ecuación 5}$$

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 (Medina, Vidal, & Gonzalez, 2001).

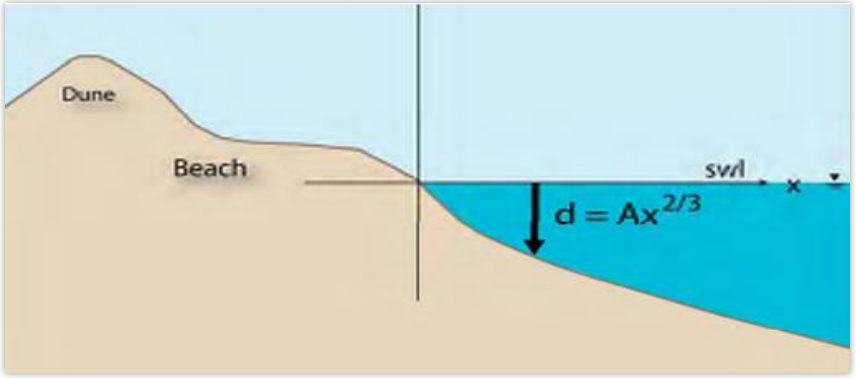


Figura 4. Boceto de la definición de perfil de playa en equilibrio según Dean 1977

Fuente: HIGHWAYS IN THE COASTAL ENVIRONMENT Hydraulic Engineering Circular 25 Junio de 2008

2.3. Tipología de playa de acuerdo al estado morfodinámico

De acuerdo con el estado morfodinámico las playas se clasifican generalmente en disipativas y reflejantes y con estados intermedios entre estos dos dependiendo del parámetro conocido como Número de Iribarren o Número de Iribarren a la rotura definido como:

$$I_{rb} = \frac{\tan \beta}{\sqrt{\frac{H_b}{L_0}}} \qquad \textit{Ecuación 6}$$

Donde H_b y L_0 son, respectivamente, la altura de ola en rotura y la longitud de onda en profundidades indefinidas del oleaje incidente y tanβ es la pendiente del fondo, las playas disipativas se presentan con valores continuados de Irb inferiores a 0.4,

lo que implica roturas en descrestamiento y una disipación de la energía del oleaje progresiva a lo largo del perfil (Vidal, Losada, Medina, & Losada, 1995).

2.3.1. Playas Disipativas:

Tienen una morfología prácticamente bidimensional, con un perfil muy tendido, con pendientes bajas aparecen en el perfil una o varias barras longitudinales, paralelas a la línea de costa y separadas por senos poco marcados. Dada la geometría bidimensional del sistema, las corrientes de retorno son prácticamente inexistentes, salvo en el caso de discontinuidades marcadas por los propios contornos del sistema (arrecifes rocosos, límites extremos de la playa, etc.).

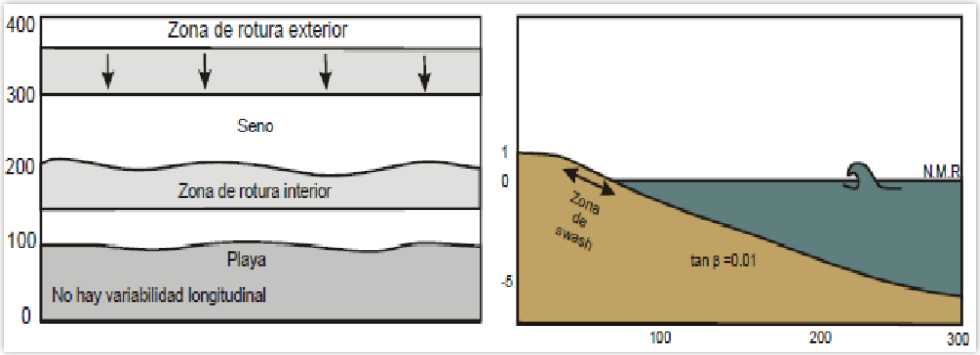


Figura 5. Playa disipativa

Fuente: Adaptado de Wrigth and Short 1984

2.3.2. Playas reflejantes

Se encuentra en el otro extremo de la escala de estados de playa., son frentes de playa que tienen pendiente elevada, (tan β = 0.10 - 0.15), con valores altos del Número de Iribarren en rotura, (I_{rb} > 1). Bajo condiciones de baja energía, el talud de playa finaliza por la parte superior en una berma alta y recta, tras la cual puede aparecer un canalizo. El frente de playa suele contener, aunque no siempre, tamaños de grano más gruesos que la playa sumergida. Inmediatamente debajo del talud de playa, se suele encontrar un

escalón pronunciado, compuesto de material grueso. La profundidad y altura de este escalón se incrementa con la altura de ola. En playas con marea, no aparece este escalón en el pie del frente de playa en la bajamar. Hacia el lado del mar del frente de playa, la pendiente disminuye notablemente, dando al perfil una forma cóncava bien marcada (Vidal, Losada, Medina, & Losada, 1995).

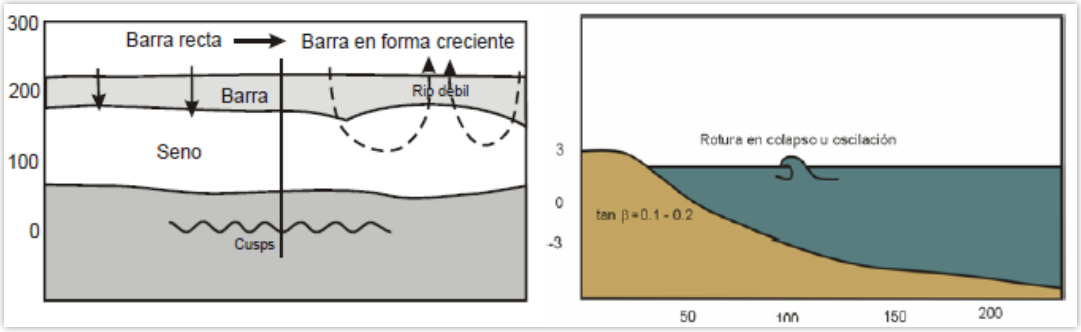


Figura 6. Playas Reflejantes

Fuente: Adaptado de Wright and Short 1984

Existen también estados intermedios (barra longitudinal, barra y playa rítmicas, barra transversal y corriente de retorno, barra - canaleta o Terraza de Bajamar), estos poseen elementos de los estados disipativo y reflejante y el parámetro de Iribarren en rotura varía notablemente, tanto transversal como longitudinalmente. Estos estados presentan morfologías muy complejas. Como en general las playas intermedias presentan diferentes estados en función de las condiciones del oleaje, la variabilidad total de estas playas es muy elevada. Desde el estado disipativo hasta el reflejante la playa pasa por una serie de estados intermedios en los que las barras progresan hacia el frente de playa.

2.4. Estado modal de una playa

La morfología de una playa en un instante determinado es una función de las características de su sedimento, de las condiciones del oleaje, y del estado previo de la playa. Sin embargo, a largo plazo, la playa tenderá a mostrar un estado modal

o más frecuente. Alrededor de este estado modal, la morfología de la playa oscilará en respuesta a las variaciones del oleaje. El rango de esta oscilación alrededor del estado modal define la movilidad de la playa.

Para definir la influencia del oleaje y del tipo del sedimento en el estado de playa, ese empleo el parámetro adimensional de velocidad de caída del grano, Ω, Dean (1973) y Wright y Short (1984) para playas micro-mareales, dado por:

$$\Omega = \frac{H_{sb}}{\omega_s * T_p} \qquad \textit{Ecuación 7}$$

Donde:

H_{sb}: altura de ola en aguas profundas o en rotura

ω_s: velocidad de caída del sedimento

T_p: periodo de la ola

Las condiciones del oleaje y de la morfología de la playa se encuentran en constante cambio, por lo que existirá siempre un desfase entre el valor de Ω en un instante dado y el estado de la playa en ese mismo instante, debido a que los cambios en la morfología de la playa dependen del estado anterior de la misma y de la energía disponible para el cambio (Vidal, Losada, Medina, & Losada, 1995).

2.5. Causas de erosión en costas

Cuando al comparar una playa en dos momentos distintos la línea de orilla de esta está desplazada hacia la tierra en la segunda observación, se puede decir que existe erosión costera.

La erosión costera depende en gran medida del tipo de costa, la exposición que esta tenga al oleaje, los sedimentos característicos, la pendiente de la playa, nivel del mar entre otros aspectos, y puede deberse a fenómenos naturales o inducidos por las actividades humanas. Algunas de las causas antrópicas son la subsidencia del

suelo por extracción de líquidos, elevación del nivel del mar por calentamiento global, represamiento de ríos, construcción de espolones o escolleras, o construcción de tuberías en zonas costeras (Bonfante & Avendaño, 2012). En la Figura 7 se puede observar la clasificación de estas causas.

Figura 7. Causas de la erosión costera

Fuente: Modificado por Avendaño, Bonfante et al. de Feng Cai (Coastal Erosion in China under the condition of global climate change and measures for its prevention ELSEVIER). 2009

2.6. Análisis de Sedimentos

El suministro de material a la playa depende de la cantidad y tipo de sedimentos que pueden transportar los afluentes que descargan cerca, lo que a su vez depende de las condiciones internas de la corriente como su pendiente, el tipo de rocas que conforman la cuenca, la densidad de la vegetación y el clima. Entre las fuentes usuales se encuentran: aportes fluviales, aportes biogénicos, aportes de la plataforma continental, aportes debidos al viento y aportes humanos (regeneración, vertido de dragados). Por su parte, los mecanismos de transporte a considerar para el establecimiento del balance sedimentario, el cual es fundamental para determinar si el sistema costero es regresivo, está en equilibrio o es progradante, son: transporte longitudinal y transversal debido al oleaje; transporte debido a la acción

de corrientes de marea y viento; transporte eólico y por el hombre (Vega de Seaone, Gallego Fernandez, Vidal Pascual, Ministerio de Ambiente, & Ministerio de Medio Ambiente de Cantabria, 2007).

La mayoría de estas propiedades de sedimento pueden ubicarse en tres grupos: el tamaño de las partículas del sedimento, la composición del sedimento o las características físicas de la masa de sedimento (U.S. Army Corps of Engineers, 2002)

Se han propuesto varias clasificaciones formales de tamaño del sedimento, como la establecida por Wentworth en 1922, presentada en unidades Phi (φ), las cuales fueron propuestas por Krumbein en 1936 y se expresan como el logaritmo en base 2 del diámetro de la partícula (U.S. Army Corps of Engineers, 2002)

$$\varphi = -\log_2 D \qquad \textbf{Ecuación 8}$$

A continuación se puede ver en Tabla 1 la compilación de tres clasificaciones para el tamaño de sedimento; la propuesta por Wentworth, la de la ASTM (American Society for Testing and Material) y la de las normas DIN europeas

Tabla 1. *Distintas Clasificaciones segun el tamaño de sedimento*

ASTM	DIN	MWC	Tamiz (ASTM)	Tamaño	
				mm	phi
Canto rodado	piedra			4096	-12
		Canto rodado	12 (300mm)	1024	-10
guijarro		guijarro grande		256	-8
				128	-7
				107,64	-6,75
		guijarro pequeño		90,51	-6,5
grava gruesa			3 (75 mm)	76,11	-6,25
				64	-6
				53,82	-5,75
	grava gruesa	grava muy grande		45,26	-5,5
				38,05	-5,25
				32	-5
				26,91	-4,75
		grava grande		22,63	-4,5
	grava media		3/4 (19 mm)	19,03	-4,25
				16	-4
grava fina				13,45	-3,75
		grava media		11,31	-3,5
				9,51	-3,25
			2,5	8	-3
	grava fina	grava pequeña	3	6,73	-2,75
			3,5	5,66	-2,5
			4 (4,75 mm)	4,76	-2,25
arena gruesa			5	4	-2
		gravilla	6	3,36	-1,75
			7	2,86	-1,5
			8	2,38	-1,25
	arena gruesa	arena muy gruesa	10 (2,0 mm)	2	-1
arena media			12	1,68	-0,75
			14	1,41	-0,5
			16	1,19	-0,25
		arena gruesa	18	1	0
			20	0,84	0,25
			25	0,71	0,5
	arena media		30	0,59	0,75
		arena media	35	0,5	1
			40 (0,425 mm)	0,42	1,25
			45	0,354	1,5
arena fina			50	0,297	1,75
		arena fina	60	0,25	2
	arena fina		70	0,21	2,25
			80	0,177	2,5
			100	0,149	2,75
		arena muy fina	120	0,125	3

Fuente: Tomado de Guía técnica de estudios litorales. Manual de Costas: Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos (2007) de la Peña Olivas J. M.

Todas las muestras de sedimento natural contienen granos que varía en un rango de tamaños. Sin embargo, frecuentemente es necesario caracterizar la muestra usando un solo diámetro de grano típico como medida de la tendencia central de la distribución. El *diámetro medio del grano* $Md\varphi$ es la característica de la muestra más elegida. La definición de $Md\varphi$ es tal que, por peso, la mitad de las partículas en la muestra tendrá un diámetro mayor y la otra mitad tendrá uno más pequeño. El *diámetro medio* se denota también como $D50$. Otras fracciones del tamaño se indican similarmente. Por ejemplo, $D90$ es el diámetro por el cual el 90% del sedimento, por peso, tiene un diámetro más pequeño. Una definición equivalente se mantiene para la mediana de la distribución del tamaño $\varphi 50$ o cualquier fracción en la escala Phi. Otra medida de tendencia central de una muestra de sedimento es *el tamaño promedio del grano* $M\varphi$, expresado en unidades Phi (φ), junto con otros parámetros estadísticos que describen la variación de las partículas en una distribución log-normal, denominados también "momentos de orden mayor", los cuales son: desviación estándar o gradación ς , sesgo o asimetría $\alpha\varphi$ y el coeficiente de curtosis $\beta\varphi$.

En términos de la *desviación estándar* σ_φ, un sedimento es descrito como bien gradado si todas las partículas tienen tamaños que están cerca del tamaño típico (desviación estándar pequeña). Si los tamaños de las partículas están distribuidos incluso sobre un amplio rango de tamaños, entonces se dice que la muestra está bien gradada. Una muestra bien gradada está pobremente ordenada; una muestra bien ordenada está pobremente gradada. Por otra parte, para una distribución perfectamente simétrica de las partículas, *el sesgo* $\alpha_\varphi$es cero; un sesgo positivo indica que hay una "cola" hacia los sedimentos finos, e inversamente, un valor negativo indica más partículas en los sedimentos gruesos. En referencia al coeficiente de *curtosis* β_φ, este mide la forma de la distribución de las partículas, que en general puede ser leptocúrtica, platicúrtica y mesocúrtica (Maza Figueroa & Rangel Fajardo, 2015).

Tabla 2 *Medidas Descriptivas del Sedimento*

Medida	Nombre	Definición Unidades Phi	Definición Unidades mm
Tendencia Central	Diámetro medio	$M_{d\varphi} = \varphi_{50}$	$M_d = D_{50}$
	Diámetro promedio	$M_\varphi = \frac{1}{2}(\varphi_{16} + \varphi_{84})$	$M_0 = \frac{1}{2}(D_{10} + D_{90})$
Gradación (sorting)	Medida de la desviación	$\sigma_\varphi = \frac{1}{2}(\varphi_{84} - \varphi_{16})$	$\sigma_0 = \frac{1}{2}(D_{90} - D_{10})$
Asimetría, sesgo (skewness)	Medida del sesgo	$\alpha_\varphi = \frac{1}{\sigma_\varphi}(M_\varphi - M_{d\varphi})$	$\alpha_0 = \frac{1}{\sigma_0}(M_0 - M_d)$
Curtosis	Medida de la forma	$\beta_\varphi = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2.44\,(\varphi_{75} - \varphi_{25})}$	$\beta_0 = \frac{D_{75} - D_{25}}{2\,(D_{90} - D_{10})}$

Fuente: Tomado de Moreno Egel D. (2012) Coastal Engineering Manual CEM (2002)

3.OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la estabilidad de la línea de costa correspondiente al sector del Cabrero, mediante el monitoreo de perfiles de playa, obteniendo parámetros morfométricos con el fin de analizar el comportamiento a corto plazo de la línea de costa luego de la construcción del Malecón de Crespo.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la estabilidad de las playas actualmente en relación al riesgo de retroceso debido a las estructuras implementadas.
- Clasificar la geomorfología de la playa mediante el comportamiento de los perfiles de acuerdo con sus características físicas y la evaluación del transporte de sedimentos.
- Determinar el perfil de equilibrio aproximado de la playa.
- Hacer recomendaciones si es necesario, de acuerdo con la tendencia de comportamiento de la playa.

4. ALCANCE

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en la ciudad de Cartagena de Indias, como monitoreo a la línea de costa del sector del Cabrero y a la variación en la medición de los perfiles de playa en ese lugar, estos se compararon con resultados de estudios realizados en trabajos de grado correspondientes a los años 2003, 2007 y 2012, para determinar el grado de alteración de la línea litoral.

Figura 8. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google Maps 2016

La longitud aproximada del sector de estudio es de 200 metros de perfil a perfil. Se midieron los perfiles de playa en cinco (5) jornadas de monitoreo y muestreo para cada perfil, se tomaron seis (6) muestras de sedimento para el perfil 17 y cinco (5) para el perfil

17-A en la primera jornada, reduciéndose a tres muestras de sedimento para las cuatro jornadas siguientes, debido a la periodicidad de las mediciones y a la poca variación que las muestras presentaban. Los perfiles se levantarán topográficamente hasta la profundidad donde fue posible y seguro sostener la Mira y el prisma de medición (aproximadamente 1,0 m).

Estos monitoreos y mediciones se llevaron a cabo a partir de la semana 12ª hasta la semana 21ª del primer semestre del año 2016.

Se debió recurrir a contratación de personal para mediciones y ensayos de laboratorio, puesto que este trabajo conto con un único investigador.

Luego de la recolección de las muestras se determinó la variación granulométrica que se presentó en la zona con respecto a la información proporcionada en los trabajos de grado anteriores, y la tendencia de acreción o erosión que tiene esta playa. También se hizo una comparación de imágenes satelitales correspondientes a los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016 respectivamente estimando de forma visual la variación en la línea de costa y los cambios morfológicos del sector.

A continuación se presenta un informe detallado del estudio, datos de medición, granulometría y análisis del comportamiento de la línea de costa, como soporte a las conclusiones y para su uso en posteriores proyectos de seguimiento y de investigación relacionados a esta zona.

Este estudio se limitó a hacer la caracterización del sedimento y a la determinación de los retrocesos de la línea de costa y del perfil de equilibrio, midiendo la posición de la misma sobre los perfiles de playa. Los datos de oleaje que fueron necesarios se obtuvieron de simulaciones y trabajos anteriores independientes a este proyecto. No se realizó medición ni análisis de oleaje, corriente y vientos.

5.METODOLOGIA

El proyecto fue una investigación mixta, ya que contempló por una parte el análisis cualitativo de datos (características morfológicas de la costa), y por otra, aspectos cuantitativos con toma de datos en el campo (datos de sedimento para variación granulométrica de la playa y mediciones en los perfiles de playa).

Se dividió el estudio en una primera etapa de campo, donde se ubicaron con BM's los perfiles a estudiar, se midieron y se tomaron muestras de sedimentos y dirección de oleaje. Una segunda etapa fue la de oficina y laboratorio, en la cual se realizó la granulometría de las muestras, el análisis y el procesamiento de la información recolectada, determinando la variación de la línea de costa y su estabilidad, estableciendo el perfil de equilibrio y caracterización de la granulometría de la costa y los parámetros de sedimento.

La metodología de este estudio se dividió de la siguiente forma como lo indica el esquema de la Figura 9:

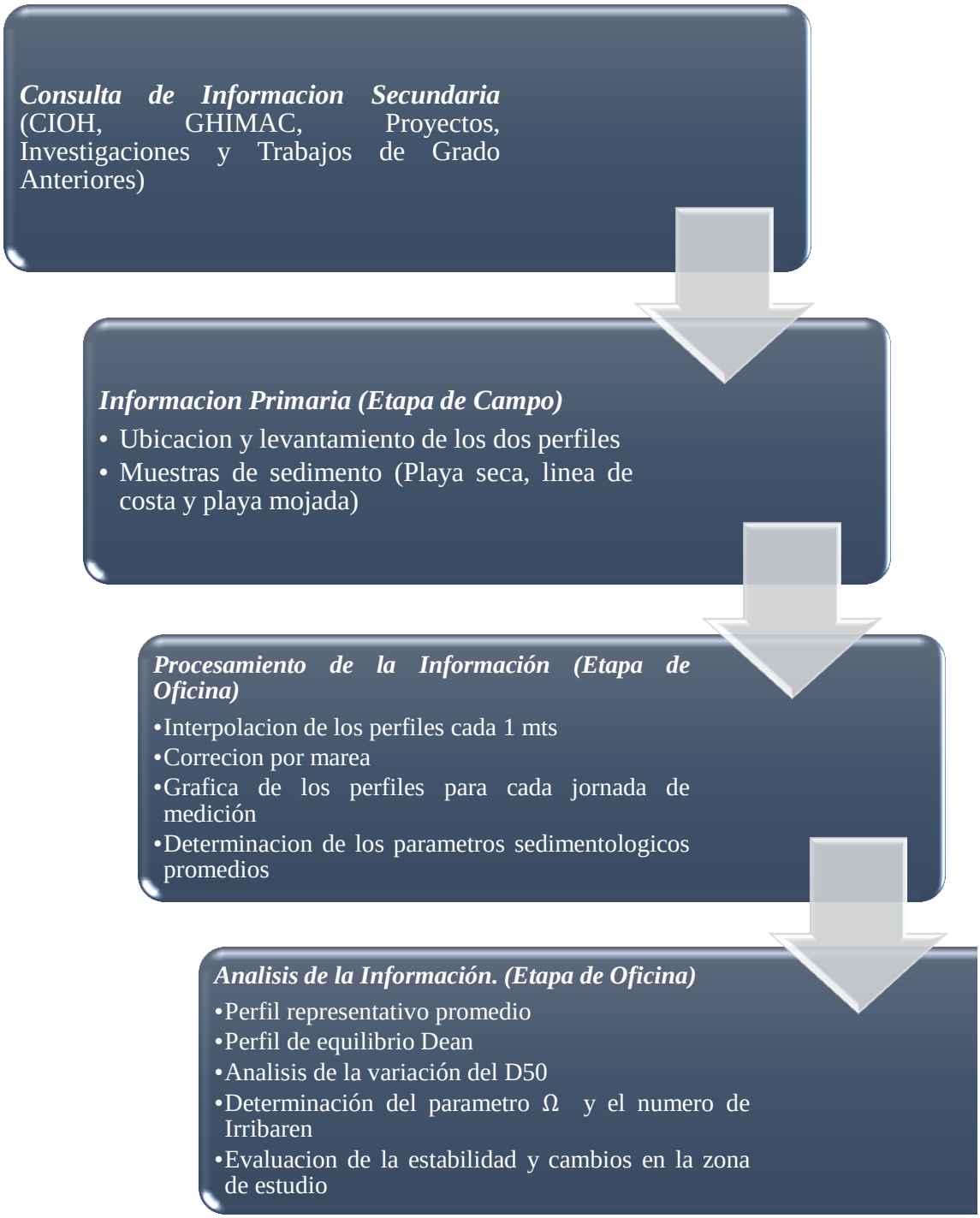


Figura 9. Diagrama de flujo de la metodología para el desarrollo del estudio

Fuente: Autor

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona que es objeto de estudio se ubica en Cartagena de indias, zona norte colombiana y comprenden las playas de Marbella al noreste de la ciudad entre los barrios el cabrero y crespo, en un sector de aproximadamente 200 metros en las coordenadas 10°26'21.4"N 75°31'54.0"W.

Figura 10. Ubicación Geográfica de Cartagena y zona de estudio

Fuente: Google Earth 2016

5.2. TRABAJO DE CAMPO

Contando con información secundaria suministrada por el Grupo de Investigación de Hidráulica y Geomorfología Costera y la Biblioteca de la Universidad de Cartagena, Campus Piedra de Bolívar y datos de marea del centro de investigaciones oceanográficas e hidrográficas del caribe (CIOH), se procedió a realizar mediciones entre las fechas 24 de Abril y 27 de Mayo de 2016 en la zona de estudio, usando en campo equipos y herramientas como lo son nivel de precisión, mira, G.P.S de alta precisión, brújula, cinta métrica, entre otros.

En el Anexo E se muestra un cuadro de Resumen con los trabajos y artículos consultados al igual que la información secundaria que se empleó.

Se procedió a realizar el reconocimiento del perfil existente con ayuda de un G.P.S. Debido a que la mayoría de perfiles ubicados por G.P.S correspondientes a la zona han desaparecido, se ubicó un nuevo perfil próximo a uno de los estudiados en trabajos anteriores (± 50 metros en dirección noreste (NE)). La localización de los puntos de referencia se encuentra en la tabla 3.

Tabla 3 *Localización geográfica aproximada de los perfiles*

			COORDENADAS TIERRA GAUSS	
PUNTO	**COTA (m)**	**ABSCISA (m)**	**NORTE**	**ESTE**
Perfil 17	1,07	0	1646519.00	840753.00
Perfil 17-A	1,07	50	164653.00	840797.00

Fuente: Autor

La ubicación se señaló en el muro que bordea la playa y otra posterior en la proyección hacia la berma de la vía, luego que fueron identificados los dos perfiles se inició la recolección de datos y medición de perfiles aplicando la metodología siguiente:

- ✓ Se levantó topográficamente el punto conocido en la zona identificado en proyectos anteriores, partiendo de un BM del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (perfil 17). El nuevo perfil (perfil 17-A) se ubicó usando el mismo muro que bordea la playa proyectando la misma cota, pero a 50 metros en dirección noreste (NE).

- ✓ Se hicieron cinco (5) mediciones, haciendo la nivelación cada dos metros (Figuras 11 y 12), tanto en playa seca como playa sumergida, y hasta una profundidad segura para el operador, ubicando el abcisado al que se encontraba la línea de costa para cada día de medición. Esta se hicieron los días 24 de Abril, 6, 15, 22 y 27 de Mayo de 2016.
- ✓ Se anotó la hora de inicio y de fin de cada medición con el objetivo de hacer posteriormente la corrección por marea.

- ✓ Se recopilaron muestras para cada una de las zonas del perfil (playa seca, línea de costa, playa mojada). La zona de playa seca corresponde a la franja de playa que no mantiene contacto con el agua producto del oleaje; la línea de costa es la franja de playa que mantiene contacto con el agua de forma esporádica a razón del oleaje, y la zona de playa mojada mantiene contacto permanente con el mar, para esta franja, la acción del oleaje es inherente. En la primera medición se tomaron tres muestras para playa seca, una para línea de costa y tres para playa mojada, debido a que las mediciones se realizaron en intervalos muy cercanos (15 y 8 días) se optó por recoger una muestra por zona por perfil. Estas muestras se almacenaron en bolsas herméticas rotuladas según perfil y zona de perfil.

Figura 11. Mediciones en Campo

Fuente: Autor

Figura 12. Lecturas con el nivel de precisión

Fuente: Autor

A continuación la Figura 13 muestra el formato utilizado para la recopilación de datos.

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.					
Hora inicio			Fecha		
Hora final					
OBSERVACIONES:					
Direccion de oleaje					
Distancia al BM (m)			Altura al BM (m)		
Altura instrumental (m)			Dirección oleaje		
Punto	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0					
2					
4					
6					
8					
10					
12					
14					
16					
18					
20					
22					
24					
26					
28					
30					
32					
34					
36					
38					
40					
42					

Figura 13. Formato de recopilación de datos de medición

Fuente: Autor

5.2.2. Ensayo de laboratorio

Usando la norma técnica colombiana NTC-77 y NTC-32 se realizó el análisis de granulometría del suelo por medio de tamices (Figura 15), para cada una de las muestras recolectadas por perfil se procesaron los datos para la posterior realización de la curva granulométrica y determinación de los parámetros de grano usando el formato presentado en la Figura 14.

	ANALISIS GRANULOMETRICO						
Perfil N°							
Fecha							
Muestra							
Peso Recipiente (gr)				Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)				Recipiente+peso seco no lavado (gr)			
				Peso seco no lavado			
				W %			
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2		10					
0.85		20					
0.425		40					
0.3		50					
0.25		60					
0.18		80					
0.15		100					
0.106		140					
0.075		200					
Fondo		Fondo					
		Total					

Figura 14. Formato para ensayo Granulométrico

Fuente: Autor

Figura 15. Análisis Granulométrico

Fuente: Autor

5.3. METODOLOGIA DE ANALISIS DE DATOS

Con el software Microsoft Excel se realizó la interpolación a cada metro del abscisado en cada jornada de medición de perfiles , haciendo también correcciones por marea a partir de datos suministrados por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de Cartagena (CIOH) para cada una de las fechas de medición, a partir de gráficas y superposición de los perfiles medidos para este proyecto se hizo una comparación con resultados de mediciones anteriores para determinar la estabilidad y cambios en la línea de costa.

5.3.1. Procesamiento de datos

- *Ajuste de perfiles:*

  Luego de realizar cinco levantamientos en cada perfil en un intervalo de entre 15 y 8 días, se hizo el procesamiento de datos haciendo la corrección por abscisado a partir del punto de referencia BM. Se

realizó la interpolación lineal cada metro para hacer una comparación más precisa, tomando como punto de comparación la línea de costa.

Las mediciones se corrigieron también por los datos de marea suministrado por el CIOH para el día y hora de medición, para eliminar los efectos de marea y ubicar los perfiles con respecto al nivel medio del mar.

Para cada perfil se compararon los promedios identificando así la variación espacial durante el periodo de análisis.

Con respecto al análisis granulométrico, se identificaron parámetros como el D10, D30, D50, D60 y D90, el coeficiente uniformidad y el sesgo, estos necesarios para identificar el estado de gradación de cada muestra de arena. Luego se realizó un promedio con el fin de identificar un tamaño de grano representativo para cada zona de cada perfil. Con la determinación de parámetros sedimentológicos de las muestras en zona mojada se realizó ajuste con el perfil de equilibrio de Dean para identificar si el perfil es tendiente a sedimentación o erosión.

Partiendo de proyectos realizados por la Universidad e Cartagena en años anteriores se identificaron alturas de roturas representativas de la playa para periodos determinados, pudiendo así calcular el parámetro a dimensional de caída del grano Ω y determinar el estado de playa presente en cada perfil (disipativo, reflejante o intermedio).

Con respecto a la variación de la línea de costa se comparó, luego de correcciones, como fue el cambio durante las fechas de medición. También si hizo uso de imágenes satelitales para saber cuánto ha variado desde el último estudio realizado en la zona hasta la fecha para cada perfil, en las fechas correspondientes al mismo mes en diferentes años.

6.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se analizaron cada uno de los parámetros a evaluar para de esta forma aportar las conclusiones correspondientes para cada uno de los objetivos del proyecto. Inicialmente se evaluó el análisis sedimentológico, para determinar los parámetros representativos promedio, y su variación con respecto a trabajos anteriores; posteriormente por inspección visual y física se analizó la línea de costa y su variación; luego la variación de los perfiles de playa como tal, y la geomorfología de la playa para la fecha del estudio.

Los dos perfiles se midieron los días 24 de abril, el 6, 15, 22 y 27 de Mayo de 2016, correspondiente a la época de inicio de las lluvias. Los ensayos granulométricos se realizaron para las muestras recogidas en cada época de medición, los datos de marea y dirección de oleaje fueron tomados para las mismas fechas.

6.1. ANALISIS SEDIMENTOLOGICO

Con los resultados de los ensayos granulométricos realizados se determinaron los parámetros sedimentológicos D_{10} , D_{50} y D_{90} , el coeficiente de uniformidad C_u , el sesgo α, la desviación σ, la desviación *Cz* y el tamaño en unidades Phi, necesarios para identificar el estado de gradación de cada muestra de arena, para cada una de las muestras recolectadas por zona de perfil para cada jornada de medición. Los datos detallados de sedimento y las curvas granulométricas se encuentran en el Anexo A.

PERFIL 17

Se analizó el perfil 17 y el perfil 17-A de forma individual, para cada uno de estos se establecieron los parámetros sedimentológicos característicos y las curvas granulométricas para cada tipo de muestra. Las muestras fueron denotadas de acuerdo al tipo de franja de playa de la que fueron extraídas de la siguiente forma: zona seca (S1), tomada a una distancia de aproximadamente 7 metros del BM; línea de costa (LC) tomada en un rango de 20 a 23 metros del BM según la fecha de

medición y las condiciones de marea y zona mojada o sumergida (M1) tomada a partir de aproximadamente 20 metros de distancia del BM.

Los valores encontrados se presentan en las tablas 4, 5, 6 y 7.

Tabla 4 *Valores del D_{50} en las diferentes zonas para las diferentes fechas de medición para el perfil 17.*

FECHA	S1 (mm)	S2 (mm)	S3 (mm)	LC (mm)	M1 (mm)	M2 (mm)	M3 (mm)
24-abr-16	0,23	0,24	0,23	0,24	0,16	0,24	0,24
6-may-16	0,23			0,31	0,27		
15-may-16	0,23			0,25	0,24		
22-may-16	0,24			0,24	0,23		
27-may-16	0,24			0,21	0,24		

Fuente: Autor

Tabla 5 *Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la playa seca (S1) en el perfil 17 para las diferentes mediciones*

	FECHA				
PARAMETROS	**24-abr-16**	**6-may-16**	**15-may-16**	**22-may-16**	**27-may-16**
D10 (mm)	0,16	0,14	0,14	0,16	0,15
D50 (mm)	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24
D90 (mm)	0,29	0,30	0,29	0,29	0,36
Diam. Medio (Md) (mm)	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24
Diam. Prom (M) (mm)	0,23	0,22	0,22	0,23	0,26
Desviación (σ)	0,06	0,08	0,07	0,07	0,11
Sesgo (α)	-0,10	-0,18	-0,18	-0,15	0,20
Cu	0,67	0,57	0,61	0,65	0,65
Cz	1,15	1,16	1,23	1,17	1,17

Fuente: Autor

Tabla 6 *Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la línea de costa (LC) en el perfil 17 para las diferentes mediciones*

	FECHA				
PARAMETROS	**24-abr-16**	**6-may-16**	**15-may-16**	**22-may-16**	**27-may-16**
D10 (mm)	0,19	0,20	0,20	0,16	0,14
D50 (mm)	0,24	0,31	0,25	0,24	0,21
D90 (mm)	0,39	0,61	0,40	0,40	0,27
Diam. Medio (Md) (mm)	0,24	0,31	0,25	0,24	0,21
Diam. Prom (M) (mm)	0,29	0,40	0,30	0,28	0,20
Desviación (σ)	0,10	0,21	0,10	0,12	0,07
Sesgo (α)	0,44	0,44	0,46	0,34	-0,05
Cu	0,73	0,56	0,72	0,59	0,59
Cz	1,07	1,03	0,99	1,07	1,07

Fuente: Autor

Tabla 7 *Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la playa sumergida (M1) en el perfil 17 para las diferentes mediciones*

	FECHA				
PARAMETROS	**24-abr-16**	**6-may-16**	**15-may-16**	**22-may-16**	**27-may-16**
D10 (mm)	0,19	0,14	0,15	0,14	0,15
D50 (mm)	0,21	0,27	0,24	0,23	0,24
D90 (mm)	0,61	0,38	0,39	0,41	0,41
Diam. Medio (Md) (mm)	0,21	0,27	0,24	0,23	0,24
Diam. Prom (M) (mm)	0,40	0,26	0,27	0,28	0,28
Desviación (σ)	0,21	0,12	0,12	0,13	0,13
Sesgo (α)	0,78	-0,09	0,26	0,34	0,27
Cu	0,75	0,51	0,59	0,58	0,58
Cz	1,05	1,45	1,28	0,90	0,90

Fuente: Autor

Mediante el análisis del D_{50} (ver Tabla 4), en cada uno de los casos se evidencia que el tamaño de sedimento es básicamente el mismo en zona seca para las distintas fechas de medición, variando en ±0,01 mm; en la línea de costa y zona mojada del perfil 17 la variación del tamaño promedio del grano es algo mayor, alejándose de la media para la segunda fecha de medición; lo anterior debido a lluvias matutinas ocurridas en esa fecha, y que tienden a alterar las condiciones normales de la zona.

Para la línea de costa se observa mayor variación del D_{50} de hasta 0,1 mm y para la zona sumergida varia en hasta 0,08 mm. Para ambos casos los tamaños de grano D_{50} crecen para las d os primeras jornadas de medición y decrecen progresivamente para las ultimas tres. Con respecto a los parámetros sedimentológicos para las muestras en las diferentes zonas del sitio en estudio se observa que para las muestras en zona seca la desviación estándar es bastante pequeña, por lo que las muestras se consideran bien gradadas; el sesgo para la mayoría de muestras recolectadas es negativo y cercano a cero, lo anterior es indicativo de una gradación simétrica y de la tendencia de las muestras recolectadas hacia el sedimento grueso.

Los parámetros sedimentológicos para la línea de costa indican, según la desviación estándar, que las muestras no son tan bien gradadas como las recolectadas para la zona seca, el tamaño de grano tiende a ser mayor para las primeras jornadas de medición; el sesgo muestra poca simetría en la muestra y se aleja más de cero por el lado positivo, por lo que se determina que la muestra se acerca más hacia el sedimento fino. Para la zona sumergida se presentan condiciones muy similares a las de la línea de costa.

En las Figuras 16, 17 y 18 se puede apreciar de manera más grafica la distribución del tamaño del grano a modo comparativo entre cada jornada de medición, por cada zona estudiada.

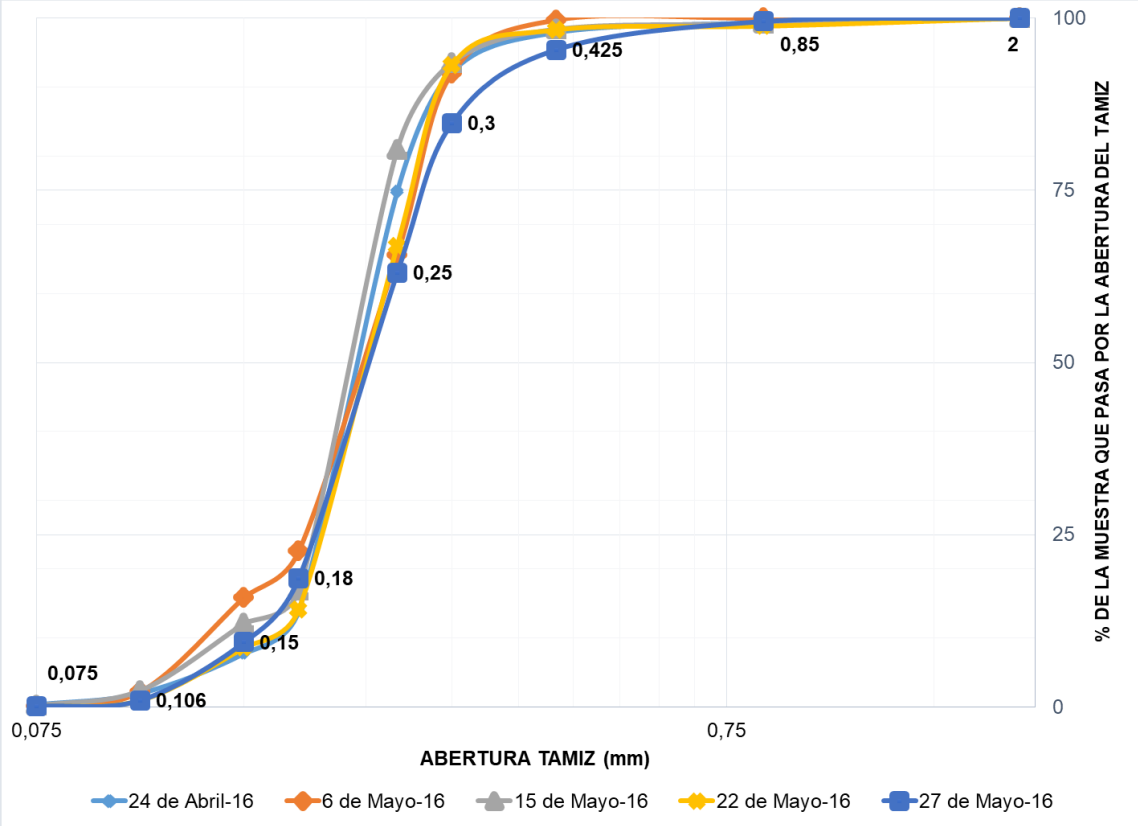


Figura 16. Comparación Granulométrica de muestras zona seca para cada jornada de medición

Fuente: Autor

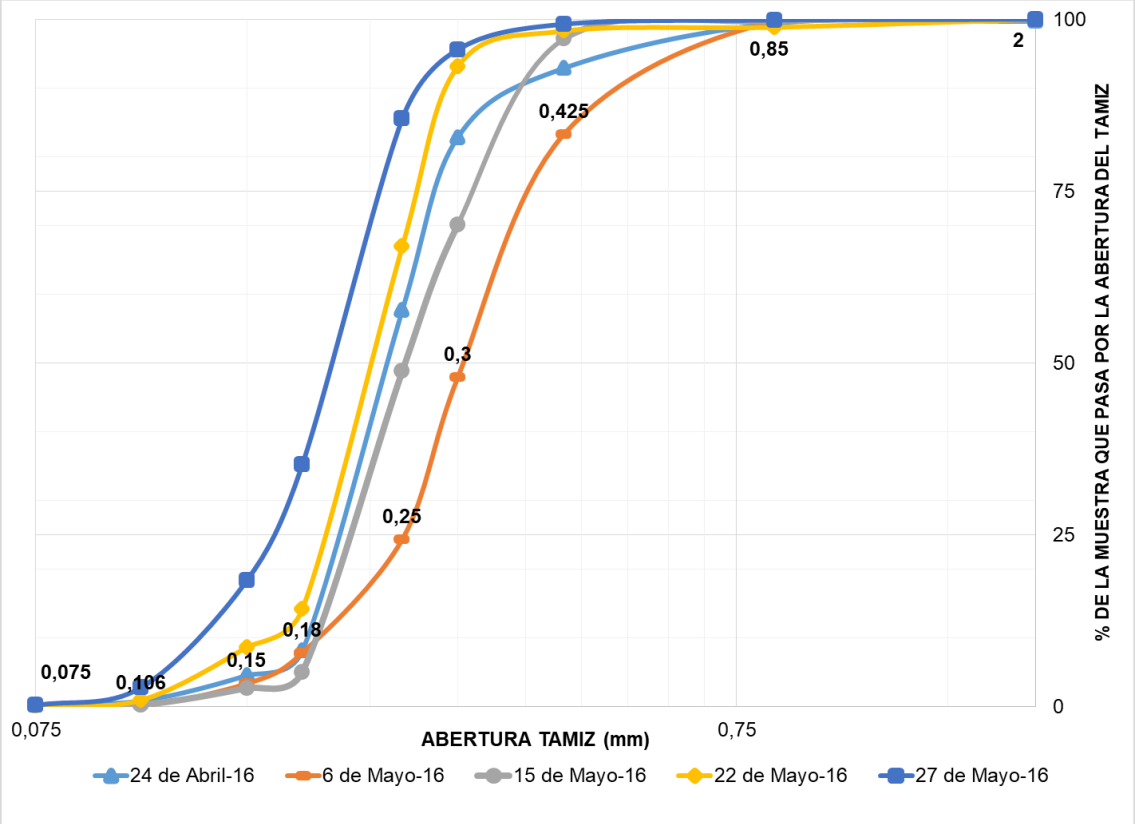


Figura 17. Comparación Granulométrica de muestras línea de costa para cada jornada de medición

Fuente: Autor

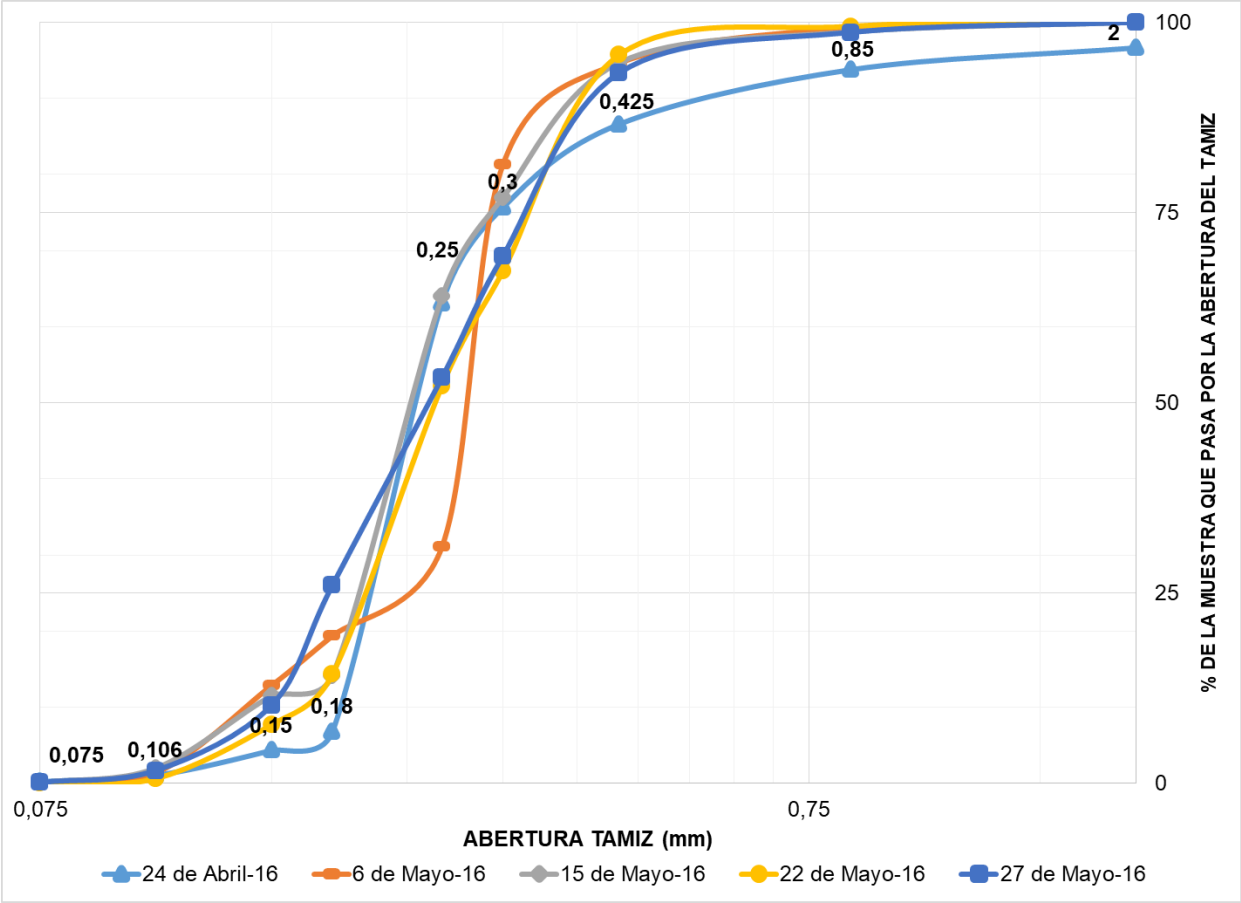


Figura 18. Comparación Granulométrica de muestras zona mojada para cada jornada de medición

Fuente: Autor

Dentro del lapso de medición, las cinco jornadas, la granulometría de la zona seca (Figura 16) para el perfil 17 tuvo el D50 varió entre 0,22 y 0,23 mm y diferencias mínimas, sin embargo este no fue el caso para el comportamiento sedimentológico de la línea de costa. Esta presento variaciones de D50 entre 0,24 y 0,3; manteniendo un ritmo de crecimiento para cada medición (Figura 17). La gradación promedio para las muestras de línea de costa no fue igual de simétrica como la presentada en zona seca, esta estuvo influenciada por episodios de lluvias esporádicas y vientos presentados en el mes de Mayo de 2016. Un comportamiento similar presento la

zona sumergida. Para este caso el diámetro medio aumento y disminuyo de manera alternada para cada fecha de medición sin una tendencia específica, variando entre los 0,21 y 0,27 mm, aun así manteniendo una gradación más o menos simétrica (Figura 18). Lo anterior podría deberse la variación de energía de oleaje para cada una de las fechas, debido a las variaciones climáticas.

Con respecto a las variaciones diarias por zona se puede decir que el D50 es menor en la zona seca, aumenta en la línea de costa y disminuye en la zona húmeda a excepción de la última jornada de medición, donde su comportamiento fue contrario.

PERFIL 17-A.

En las Tablas 9, 10 y 11 se presentan los valores de los parámetros sedimentológicos correspondientes al perfil 17-A. Para este perfil las muestras en zona seca (S1), se tomaron a una distancia de aproximadamente 5 metros del BM; en línea de costa (LC) fue tomada en un rango de 9 a 12 metros del BM según la fecha de medición y las condiciones de marea y en zona sumergida (M1) fue tomada a partir de aproximadamente 12 metros de distancia del BM.

Tabla 8 *Valores del D_{50} en las diferentes zonas para las diferentes fechas de medición para el perfil 17-A*

FECHA	S1 (mm)	S2 (mm)	LC (mm)	M1 (mm)	M2 (mm)	M3 (mm)
24-abr-16	0,23	0,23	0,27	0,11	0,04	0,10
6-may-16	0,19		0,25	0,24		
15-may-16	0,24		0,24	0,24		
22-may-16	0,25		0,30	0,22		
27-may-16	0,22		0,22	0,24		

Fuente: Autor

Tabla 9 *Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la playa seca (S1) en el perfil 17-A para las diferentes mediciones*

	FECHA				
PARAMETROS	**24-abr-16**	**6-may-16**	**15-may-16**	**22-may-16**	**27-may-16**
D10 (mm)	0,14	0,15	0,16	0,17	0,15
D50 (mm)	0,23	0,19	0,24	0,25	0,22
D90 (mm)	0,38	0,36	0,39	0,39	0,34
Diam. Medio (Md) (mm)	0,23	0,19	0,24	0,25	0,22
Diam. Prom (M) (mm)	0,26	0,25	0,28	0,28	0,24
Desviación (σ)	0,12	0,10	0,11	0,11	0,10
Sesgo (α)	0,25	0,60	0,31	0,29	0,18
Cu	0,59	0,65	0,65	0,61	0,61
Cz	1,16	1,33	1,17	1,06	0,96

Fuente: Autor

Tabla 10 *Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la línea de costa (LC) en el perfil 17-A para las diferentes mediciones*

	FECHA				
PARAMETROS	**24-abr-16**	**6-may-16**	**15-may-16**	**22-may-16**	**27-may-16**
D10 (mm)	0,19	0,20	0,20	0,16	0,14
D50 (mm)	0,24	0,31	0,25	0,24	0,21
D90 (mm)	0,39	0,61	0,40	0,40	0,27
Diam. Medio (Md) (mm)	0,24	0,31	0,25	0,24	0,21
Diam. Prom (M) (mm)	0,29	0,40	0,30	0,28	0,20
Desviación (σ)	0,10	0,21	0,10	0,12	0,07
Sesgo (α)	0,44	0,44	0,46	0,34	-0,05
Cu	0,73	0,56	0,72	0,59	0,59
Cz	1,07	1,03	0,99	1,07	1,07

Fuente: Autor

Tabla 11 *Determinación de los parámetros morfométricos de las muestras de arena en la playa sumergida (M1) en el perfil 17-A para las diferentes mediciones*

	FECHA				
PARAMETROS	**24-abr-16**	**6-may-16**	**15-may-16**	**22-may-16**	**27-may-16**
D10 (mm)	0,19	0,14	0,15	0,14	0,15
D50 (mm)	0,21	0,27	0,24	0,23	0,24
D90 (mm)	0,61	0,38	0,39	0,41	0,41
Diam. Medio (Md) (mm)	0,21	0,27	0,24	0,23	0,24
Diam. Prom (M) (mm)	0,40	0,26	0,27	0,28	0,28
Desviación (σ)	0,21	0,12	0,12	0,13	0,13
Sesgo (α)	0,78	-0,09	0,26	0,34	0,27
Cu	0,75	0,51	0,59	0,58	0,58
Cz	1,05	1,45	1,28	0,90	0,90

Fuente: Autor

Para este caso el tamaño de grano es muy similar a lo largo del perfil, con un D_{50} de 0,23mm promedio en zona seca, 0,24mm promedio en línea de costa y 0,21mm en zona sumergida.

Luego del análisis de los parámetros sedimentológicos se concluye que el tipo de sedimento es una arena uniforme por los valores del coeficiente de uniformidad y curvatura. Desviaciones pequeñas y con D_{50} diferenciales en 0,05 mm para las zonas del perfil, muestran que el tamaño de grano es más o menos uniforme a lo largo de este, con mayores tamaños de grano en la línea de costa y depósito de sedimentos finos en la zona sumergida. El sesgo indica tendencia hacia los sedimentos finos para las zonas seca, línea de costa y zona sumergida.

El D50 para el perfil tiene una variación entre 0.20 y 0.25 mm, concentrándose los sedimentos más gruesos sobre la línea de costa y playa seca, y en playa sumergida las partículas con menor diámetro medio dentro del rango de variación. Lo anterior se muestra en las Figuras 19, 20 y 21.

Esto indica baja energía de oleaje y poco viento para las condiciones promedio de perfil, propiciando el depósito de sedimentos finos en la zona sumergida de este.

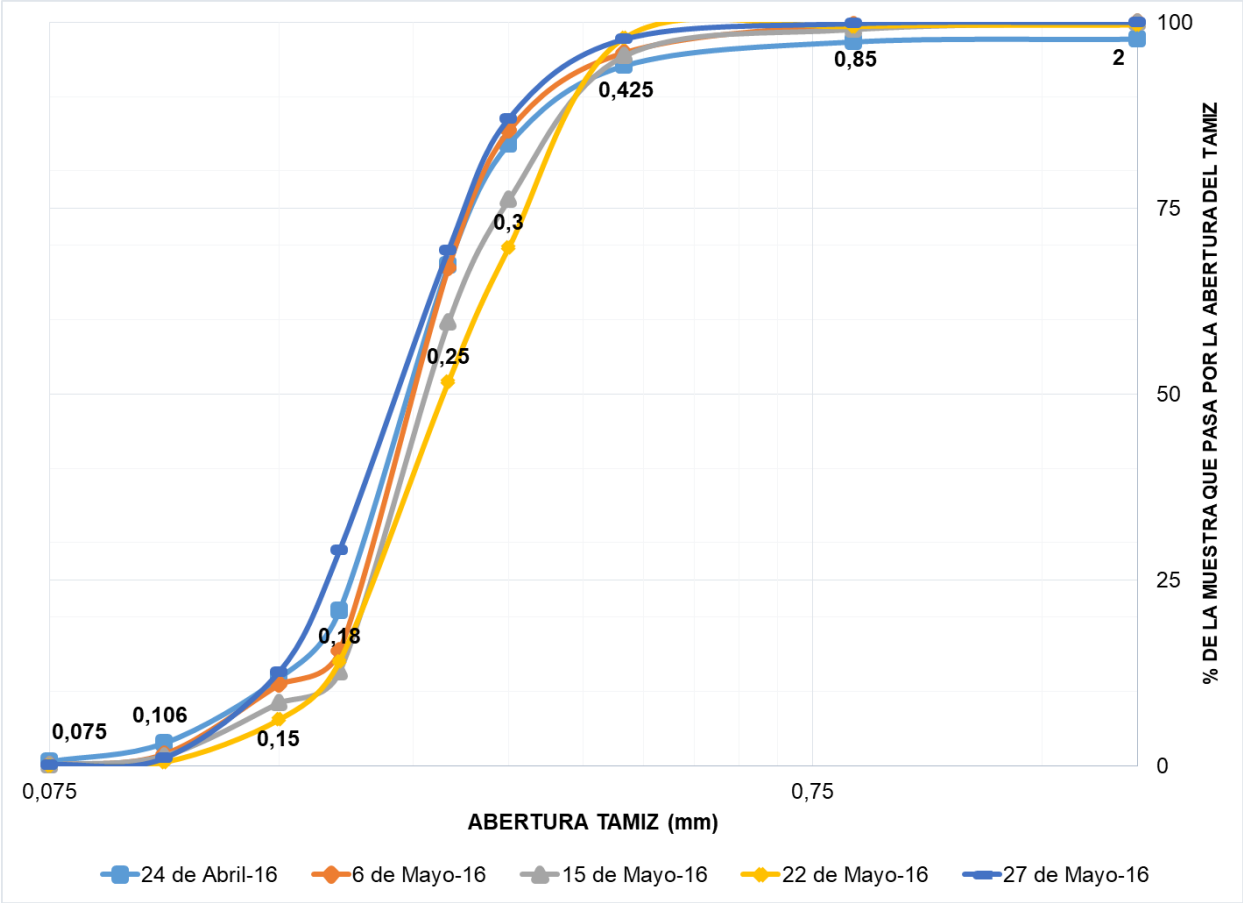


Figura 19. Comparación Granulométrica de muestras zona seca para cada jornada de medición

Fuente: Autor

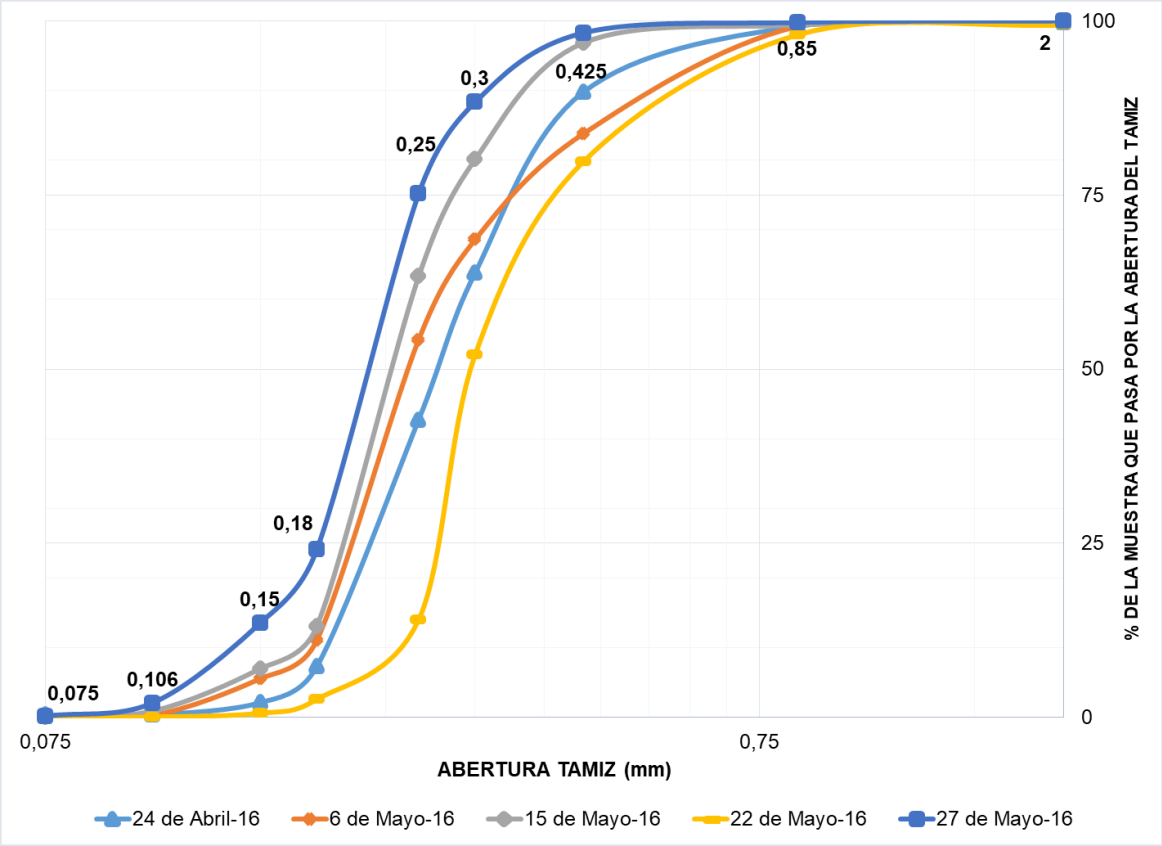


Figura 20. Comparación Granulométrica de muestras línea de costa para cada jornada de medición

Fuente: Autor.

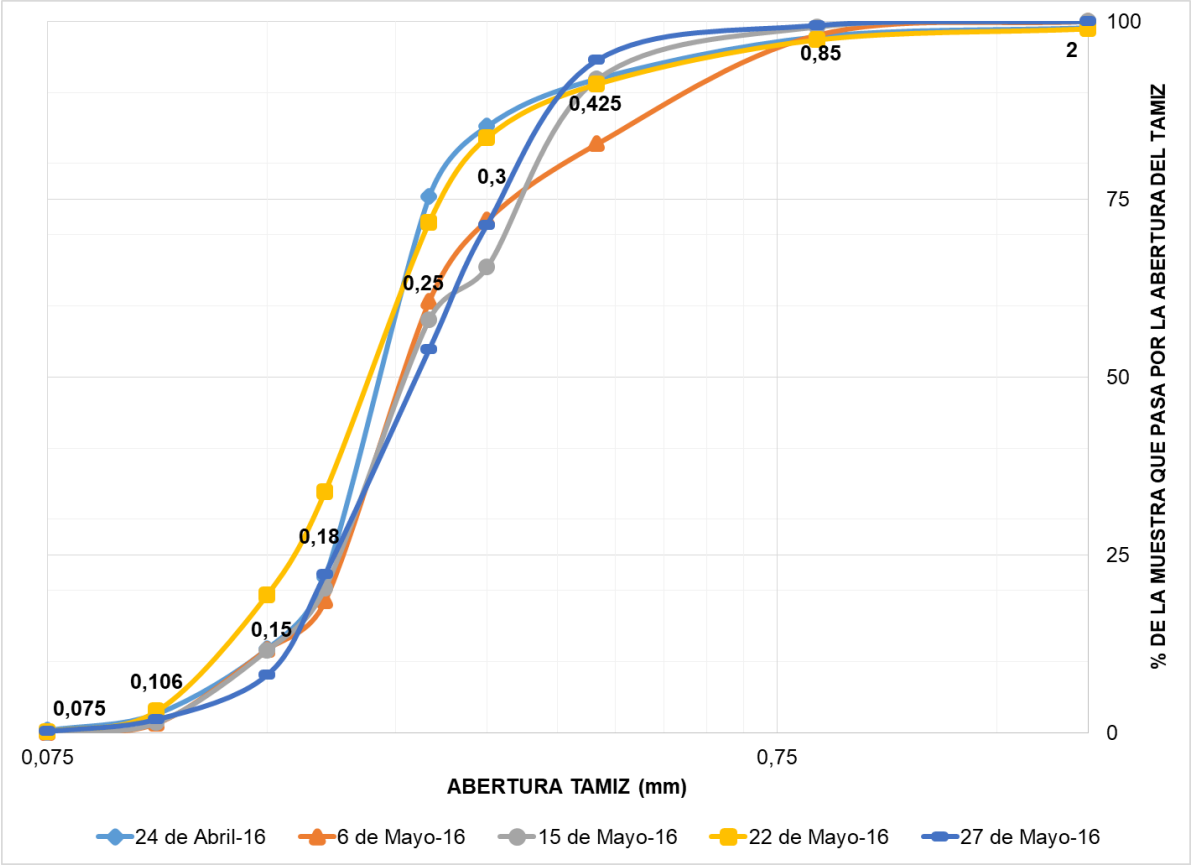


Figura 21. Comparación Granulométrica de muestras zona mojada para cada jornada de medición

Fuente: Autor

Para las cinco jornadas de medición, la granulometría de la zona seca para el perfil 17-A tuvo una tendencia simétrica con D50 entre 0,18 y 0,24 mm y variaciones mínimas aproximadas de 0,05 mm (Figura 19). El comportamiento sedimentológico de la línea de costa presento variaciones de D50 entre 0,22 y 0,29 mm; siendo menor en las jornadas de medición 2, 3 y 5, y presentando valores más altos en las jornadas 1 y 4. La variación en la gradación para las muestras de línea de costa no fue como la presentada en zona seca, debido a la influencia de episodios de lluvia y viento, que contribuyen al transporte de sedimentos, para algunas jornadas de medición para estos periodos (Figura 20). En la zona sumergida el diámetro medio

presento una tendencia de crecimiento cada fecha de medición, variando entre los 0,18 y 0,24 mm, aun así manteniendo una gradación más o menos simétrica (Figura 21).

De acuerdo a las variaciones diarias por zona, el D50 es menor en la zona seca, aumenta en la línea de costa y disminuye en la zona húmeda a excepción de la segunda y quinta jornada de medición, donde mostro una tendencia inversa a la anterior. Se evidencia entonces, que para ambos perfiles la dinámica de sedimentación esta alterada, si se tiene en cuanta el aumento-disminución del tamaño de grano entre muestras, lo cual podría deberse a actividades antrópicas realizadas cerca de la zona., como los procesos de dragado y relleno en la obra del Malecón de Crespo.

Tabla 12: Parámetros representativos promedio (mm) para los perfiles 17 y 17-A

	ZONA SECA			ZONA DE COSTA			ZONA MOJADA		
PERFIL	**D10**	**D50**	**D90**	**D10**	**D50**	**D90**	**D10**	**D50**	**D90**
17	0,15	0,23	0,31	0,18	0,25	0,41	0,16	0,24	0,44
17-A	0,15	0,23	0,37	0,18	0,26	0,48	0,15	0,20	0,45

Fuente: Autor

En la Tabla 12 se muestran los parámetros sedimentológicos para cada perfil. Puesto que cuanta más acumulación de sedimento fino en zona sumergida, se refleja menor energía de oleaje y mayores pendientes , se hizo el análisis observando que el D50 para la zona de playa mojada difiere en 0,03 mm entre perfiles, siendo el del perfil 17-A el de menor diámetro y el del perfil 17 de mayor tamaño; esto refleja que la pendiente de la playa es débil en el perfil 17-A y va aumentando hacia el perfil 17, el perfil 17-A presenta menor energía de oleaje contribuyendo al depósito de sedimento fino, debido a que la acción del oleaje se presenta del perfil 17-A, donde las olas rompen más alejadas de la costa, hacia el perfil 17, donde las olas rompen más cerca de la costa.

En la tabla 13 se muestran los resultados de parámetros sedimentológicos resultantes en estudios realizados en años anteriores sobre el perfil 17. Al comparar con la tabla 6 es notable que no se asemejen los parámetros resultantes en el presente trabajo con los obtenidos en los estudios previos. Los menos discordantes son los pertenecientes al año 2012. Estos difieren en menor rango que si se comparan con los estudios de los años 2001-2003. En segundo rango de similitud le siguen los resultados referentes al año 2007; se refleja una tendencia hacia los sedimentos más finos para los años 2007 y 2012, teniendo variación significativa, con tendencia al tamaño de arena grueso, para el año 2016. Es decir, en comparación con los anteriores trabajos realizados en la zona, en cuatro años y después de la implementación de las estructuras costeras en el barrio Crespo, la tendencia sedimentológica varió de forma considerable, inclinándose hacia el depósito y transporte de sedimentos más gruesos que los encontrados antes de esa implementación. Esto evidencia que en la zona se está dando un proceso de deriva litoral, que se enfatizó con los trabajos de rellenos hidráulicos para la realización de espolones que hacen parte de las obras del Túnel de Crespo.

Tabla 13 *Parámetros sedimentológicos del perfil 17 de estudios en años anteriores*

PERFIL 17	ZONA SECA			ZONA DE COSTA			ZONA MOJADA		
	D10	D50	D90	D10	D50	D90	D10	D50	D90
2001-2003		0,18	0,35					0,17	0,35
2007	0,18	0,3	0,38	0,21	0,31	0,4	0,22	0,33	0,44
2012	0,14	0,19	0,26	0,12	0,18	0,27	0,12	0,19	0,3

Fuente: (Bonfante & Avendaño, 2012)

6.2. VARIACIÓN DE LA LINEA DE COSTA

Visualmente se puede apreciar la variación de la línea de costa para cada perfil, por medio de la comparación de imágenes satelitales para distintos años. A continuación se muestran la superposición de las líneas de costa para ambos perfiles.

Figura 22. Visualización de la variación de la línea para el perfil 17 y 17-A en distintos años

Fuente: Modificado de Google Earth 2016 por el autor

Se observa que la línea de costa se ha desplazado de manera considerable en un corto plazo, desde el año 2012 hasta la fecha actual (Figura 22); esta variación ha sido progresiva a excepción de 2014, que para la misma fecha de medición, la playa presento una recuperación. La ganancia de playa por parte del mar refleja la inestabilidad de esta playa y de su línea de costa; esta se ha agravado luego de cambios antrópicos en zonas cercanas.

En la Tabla 14 se observan los resultados de variación de la línea de costa para el perfil 17.

Tabla 14 *Distancia de la línea de costa al BM en el perfil 17 para cada jornada de medición*

PERFIL 17		
Medición	**Distancia del BM a la línea de costa (m)**	**Promedio (m)**
domingo, 24 de abril de 2016	20	22.8
viernes, 06 de mayo de 2016	26	
domingo, 15 de mayo de 2016	20	
domingo, 22 de mayo de 2016	22	
viernes, 27 de mayo de 2016	26	

Fuente: Autor

Para este perfil la variación en la línea de costa para las distintas jornadas de medición fue de ± 6 metros, manteniendo un promedio de distancia hasta el BM de 22.8 metros, reflejando una ganancia de costa por parte del mar para las mediciones primera y tercera, y un retroceso con respecto al BM en las jornadas restantes. Lo anterior se muestra en la Figura 23.

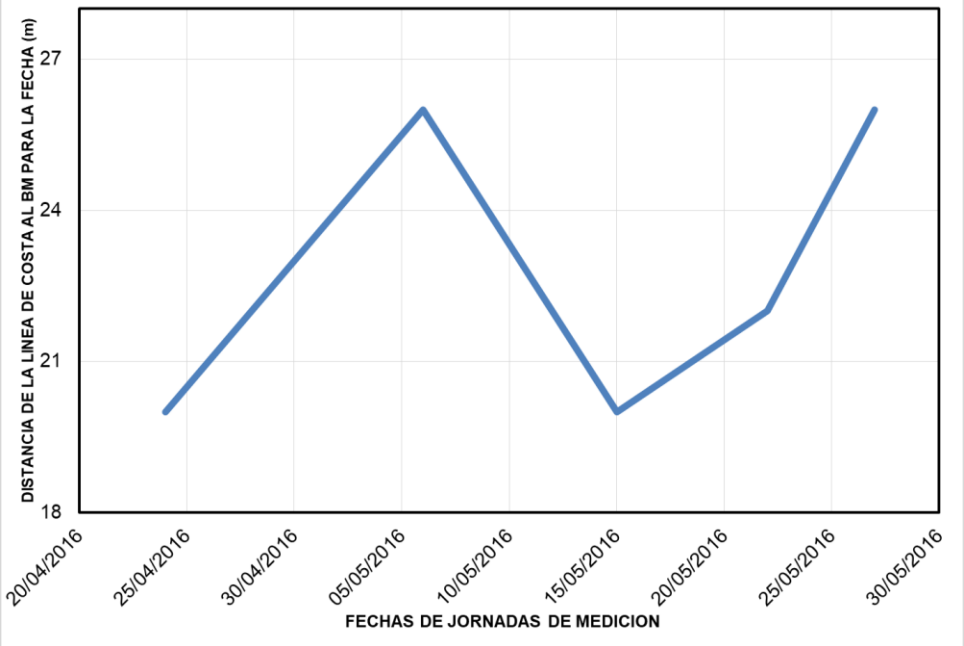


Figura 23. Variación de la línea de costa en el perfil 17

Fuente: Autor

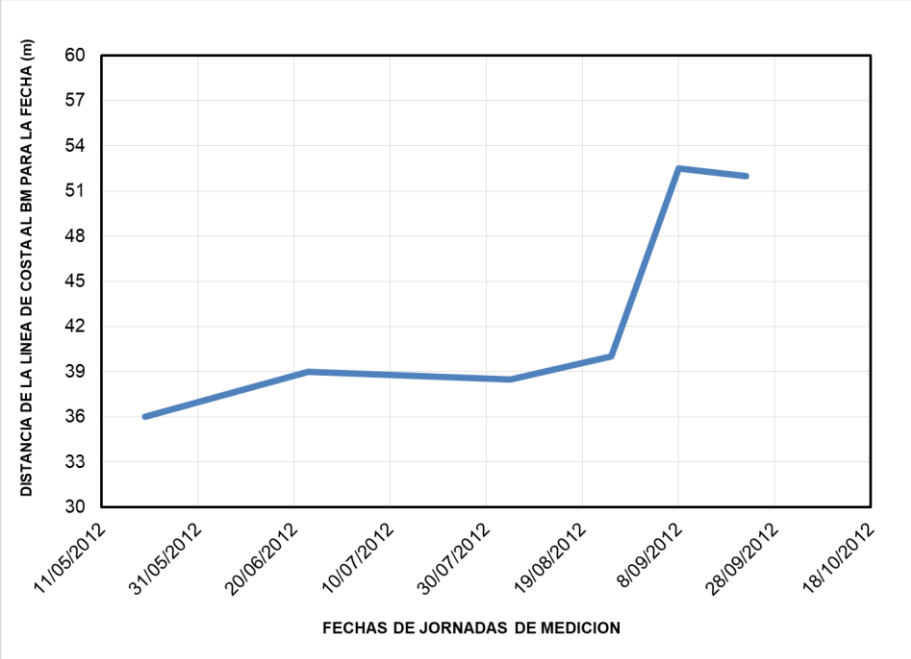


Figura 24. Variación en la línea de costa del perfil 17. Año 2012

Fuente: Modificado de *(Bonfante & Avendaño, 2012)*

Se observa que al comparar este resultado con el obtenido en el trabajo de grado de Avendaño y Bonfante en 2012 (Figura 24), existe una diferencia de la distancia del BM a la línea de costa de aproximadamente 25 metros, para las mediciones más favorables para la conservación de la playa, y para las más desfavorables, de 15 metros.

En la tabla 15 se muestra los datos de variación de línea de costa del perfil 17-A.

Tabla 15 *Distancia de la línea de costa al BM para el perfil 17-A en cada jornada de medición*

PERFIL 17-A		
Medición	**Distancia del BM a la línea de costa (m)**	**Promedio (m)**
domingo, 24 de abril de 2016	11.4	12.096
viernes, 06 de mayo de 2016	14.2	
domingo, 15 de mayo de 2016	10	
domingo, 22 de mayo de 2016	12.4	
viernes, 27 de mayo de 2016	12.48	

Fuente: Autor

En el caso del perfil 17-A, la variación en la línea de costa para las distintas jornadas de medición fue de ± 4 metros (Figura 25), La playa es más angosta en este perfil por estar más cerca de los nuevos espolones, manteniendo un promedio de distancia hasta el BM de 12.1 metros, reflejando una ganancia de costa por parte del mar para las mediciones primera y tercera, al igual que en el perfil 17. Lo anterior se podría atribuir al nivel de marea presentado en la zona para las horas y fechas de medición. Se presentó un retroceso con respecto al BM en las jornadas restantes. La diferencia de distancia promedio de línea de costa entre perfiles se debe a que el perfil 17 no se encuentra en el mismo eje de proyección horizontal que el perfil 17-A.

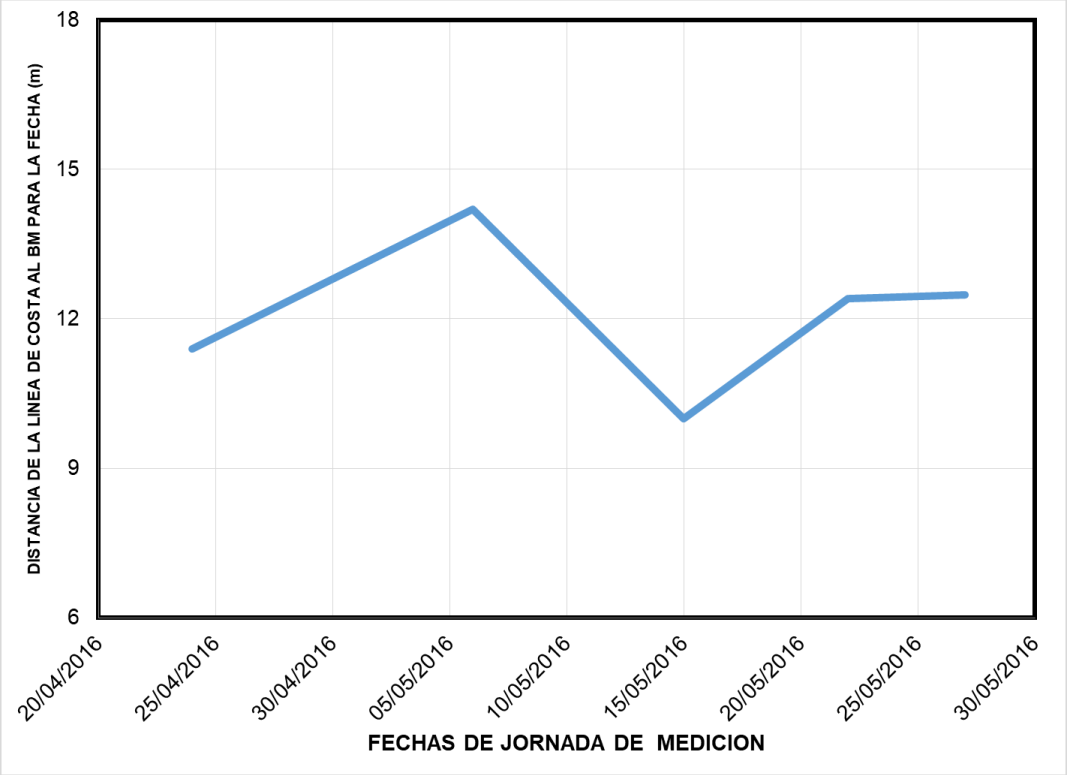


Figura 25. Variación de la línea de costa en el perfil 17-A

Fuente: Autor

6.3. ANALISIS DE LOS PERFILES

Luego de la digitación de los datos obtenidos en campo, se obtuvo un abscisado preciso por medio de la interpolación lineal de las abscisas del perfil a cada metro, realizando así, un análisis más preciso de los perfiles, hallando un perfil representativo promedio y un perfil de equilibrio promedio.

Se usó el D50 promedio de la zona más alejada del BM (zona mojada) y se determinó el perfil de equilibrio Dean mediante la ecuación $y = Ax^n$.

La cartera de medición con sus respectivas correcciones por marea para cada perfil se encuentra en el Anexo C.

PERFIL 17.

Durante las fechas de medición se evidenció mucha variación en el comportamiento del perfil en la zona sumergida, siendo la tercera jornada la más crítica; en la primera medición la erosión en zona sumergida es mayor que en las otras a partir de los 20 metros mar adentro y recuperándose en los 5 primeros metros para la siguiente jornada, hacia la zona seca se evidencio una acumulación de sedimentos, no obstante, en la tercera jornada de medición se traslada el proceso erosión y de forma más marcada a partir de los 10 m con respecto al BM. Luego la tendencia retorna a una marcada erosión sobre la abscisa 20. Siempre el perfil es tendiente a recuperar el equilibrio hacia los 35 metros mar adentro.

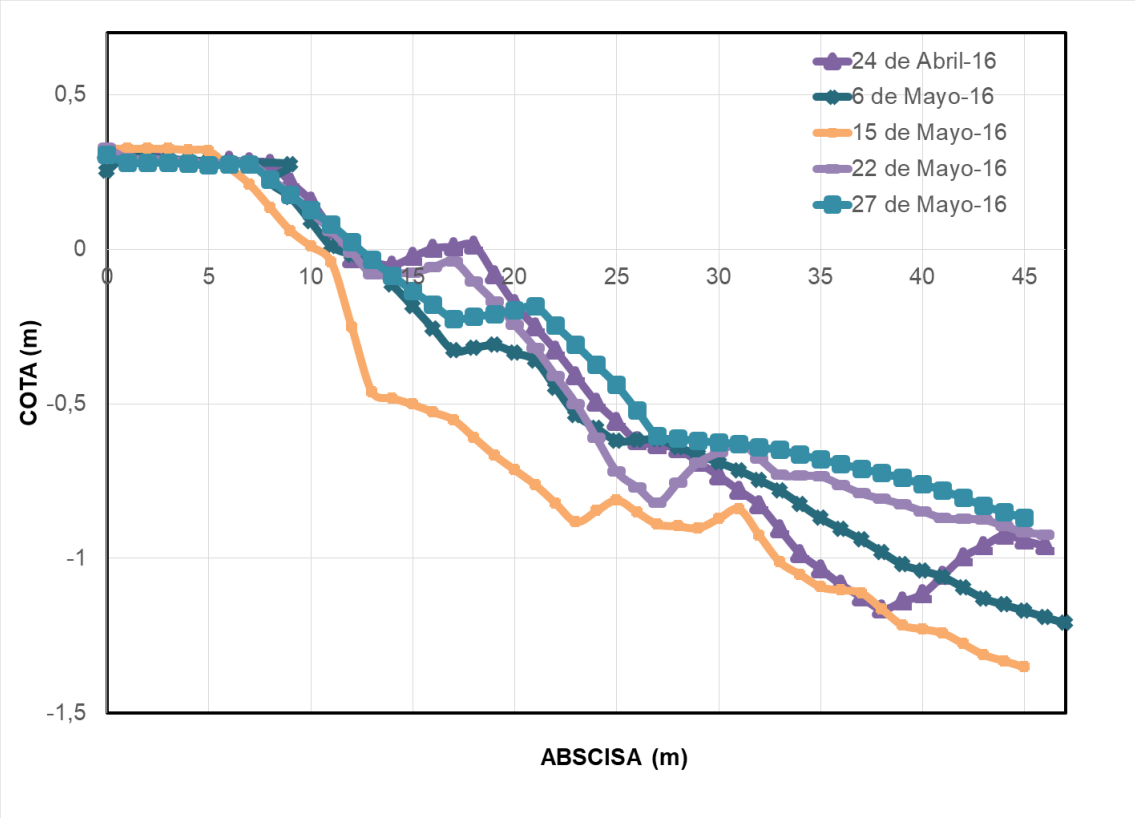


Figura 26. Superposición de mediciones para el perfil 17

Fuente: Autor

Luego se pudo realizar la comparación del promedio de las mediciones realizadas en el perfil 17 con el perfil de equilibrio Dean promedio como lo muestra la Figura 27.

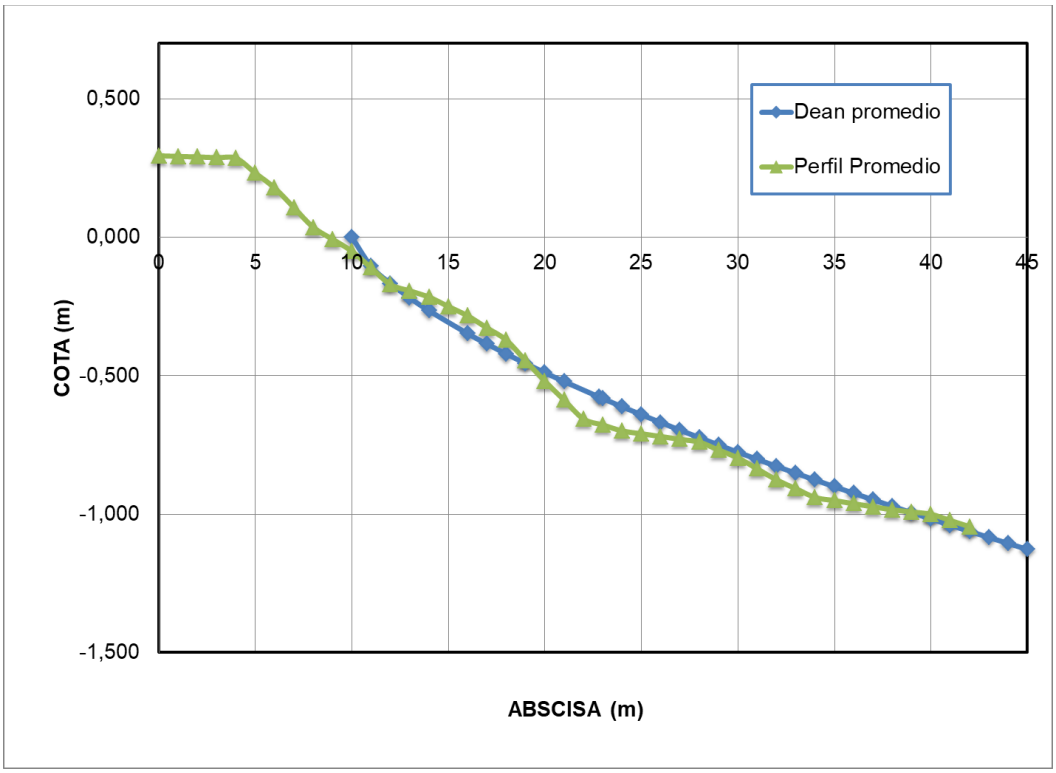


Figura 27. Comparación del perfil promedio con el perfil de equilibrio de Dean (Perfil 17)

Fuente: Autor

Se puede notar que el perfil promedio se encuentra por debajo del perfil de equilibrio luego de la abscisa 15, lo que indica que este perfil tiene tendencia a sufrir un proceso de erosión, principalmente en la zona más alejada del BM (desde los 17 hasta los 40 metros); la zona próxima a la línea de costa se acerca más al equilibrio, tendiendo a la acreción. El perfil promedio en su mayoría se encuentra por debajo del perfil de equilibrio Dean, por lo que se puede decir que este perfil se empieza a alejar del perfil de equilibrio.

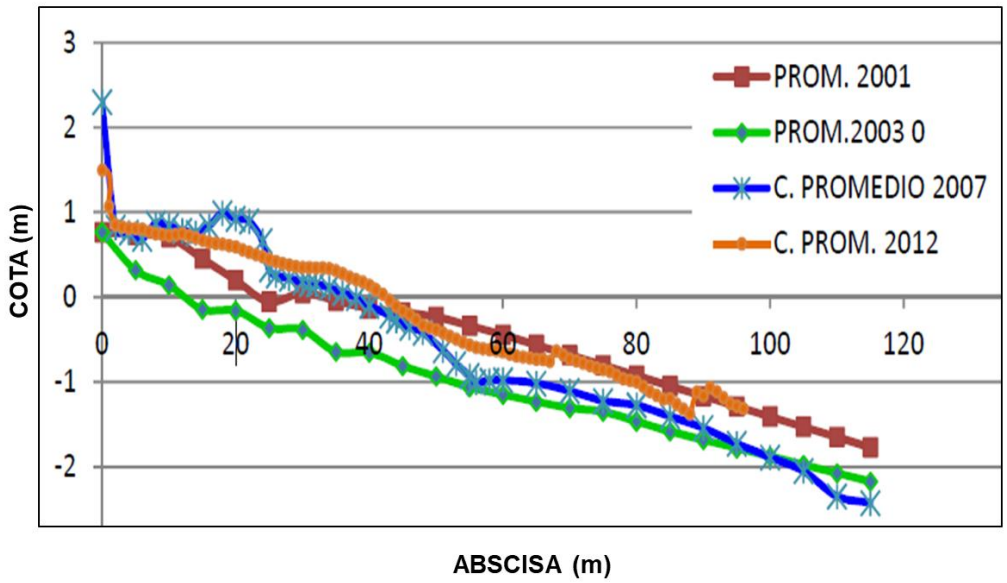


Figura 28. Datos promedio para el perfil 17 en años anteriores

Fuente: Modificado de *(Bonfante & Avendaño, 2012)*

Es notable que la línea de costa desde 2012 hasta 2016 se ha desplazado aproximadamente 30 metros, teniendo en cuenta que entre los años 2007 y 2012 se mostró una recuperación considerable de la playa comparada con los perfiles promedio de 2003 y 2001 y el perfil se denominó como uno de los más estables dentro de los analizados e igualmente conservaba una tendencia hacia la recuperación para todos los años de estudio. El perfil actualmente se asemeja más al obtenido como promedio para el año 2003. Puede deberse a semejanzas en las condiciones y fenómenos climáticos para las mediciones o a actividades antrópicas realizadas en el 2003 que influenciaron el transporte de sedimento y el desplazamiento de la línea de costa para esta zona, asimismo en 2016 este perfil fue influenciado por el relleno hidráulico para las estructuras de recuperación y protección costera de la entrada del barrio Crespo. Para esa época estaba iniciando la Bocana de Mareas con sus estructuras de protección, caso similar al actual.

PERFIL 17-A

Para las jornadas de medición la variación de cotas en playa seca del perfil fue prácticamente nula. Sin embargo, en la zona sumergida del perfil, hubo variaciones de hasta 0,75 metros entre las mediciones de la segunda jornada y la tercera jornada de medición, lo que podría deberse al aumento de energía de oleaje en el perfil por viento o condiciones climáticas, como lluvias entre las fechas de análisis. En cuanto al comportamiento erosivo del perfil este reflejo una recuperación para la segunda fecha, para la tercera fecha, el proceso erosivo se enfatizó en gran magnitud y luego para las dos últimas fechas se registró una recuperación progresiva en el perfil.

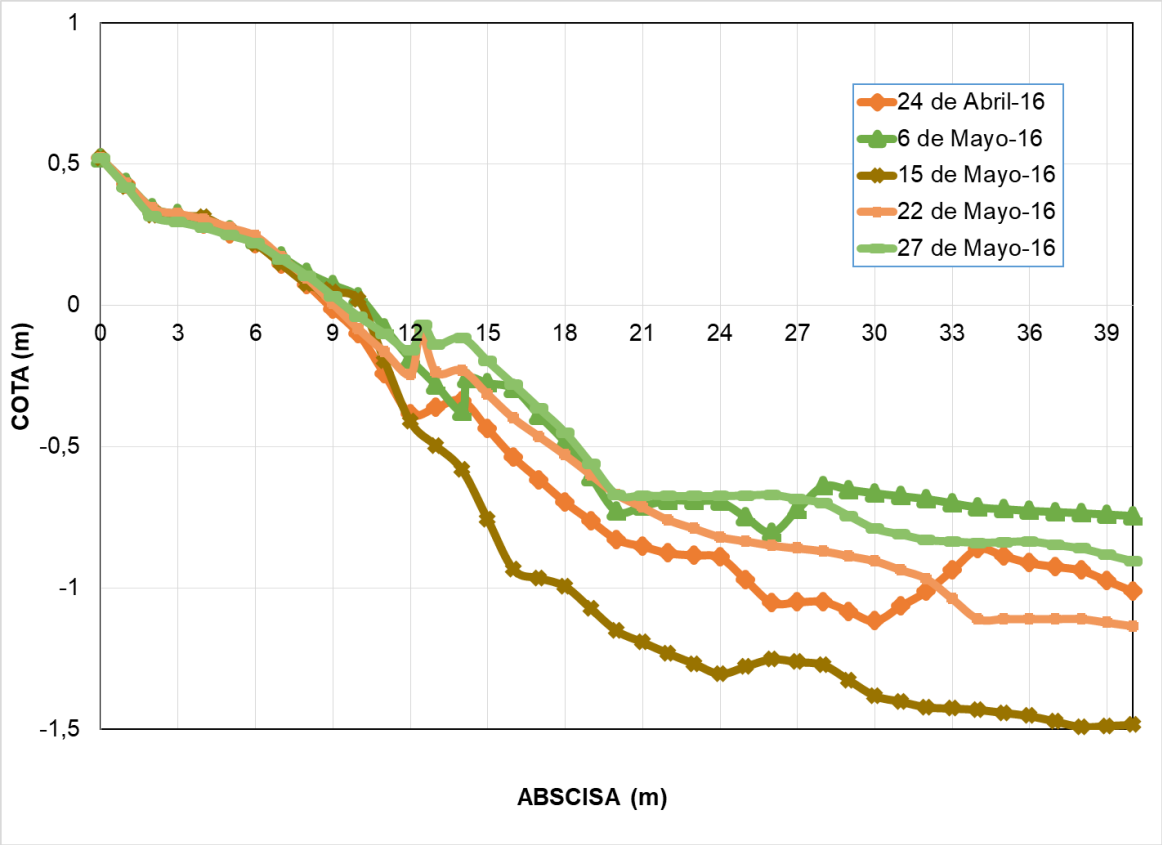


Figura 29. Superposición de las mediciones para el perfil 17-A

Fuente: Autor

Al analizar el perfil promedio con el perfil de equilibrio Dean promedio en la Figura 30, se notó más cercanía al perfil de equilibrio en la zona húmeda más cercana a la línea de costa, aunque conservando una inclinación hacia la erosión. Alrededor de los 15 metros del BM, en la zona mojada, se presenta erosión, que se extiende hasta la longitud restante del perfil medido, alejándose de manera abrupta y considerable del perfil de equilibrio. Luego el perfil 17-A no se encuentra en equilibrio, reflejándose más distante de este, la zona mojada a partir de los 15 metros de distancia del BM.

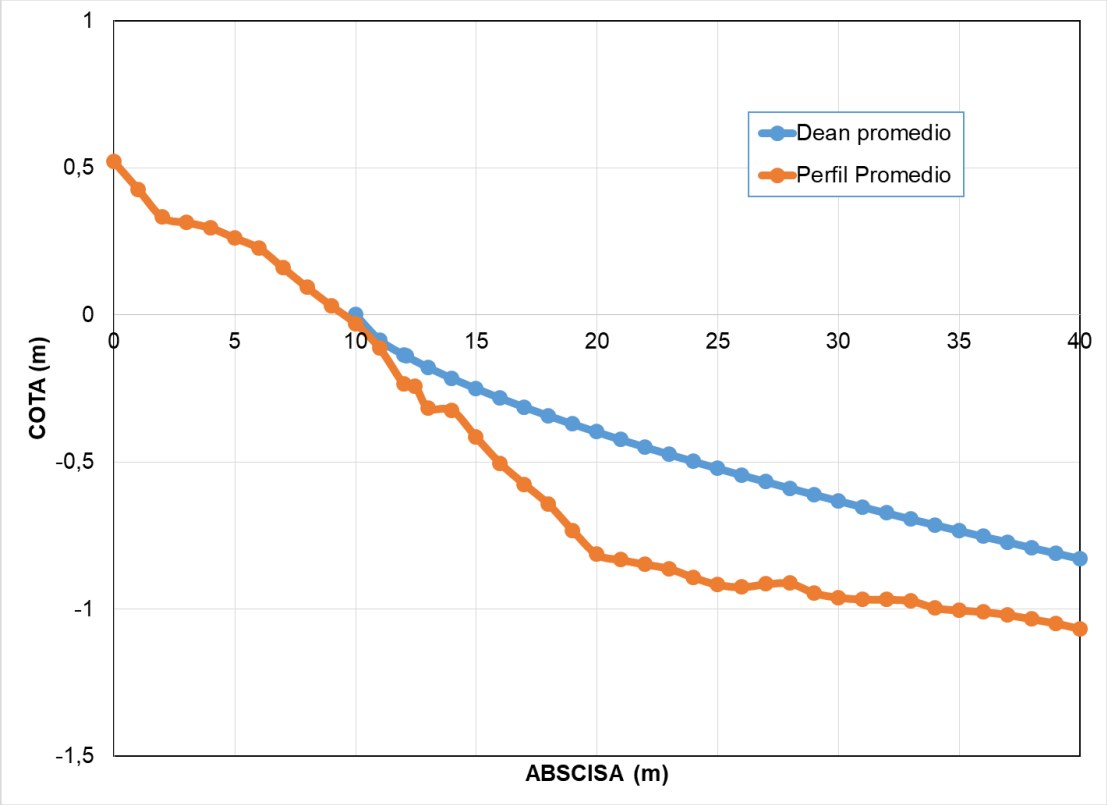


Figura 30. Comparación del perfil promedio con el perfil de equilibrio de Dean (Perfil 17-A).

Fuente: Autor

6.4. CLASIFICACION GEOMORFOLOGICA

Para hacer la clasificación geomorfológica y conocer el tipo de rotura de oleaje que presenta esta playa se recurrió a información suministrada por el Grupo de Investigación OCEANICOS de la Universidad de Nacional – Sede Medellín, Boletines Científicos del CIOH y por la Universidad de Cartagena en convenio con COLCIENCIAS (Universidad de Cartagena & Alcaldia Mayor de Cartagena de Indias, 2010).

Las direcciones de oleaje que se presentaron para las fechas de estudio fueron norte (N) y noroeste (NW), entre 313° y 358°.

Se calculó el parámetro Omega (**Ω**), para las direcciones de ola para cada jornada de medición, teniendo en cuenta los periodos (T_s) y alturas de oleaje (H_b) típicos para una probabilidad del 50% y 90% de ocurrencia, suministrados por el estudio mencionado anteriormente. Con este se clasifica el tipo de playa.

De igual manera se estableció el número de Iribarren a la rotura, para estimar el tipo de rotura de ola que se produce en esa playa.

Se determinó que el estado de esta playa es de tipo intermedio en casi la totalidad de las condiciones posibles, clasificándola como Playa Intermedia con barras rítmica, coincidente con un rango de pendiente entre 0.05 y 0.1 según Wright & Short. En estas playas suelen aparecer formas aconchadas (barras crecientes) lo que hace que parezca rota en varios puntos al llegar la ola a la costa. De igual manera suele predominar la arena fina y media, concordando así con los resultados del análisis sedimentológico. En solo uno de los casos se presenta un tipo de playa disipativo para las condiciones dadas (Tabla 16 y Tabla 17), correspondiente también a pendientes bajas, baja tasa de cambio en el tamaño de grano y alturas de ola un poco más grandes.

Tabla 16 *Parámetro Omega Ω y Número de Iribarren a la rotura para el caso descrito*

Para alturas de ola (Hb) y periodos (Ts) que se producen el 50% del tiempo										
Perfil	**Direccion de Ola**	**Hb (m)**	**Ts (s)**	**w (m/s)**	**Tan β**	**g (m/s2)**	**Ω**	**Irb**	**Estado**	**Tipo de rotura de oleaje**
17	**N**	0,8	7	0,0286	0,010	9,81	4,00	0,099	Intermedio	Descrestamiento
	NW	0,65	6,75	0,0286	0,010	9,81	3,37	0,106	Intermedio	Descrestamiento
17-A	**N**	0,8	7	0,0589	0,015	9,81	1,94	0,149	Intermedio	Descrestamiento
	NW	0,65	6,75	0,0589	0,015	9,81	1,63	0,159	Intermedio	Descrestamiento

Fuente: Autor.

Tabla 17 *Parámetro Omega Ω y Número de Iribarren a la rotura para el caso descrito*

Para alturas de ola (Hb) y periodos (Ts) que se producen el 90% del tiempo										
Perfil	**Direccion de Ola**	**Hb (m)**	**Ts (s)**	**w (m/s)**	**Tan β**	**g (m/s2)**	**Ω**	**Irb**	**Estado**	**Tipo de rotura de oleaje**
17	**N**	1,32	7,5	0,0286	0,0101	9,81	6,16	0,082	Disipativo	Descrestamiento
	NW	0,99	7	0,0286	0,0101	9,81	4,95	0,089	Intermedio	Descrestamiento
17-A	**N**	1,32	7,5	0,0589	0,0152	9,81	2,99	0,124	Intermedio	Descrestamiento
	NW	0,99	7	0,0589	0,0152	9,81	2,40	0,134	Intermedio	Descrestamiento

Fuente: Autor

El tipo de rotura que se presenta es descrestamiento para todos los casos estudiados, para este tipo de rotura al romper la ola, se va perdiendo gradualmente y de forma progresiva la energía de oleaje, haciéndola más débil en cuanto más se aproxima a la línea de costa. Este tipo de rotura en común en la mayoría de playas de Cartagena, y es común cuando una ola con gran energía acumulada, rompe en una playa de pendiente pequeña.

7.CONCLUSIONES

Los resultados sedimentológicos arrojaron para playa seca un D10 de 0,1527 mm promedio, D50 de 0,2304 mm promedio y un D90 de 0,3389 mm promedio; para línea de costa un D10 promedio de 0,1796 mm, D50 promedio de 0,2536 mm y D90 de 0,4483 mm promedio y en playa mojada un D10 de 0,1506 mm promedio, D50 de 0,2223 mm promedio y D90 de 0,4455 mm promedio. Para los rangos de tamaño obtenidos la arena se puede clasificar como fina a media de acuerdo con la ASTM

En todas las jornadas de medición se presentó mayor diámetro medio en la zona de línea de costa, seguido de la zona seca, y el diámetro más fino correspondió a la zona mojada.

Los perfiles presentan pendientes suaves y comportamiento en su mayoría erosivos con transportes de sedimentos a lo largo del perfil. Con respecto a otros años, el comportamiento del perfil ha variado ya que presentaba recuperación para los estudios en el año 2007 y 2012, y actualmente mantiene una tendencia acelerada hacia la erosión. La línea de costa ha presentado un proceso erosivo no concordante con la tendencia descrita para el último estudio sobre esta zona, en a que la variación en la línea de costa era mínima. Este proceso erosivo refleja ser más crítico actualmente, puesto que en cuatro años la línea de costa se ha desplazado 20 metros hacia el BM, aproximadamente. Resulta preocupante, ya que aunque no afecta la banca de la vía, si impacta el área de playa amenazando con desaparecerla en corto plazo, pudiendo deberse lo anterior a la intervención antrópica próxima a la zona de estudio.

Las direcciones de oleaje que se presentaron para las fechas de estudio fueron norte (N) y noroeste (NW), entre 313° y 358°, que para las alturas de ola y los periodos típicos arrojó, a partir del parámetro Omega Ω de 1,63 hasta 4,95 un comportamiento de playa de tipo intermedio con barras rítmicas y una rotura de tipo descrestamiento (Números de Iribarren de 0,099 a 0,134), lo que se refleja con un transporte de arena fina a media para rangos de la ASTM.

El ajuste del perfil por el método Dean, revela que las playas no están en equilibrio y que están pasando por un fuerte proceso de erosión y en algunas zonas, por procesos mínimos de acreción. Luego la variación de la línea de costa ratifica la inestabilidad de la playa y el impacto que se ha generado en esta zona luego de la construcción del Malecón de Crespo. Anteriormente se habían implementado estructuras costeras como por ejemplo la Bocana, en diferentes zonas incidentes en esta playa, lo cual genero un proceso de erosion marcado para cada época de cambio, asimismo las estructuras costeras en Crespo generaron un desequilibrio, del que no se puede afirmar su permanencia, luego de que el perfil 17 se acerca al perfil de equilibrio de Dean. El efecto de estas estructuras implementadas en la línea de costa han generado retrocesos, que han sido estabilizados a lo largo del tiempo, con el fin de buscar el perfil de equilibrio, por lo que se está reactivando un nuevo ciclo de cambio con la construcción del Malecón de Crespo. Toda vezque se implementa una estructura o construcción costera, en alguna zona que tenga incidencia en la playa en estudio, se reactiva el proceso de erosión y luego de estabilización.

Para alcanzar el equilibrio las playas continuarán con la tendencia a erosionarse.

De acuerdo con las variaciones de línea de costa evaluadas de las imágenes de Google para los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016 se ratifica la inestabilidad de la playa con un retroceso aproximado de 20 metros entre estos años, lo que permite concluir que se ha reactivado un ciclo de cambio en esta zona luego de la construcción de la estructuras de protección del Malecón de Crespo.

La playa, de tipo intermedio con barras rítmicas y rotura en descrestamiento, se encuentra atravesando por un considerable desequilibrio, partiendo del hecho de que el perfil promedio se encuentra alejado del perfil de Dean. Esta inestabilidad, generada por la erosión de esta playa, amenaza la existencia de este margen costero y de no tomarse medidas, el mar podría aproximarse a la banca de la vía en un corto plazo. Este proceso podría generar una reacción en cadena para las zonas próximas al lugar del estudio, convirtiéndose en una situación crítica y que demanda mayor atención e investigación.

Se recomienda hacer un seguimiento continuo de la zona estudiada, con el fin de mejorar y conocer ampliamente el comportamiento y la estabilidad de la playa referida. Estos seguimientos deben considerar las fechas en que se realizaron los precedentes, para evitar variaciones debido a las épocas del año y factores climáticos.

Se sugiere igualmente a los entes encargados tomar medidas para proteger esta playa, ya sea con estructuras que aminoren la intrusión del mar a la costa y el trasporte por deriva litoral de sedimentos originados por el relleno hidráulico hecho para las estructuras del Malecón de Crespo. Se sugiere considerar la realización de rellenos (se consideran los más adecuados de acuerdo con los lineamientos de los investigadores holandeses de “construir con la naturaleza), para el aumento de zona seca de playa, no sin antes evaluar la posible erosión que este genere en zonas próximas.

8.RECOMENDACIONES

Hubo retraso en el cronograma estipulado para conseguir datos de marea y oleaje que son suministrados por entes independientes de la Universidad de Cartagena (CIOH), por lo que se recomienda que la Universidad adquiera u opere los equipos de manera constante durante periodos donde se estén realizando trabajos de grado de este tipo; lo anterior no pondría limitaciones a los investigadores y no se requeriría el uso de Modelos de Proyección. Para próximos estudios sería ideal que se cumplan con los cronogramas y así se puedan realizar más mediciones, y con lapsos de tiempo mayores entre ellas.

De igual manera seria ideal que se realicen estudios de oleaje y mareas específicos y periódicos para la zona de estudio, con el fin de contar con datos más exactos y determinar parametros actualizados para determinación del tipo de playa y de rotura de la ola.

El punto BM 17 (perfil 17) fue rodado 5 metros para facilidades de medición pero lo anterior no representa gran variación dentro de rango de resultados.

Se sugiere al grupo de investigación de Manejo Hidráulico y Ambiental de la Zona Costera (GIHMAC), la adquisición de equipos propios para la realización de estos estudios y similares.

De igual forma seria ideal que los lapsos de tiempo de mediciones sean más largos, y que incluyan mediciones para épocas de invierno y verano en un mismo estudio; así se podría concluir con respecto a la incidencia del clima en los parámetros con más precisión y certeza.

9.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agamez Anillo, M., & Maza Tabares, A. (2002). *VARIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA, SECTOR CABRERO-CRESPO COMPRENDIDO ENTRE LA CURVA DE SANTO DOMINGO (INTERSECCIÓN CALLE 41 CON CARRERA 1ª) Y CENTRO RECREACIONAL COMFENALCO (CALLE 62 CON AVENIDA 1ª).* Cartagena de Indias: Trabajo de Grado, Universidad de Cartagena.

Aguilar, R., & Jimenez, M. (2005). *CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS PLAYAS DE CARTAGENA: SECTOR PUNTA SANTO DOMINGO HASTA LA PLAYA SUR DE LA BOCANA.* Cartagena: Trabajo de Grado, Universidad de Cartagena.

Berdugo, E., & Diaz, N. (2009). *COMPORTAMIENTO ESTACIONAL DE LOS PERFILES DE PLAYA EN SECTORES DE CARTAGENA (ÉPOCA DE LLUVIAS).* Cartagena: Trabajo de Grado, Universidad de Cartagena.

Bernabeu, A., Medina , R., Vidal, C., & Muñoz, J. (2001). ESTUDIO MORFOLÓGICO DEL PERFIL DE PLAYA: MODELO DE PERFIL DE EQUILIBRIO EN DOS TRAMOS. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, Vol. 14 (3-4).

Bernabeu, A., Medina, R., & Vidal, C. (2002). EFECTO DE LA REFLEXIÓN SOBRE LA FORMA DE EQUILIBRIO DEL PERFIL DE PLAYA: VALIDACIÓN PARA LA COSTA DE LA PENINSULA IBERICA. *Revista C & G*, 16-(1-4), 83-95.

Bessa Jr, O., & Angulo, R. (2003). VOLUMETRIC VARIATIONS ON THE BEACHES OF THE SOUTH SEASHORE OF PARANA, STATE OF BRAZIL. *Journal of Coastal Research*.

Bonfante, N., & Avendaño, C. (2012). *CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS PLAYAS DE*

CARTAGENA: SECTOR MARBELLA. Cartagena: Trabajo de Grado, Universidad de Cartagena.

Department of Transportation Federal Highway Administration FHWA. (2008). *FHWA.* Obtenido de Highways in the Coastal Environment: Second Edition.: http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/07096/07096.pdf

Direccion De Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado el 20 de Agosto de 2015. (s.f.). *MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DEL SALVADOR.* Obtenido de http://www.snet.gob.sv/ver/oceanografia/seccion+educativa/erosion+costera/

El Tiempo. (31 de Julio de 2015). Cartagena reclama "indemnizacion" por ataque de España hace 200 años. *El Tiempo*.

Farrell, G. (2007). *CLIMATE CHANGE IMPACTS ON COASTAL AREAS.* Irlanda.

Guillén Aranda, J. B. (1990). *Instituto de Ciencias del Mar.* (D. J. Guillen, Ed.) Recuperado el 8 de Agosto de 2015, de http://ww2.icm.csic.es/gma/es/content/geologia-del-litoral

Horrillo Caraballo, J. M., & Reeve, D. E. (2007). The use of Canonical Correlation Analysis to determine the relationship between beach profiles, waves and storm surges in the southeastern coast of England, UK. Proceedings of Flood Risk Assessment. *II Conference Institute of Mathematic &its Applications* (págs. 121-130). Southen on Sea.

Kure, M. (14 de Diciembre de 2010). *You Tube*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=HFkz6bHBbww

Lamadrid, R. (2005). *Clasificación geomorfológica y análisis de los perfiles de playas en los sectores Castillo Grande, Laguito y Bocagrande, en Cartagena Universidad De Cartagena*. Cartagena: Trabajo de Grado, Universidad de Cartagena.

Larson, M. (Modificado por A.M. Bernabeu , R. Medina , C. Vidal y J.J. Muñoz-Pérez de 1991). Equilibrium profile of a beach with varying grain size. *Proceecliizgs of Coastal Sediiizeizts'91*. Revista de la Sociedad Geologica de España Vol 14 (3-4) 2001.

Larson, M., Capobianco, M., & Hanson, H. (2000). *Relationship between beach profiles and waves at Duck, North Carolina, determined by canonical correlation analysis.* Carolina del Norte.

Martínez Díaz, A., & BIOPESCA. (2002). *ESTUDIO MULTIDISCIPLINARIO DE LA BAHÍA SANTA ROSALIITA, B. C. EN EL MARCO DEL PROYECTO ESCALERA NÁUTICA.* Long Beach, California: Algalita Marine Research Foundation.

Maza Figueroa, J. d., & Rangel Fajardo, T. (2015). *ESTUDIO DE PERFILES PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTADOS MODALES DE PLAYA EN EL SECTOR LA BOQUILLA EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS.* Cartagena de Indias - Colombia: Tesis de Grado Universidad de Cartagena.

Maza Gonzales, K. (2009). *ESTUDIO DE LAS CONDICIONES GEOMORFOLÓGICAS ACTUALES Y MOVILIDAD DE UNA ENTRADA COSTERA. CASO DE ESTUDIO: BOCA DE EL LAGUITO*. Cartagena: Trabajo de Grado, Universidad de Cartagena.

Medina, R., Losada, I., Lozada, M., & Vidal , C. (1995). VARIABILIDAD DE LOS PERFILES DE PLAYA: FORMA Y DISTRIBUCION GRANULOMETRICA. *Ingenieria del Agua, II*(Extraordinario), 133-142.

Medina, R., Vidal, C., & Gonzalez, M. (2001). Modelado de la morfodinámica de playas por medio de formulaciones de «Equilibrio». *Fisica de la Tierra; Universidad Complutense de Madrid*, 95-106.

Mestre Alcántara, A. (25 de Enero de 2014). Holandeses buscaran soluciones a problemas costeros en Region Caribe. *El Universal*.

Miami Diario. (22 de Julio de 2015). *Miami Diario.* Obtenido de http://www.miamidiario.com/politica/gobierno/miami/miami-dade/alcalde-de-miami-dade/carlos-gimenez/invertira-/playas-de-miami/40-millones-de-dolares/arena-blanca/playas-de-cuba/341296

Moreno , D., Huertas, B., Castillo, B., & Castro , B. (2003). EFECTOS SOBRE LA LINEA DE COSTA DE LOS ESPOLONES CONSTRUIDOS EN LA BOCANA ESTABILIZADA DE LA CIENAGA DE LA VIRGEN, EN CARTAGENA DE INDIAS. *Conferencia internacional Usos Multiples del Agua: para la vida y el desarrollo sostenible*, 32-35.

Moreno Egel, D. (2011). Apuntes de Clase de Hidraulica Maritima y Costera. *Sin Publicar*. Cartagena: Universidad de Cartagena.

Moreno, D., Agamez, M., Castro, G., & Voulgaris, G. (2003). *Beach Morphology and Coastal Protection along Headland Bays in Cartagena de Indias, Colombia.* Cartagena de Indias.

Osorio, A. (2011). Sistema de monitoreo costero HORUS: Aplicación en la gestión del riesgo por erosión e inundación en Cartagena. OCENICOS. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellin.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente . (2004). Mexico.

Rangel Fajardo , T., & Maza Figueroa , J. J. (2014). *ESTUDIO DE PERFILES PARA LA DETERMINACION DE ESTADOS MODALES DE PLAYA EN EL SECTOR LA BOQUILLA EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS.* Cartagena de Indias-Colombia: Tesis de Grado , Universidad de Cartagena.

Restrepo , J. C., Otero, L., Casas, A. C., Henao , A., & Gutierrez, J. (2012). SHORELINE CHANGES BETWEEN 1954 AND 2007 IN THE MARINE PROTECTED AREA

OF THE ROSARIO ISLAND ARCHIPELAGO (CARIBBEAN OF COLOMBIA). *Ocean & Coastal Management 69*, 133-142.

Tood, L., Walton, J., & Dean, R. (2007). Temporal and Spatial Change in Equilibrium Beach Profiles from the Florida Panhandle. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean*, 364-376.

U.S. Army Corps of Engineers, D. B. (2002). Coastal Sediment Processes. Part III. *Coastal Engineering Manual (CEM)*, 1- 41.

Universidad de Cartagena, & Alcaldia Mayor de Cartagena de Indias. (2010). *Estudios de recuperación y protección costera para la construcción y ampliación de las Avenidas Santander y Primera de Bocagrande, desde el barrio Crespo hasta el Laguito*. Cartagena de Indias: Contrato No. 188, Universidad de Cartagena, Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental (IHSA).

Vega de Seaone, L., Gallego Fernandez, J., Vidal Pascual, C., Ministerio de Ambiente, & Ministerio de Medio Ambiente de Cantabria. (2007). Procesos Fisicos. *Manual de Restauracion de Dunas Costeras*, 21- 73.

Vernette, Leuseur, P., & Georges. (1981). *PROCESOS DE EROSION EN LAS PLAYAS DE MANZANILLO*. Cartagena.

Vidal, C., Losada, M., Medina, R., & Losada, I. (1995). MODELOS DE MORFODINÁMICA DE PLAYAS. *Ingenieria del Agua Vol 2 Número Extraordinario*, 55-65.

Wright, L. D., & Short, A. D. (1984). MORPHODYNAMIC VARIABILITY OF SURF ZONES AND BEACHES: A SYNTHESIS. *Marine Geology*, 93-118.

ANEXOS

ANEXO A: SEDIMENTOLOGIA

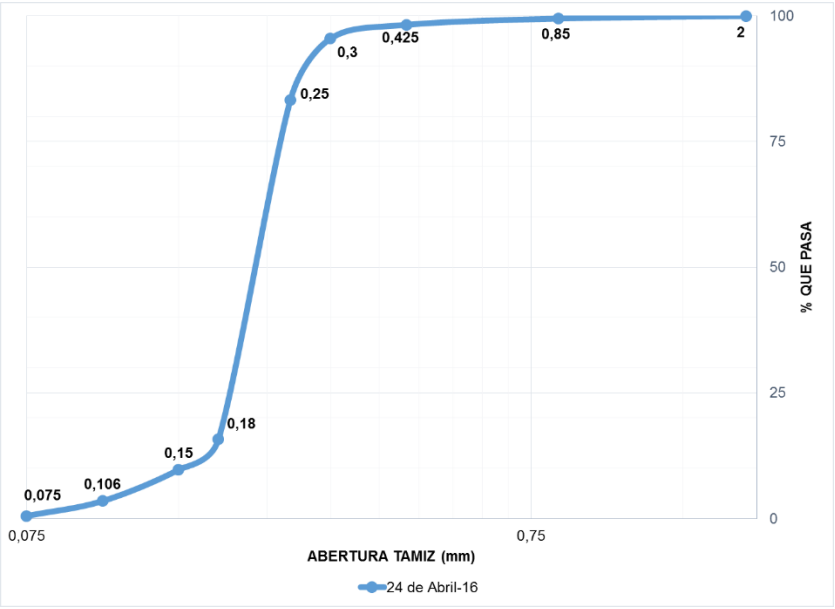
1. Análisis y parámetros sedimentológicos para el perfil 17

	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**SECO 1**

Peso Recipiente (gr)			96,4	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			497,1
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,7	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			479,7
				Peso seco no lavado			383,3
				W %			4,5395252
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392,3	10	392,3	0	0	0,000	100
0,85	403,7	20	405,6	1,9	0,500	0,500	99,500
0,425	380,5	40	385,2	4,7	1,236	1,736	98,264
0,3	386,3	50	396,8	10,5	2,762	4,498	95,502
0,25	311,9	60	358,2	46,3	12,178	16,675	83,325
0,18	298,2	80	555,1	256,9	67,570	84,245	15,755
0,15	413,6	100	436,5	22,9	6,023	90,268	9,732
0,106	358,4	140	382,2	23,8	6,260	96,528	3,472
0,075	355,3	200	366,5	11,2	2,946	99,474	0,526
Fondo	373,5	Fondo	375,5	2	0,526	100,000	0
		Total		380,2	δ	0,81%	

Unidades mm			
Cu	0,642229027	**Unidades Phi**	
Cz	1,196685184	**φ16**	-2,46873983
D10	0,151693447	**φ50**	-2,27182738
D30	0,207067439	**φ84**	-1,98302289
D50	0,22853593	**Diam. Medio (Mdφ)**	-2,27182738
D60	0,236198367	**Diam. Prom (Mφ)**	-2,22588136
D90	0,278248515	**Desviación (σφ)**	0,24285847
Diam. Medio (Md)	0,22853593	**Sesgo (αφ)**	0,18918848
Diam. Prom (M)	0,214970981		
Desviación (σ)	0,063277534		
Sesgo (α)	-0,214372278		



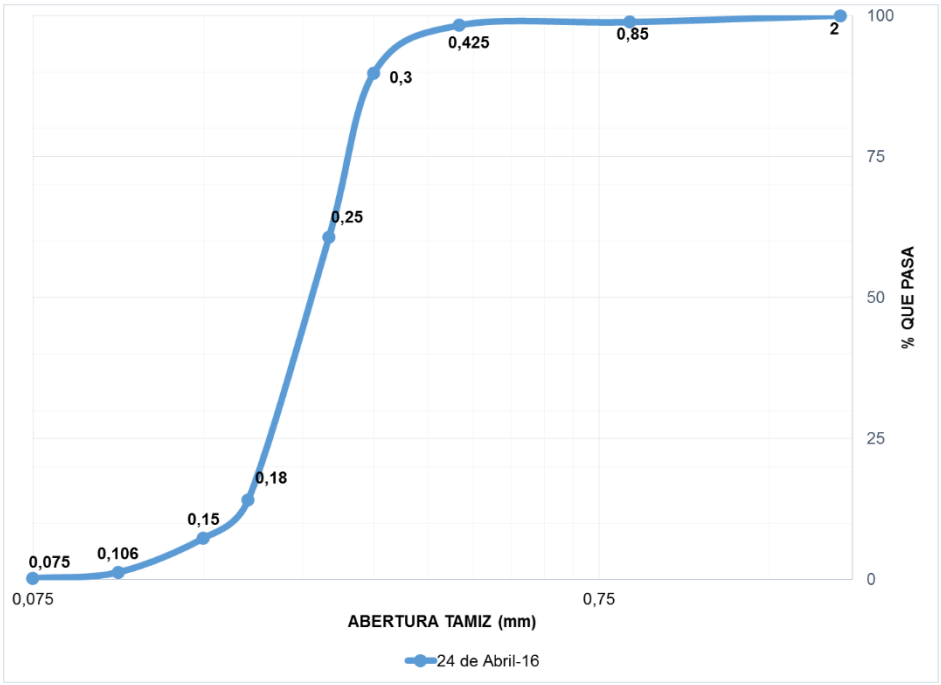
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**SECO 2**

Peso Recipiente (gr)			97,5	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			497,8
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,3	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			385,7
				Peso seco no lavado			288,2
				W %			38,8965996
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392,3	10	392,3	0	0	0	100
0,85	403,7	20	407	3,3	1,149	1,149	98,851
0,425	380,5	40	382,1	1,6	0,557	1,706	98,294
0,3	386,3	50	410,6	24,3	8,461	10,167	89,833
0,25	311,9	60	395,6	83,7	29,143	39,311	60,689
0,18	298,2	80	431,9	133,7	46,553	85,864	14,136
0,15	413,6	100	433,1	19,5	6,790	92,653	7,347
0,106	358,4	140	375,8	17,4	6,058	98,712	1,288
0,075	355,3	200	358,3	3	1,045	99,756	0,244
Fondo	373,5	Fondo	374,2	0,7	0,244	100,000	0
		Total		287,2	δ	0,35%	

Unidades mm	
Cu	0,65797443
Cz	1,14111622
D10	0,16413245
D30	0,21614983
D50	0,24069173
D60	0,24945111
D90	0,30258127
Diam. Medio (Md)	0,24069173
Diam. Prom (M)	0,23335686
Desviación (σ)	0,06922441
Sesgo (α)	-0,10595783

Unidades Phi	
φ16	-2,42701951
φ50	-2,05474152
φ84	-1,77872455
Diam. Medio (Mdφ)	-2,05474152
Diam. Prom (Mφ)	-2,10287203
Desviación (σφ)	0,32414748
Sesgo (αφ)	-0,14848337



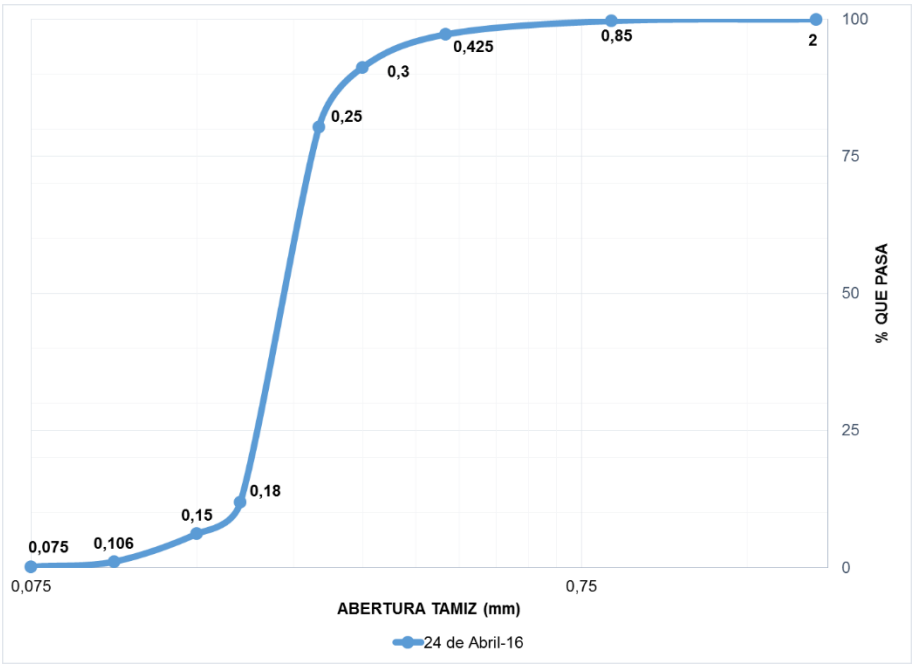
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**SECO 3**

Peso Recipiente (gr)			97	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			497,7
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,7	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			453,6
				Peso seco no lavado			356,6
				W %			12,366798
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392,3	10	392,3	0	0,000	0,000	100,000
0,85	403,7	20	404,7	1	0,287	0,287	99,713
0,425	380,5	40	389,1	8,6	2,468	2,755	97,245
0,3	386,3	50	407,3	21	6,026	8,780	91,220
0,25	311,9	60	349,8	37,9	10,875	19,656	80,344
0,18	298,2	80	536,8	238,6	68,465	88,121	11,879
0,15	413,6	100	433,5	19,9	5,710	93,831	6,169
0,106	358,4	140	376,2	17,8	5,108	98,938	1,062
0,075	355,3	200	358,5	3,2	0,918	99,857	0,143
Fondo	373,5	Fondo	374	0,5	0,143	100,000	0
		Total		348,5	***δ***	2,27%	

Unidades mm	
Cu	0,71921813
Cz	1,11108398
D10	0,17211445
D30	0,21392447
D50	0,23263105
D60	0,23930772
D90	0,29469892
Diam. Medio (Md)	0,23263105
Diam. Prom (M)	0,23340669
Desviación (σ)	0,06129223
Sesgo (α)	0,0126547

Unidades Phi	
φ16	-2,38907594
φ50	-2,10388442
φ84	-1,9022539
Diam. Medio (Mdφ)	-2,10388442
Diam. Prom (Mφ)	-2,14566492
Desviación (σφ)	0,24341102
Sesgo (αφ)	-0,17164588



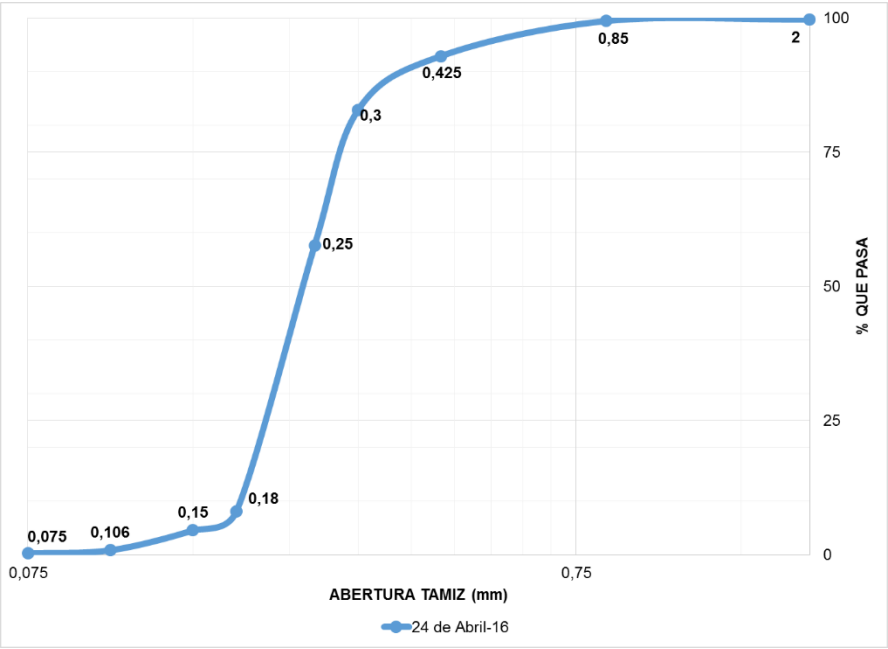
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**LC**

Peso Recipiente (gr)			96,3	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496,4
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,1	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			416,1
				Peso seco no lavado			319,8
				W %			25,109443
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392,3	10	393,2	0,9	0,286	0,286	99,714
0,85	403,7	20	404,6	0,9	0,286	0,571	99,429
0,425	380,5	40	401,1	20,6	6,539	7,110	92,890
0,3	386,3	50	418	31,7	10,063	17,173	82,827
0,25	311,9	60	391,2	79,3	25,172	42,345	57,655
0,18	298,2	80	454,4	156,2	49,583	91,928	8,072
0,15	413,6	100	424,8	11,2	3,555	95,483	4,517
0,106	358,4	140	370,1	11,7	3,714	99,197	0,803
0,075	355,3	200	357,1	1,8	0,571	99,768	0,232
Fondo	251,97	Fondo	252,7	0,73	0,232	100,000	0
		Total		315,03	δ	1,49%	

Unidades mm	
Cu	0,7343359
Cz	1,07243744
D10	0,18762482
D30	0,2267404
D50	0,2449281
D60	0,25550272
D90	0,39054757
Diam. Medio (Md)	0,2449281
Diam. Prom (M)	0,2890862
Desviación (σ)	0,10146137
Sesgo (α)	0,43522076

Unidades Phi	
φ16	-2,29082174
φ50	-2,02956979
φ84	-1,66506168
Diam. Medio (Mdφ)	-2,02956979
Diam. Prom (Mφ)	-1,97794171
Desviación (σφ)	0,31288003
Sesgo (αφ)	0,16500918



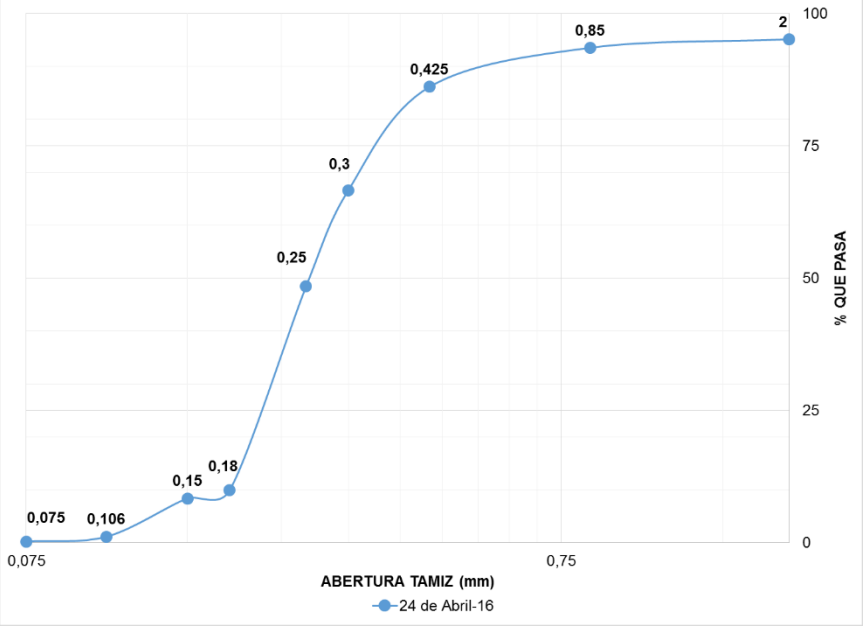
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**M1**

Peso Recipiente (gr)			95,7	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,3	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			416,2
				Peso seco no lavado			320,5
				W %			24,898596
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392,3	10	407,9	15,6	4,873	4,873	95,127
0,85	403,7	20	408,8	5,1	1,593	6,466	93,534
0,425	380,5	40	404,2	23,7	7,403	13,869	86,131
0,3	386,3	50	448,7	62,4	19,492	33,361	66,639
0,25	311,9	60	370,2	58,3	18,211	51,573	48,427
0,18	298,2	80	421,3	123,1	38,453	90,026	9,974
0,15	413,6	100	418,6	5	1,562	91,588	8,412
0,106	358,4	140	381,5	23,1	7,216	98,804	1,196
0,075	355,3	200	358,3	3	0,937	99,741	0,259
Fondo	251,97	Fondo	252,8	0,83	0,259	100,000	0
		Total		320,13	δ	0,12%	

Unidades mm	
Cu	0,63518439
Cz	1,02484192
D10	0,18011501
D30	0,22878547
D50	0,16005427
D60	0,28356334
D90	0,65149469
Diam. Medio (Md)	0,16005427
Diam. Prom (M)	0,41580485
Desviación (σ)	0,23568984
Sesgo (α)	1,08511498

Unidades Phi	
φ16	-2,31518486
φ50	-2,64336689
φ84	-1,27649527
Diam. Medio (Mdϕ)	-2,64336689
Diam. Prom (Mϕ)	-1,79584007
Desviación (σϕ)	0,5193448
Sesgo (αϕ)	1,63191549



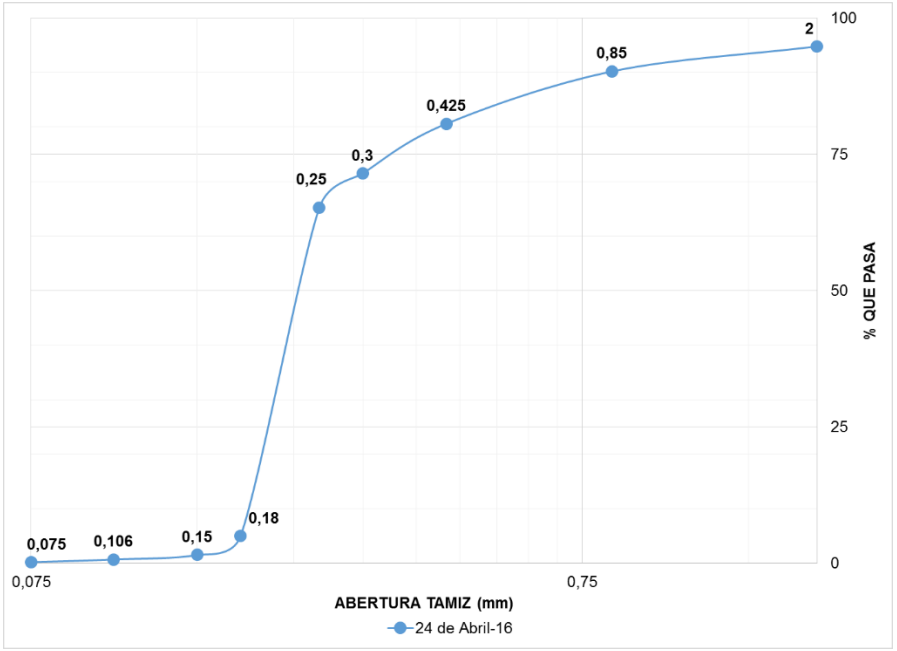
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**M2**

Peso Recipiente (gr)			101,6	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			501,9
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,3	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			413,44
				Peso seco no lavado			311,84
				W %			28,367111
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392,3	10	408,5	16,2	5,210	5,210	94,790
0,85	403,7	20	417,9	14,2	4,567	9,777	90,223
0,425	380,5	40	410,4	29,9	9,616	19,393	80,607
0,3	386,3	50	414,6	28,3	9,102	28,495	71,505
0,25	311,9	60	331,5	19,6	6,304	34,799	65,201
0,18	298,2	80	485,2	187	60,142	94,941	5,059
0,15	413,6	100	424,5	10,9	3,506	98,447	1,553
0,106	358,4	140	361	2,6	0,836	99,283	0,717
0,075	355,3	200	356,8	1,5	0,482	99,765	0,235
Fondo	251,97	Fondo	252,7	0,73	0,235	100,000	0
		Total		310,93	δ	0,29%	

Unidades mm	
Cu	0,80193957
Cz	1,06321003
D10	0,19865932
D30	0,22874291
D50	0,24273099
D60	0,24772355
D90	0,84067294
Diam. Medio (Md)	0,24273099
Diam. Prom (M)	0,51966613
Desviación (σ)	0,32100681
Sesgo (α)	0,86270798

Unidades Phi	
φ16	-2,24106886
φ50	-2,04256978
φ84	-1,09535423
Diam. Medio (Mdφ)	-2,04256978
Diam. Prom (Mφ)	-1,66821154
Desviación (σφ)	0,57285732
Sesgo (αφ)	0,65349299



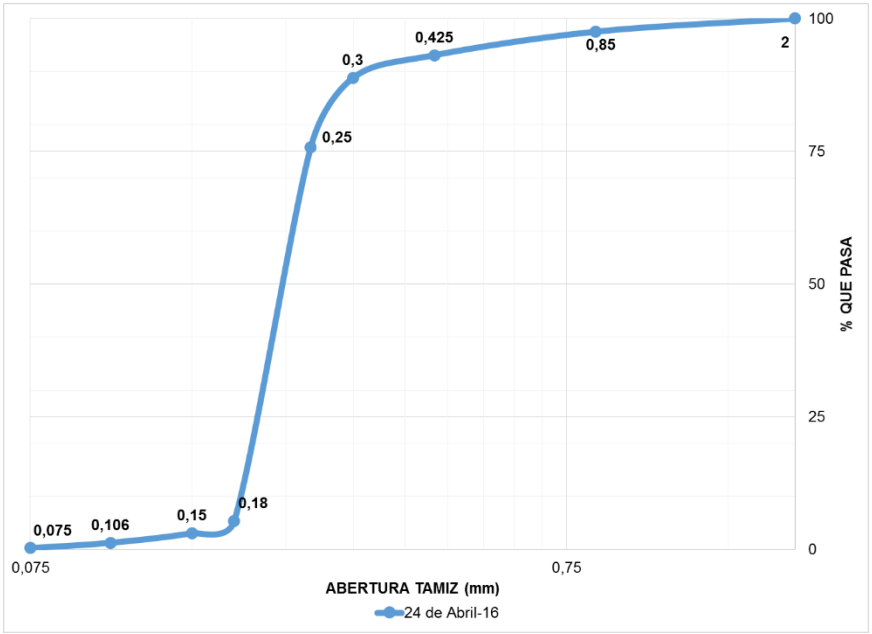
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	24-abr-16

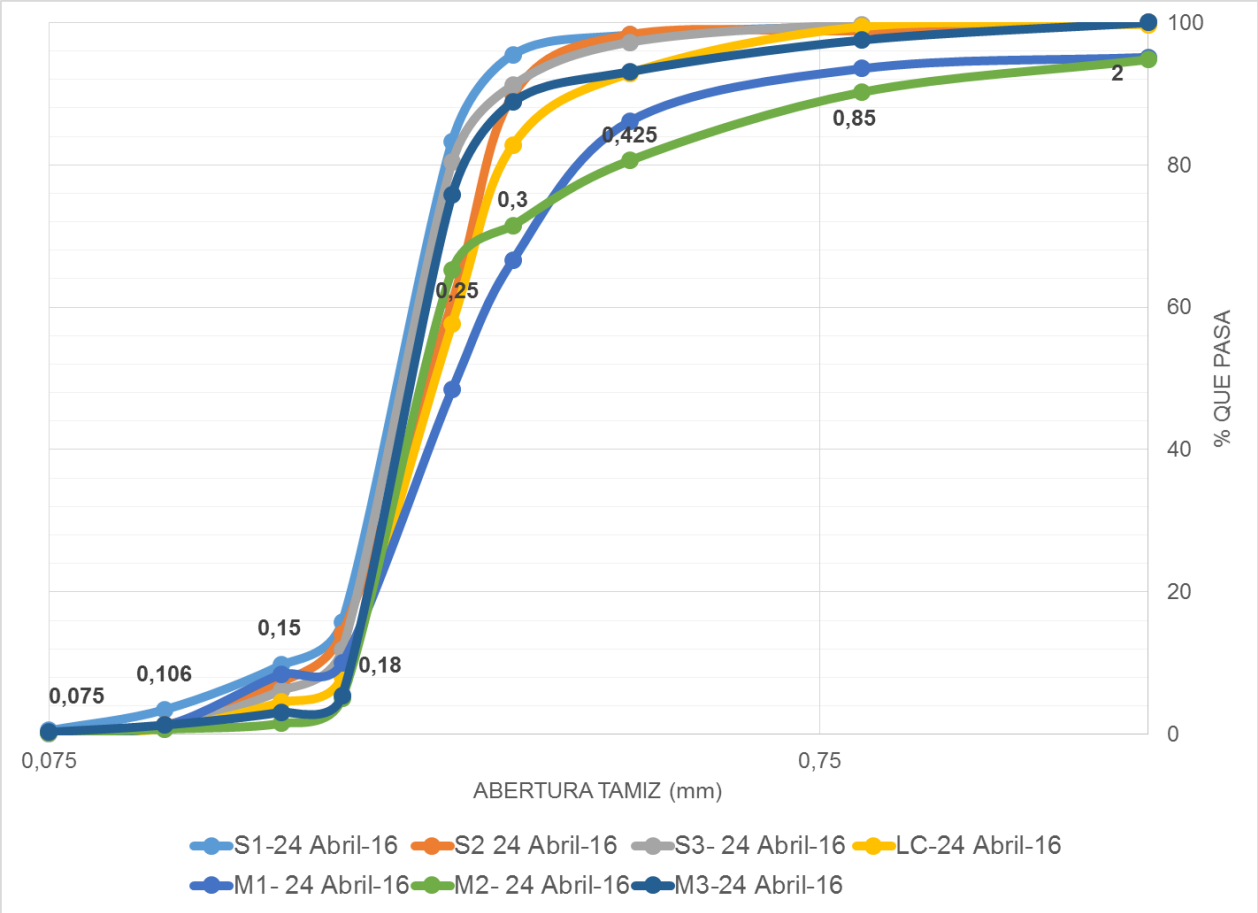
Muestra	**M3**

Peso Recipiente (gr)			97,2	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			497,6
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,4	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			406,52
				Peso seco no lavado			309,32
				W %			29,445235
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392,3	10	393,1	0,8	0,259	0,259	99,741
0,85	403,7	20	410,5	6,8	2,200	2,459	97,541
0,425	380,5	40	394,2	13,7	4,433	6,893	93,107
0,3	386,3	50	399,4	13,1	4,239	11,132	88,868
0,25	311,9	60	352,3	40,4	13,073	24,205	75,795
0,18	298,2	80	515,7	217,5	70,382	94,586	5,414
0,15	413,6	100	420,7	7,1	2,298	96,884	3,116
0,106	358,4	140	364	5,6	1,812	98,696	1,304
0,075	355,3	200	358,4	3,1	1,003	99,699	0,301
Fondo	251,97	Fondo	252,9	0,93	0,301	100,000	0
		Total		309,03	***δ***	0,09%	

Unidades mm	
Cu	-2,790745345
Cz	-0,30632173
D10	-0,680388013
D30	0,22541637
D50	0,238965608
D60	0,24380154
D90	0,333942337
Diam. Medio (Md)	0,238965608
Diam. Prom (M)	-0,173222838
Desviación (σ)	0,507165175
Sesgo (α)	-0,812730183

Unidades Phi	
φ16	-2,26020005
φ50	-2,0651251
φ84	-1,82471641
Diam. Medio (Mdφ)	-2,0651251
Diam. Prom (Mφ)	-2,04245823
Desviación (σφ)	0,21774182
Sesgo (αφ)	0,10409974




100
80
60
40
20
0
% QUE PASA
0,075
0,106
0,15
0,18
0,25
0,3
0,425
0,85
2
0,075
0,75
ABERTURA TAMIZ (mm)
S1-24 Abril-16
S2 24 Abril-16
S3- 24 Abril-16
LC-24 Abril-16
M1- 24 Abril-16
M2- 24 Abril-16
M3-24 Abril-16

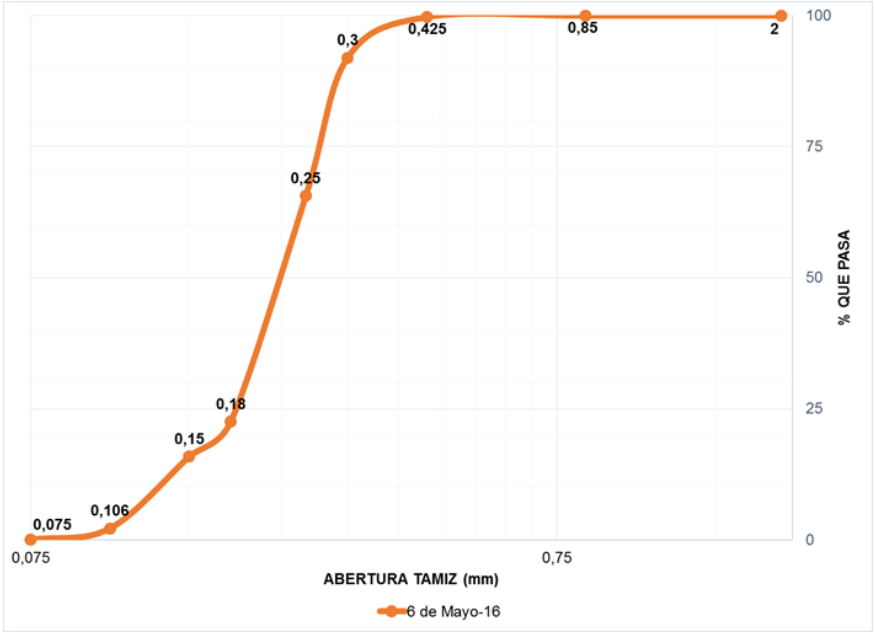
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	06-may-16

Muestra	**SECO 1**

Peso Recipiente (gr)			96,62	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496,68
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,06	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			478,02
				Peso seco no lavado			381,4
				W %			4,8925013
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	415,58	10	415,58	0	0	0	100
0,85	416,15	20	416,2	0,05	0,013	0,013	99,987
0,425	380,68	40	381,59	0,91	0,240	0,254	99,746
0,3	383,7	50	413,11	29,41	7,771	8,025	91,975
0,25	384,6	60	484,24	99,64	26,329	34,354	65,646
0,18	362,6	80	525,6	163	43,072	77,426	22,574
0,15	367,6	100	393,02	25,42	6,717	84,143	15,857
0,106	356,74	140	408,58	51,84	13,698	97,841	2,159
0,075	327,24	200	335,3	8,06	2,130	99,971	0,029
Fondo	372,6	Fondo	372,71	0,11	0,029	100,000	0
		Total		378,44	δ	0,78%	

Unidades mm	
Cu	0,57281949
Cz	1,15613724
D10	0,13982684
D30	0,19864899
D50	0,23214689
D60	0,2441028
D90	0,29678175
Diam. Medio (Md)	0,23214689
Diam. Prom (M)	0,2183043
Desviación (σ)	0,07847746
Sesgo (α)	-0,17638935

Unidades Phi	
φ16	-2,72966019
φ50	-2,10689017
φ84	-1,80312718
Diam. Medio (Mdφ)	-2,10689017
Diam. Prom (Mφ)	-2,26639369
Desviación (σφ)	0,4632665
Sesgo (αφ)	-0,34430186



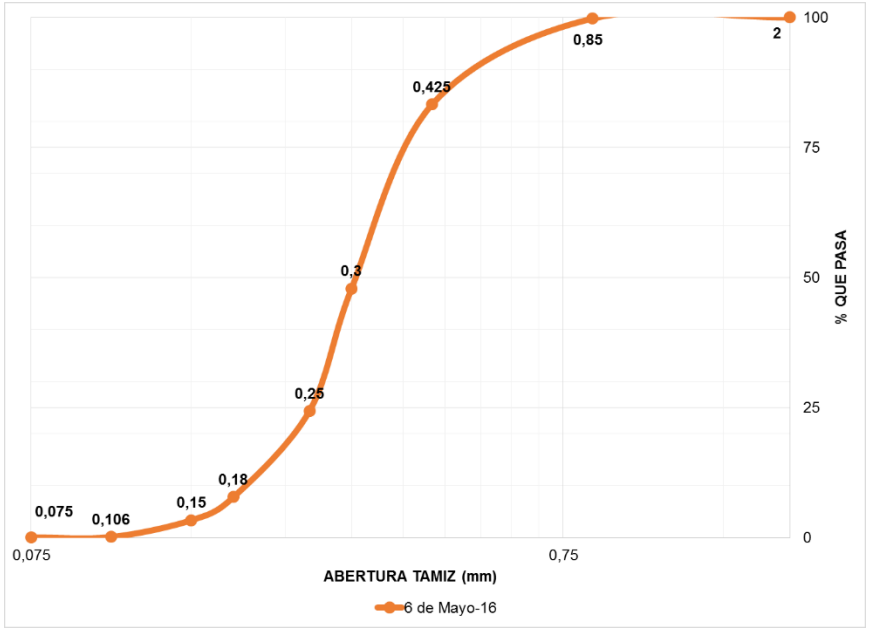
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	06-may-16

Muestra	**LC**

Peso Recipiente (gr)			96,15	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496,22
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,07	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			417,56
				Peso seco no lavado			321,41
				W %			24,473414
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	415,58	10	415,58	0	0	0	100
0,85	416,15	20	416,85	0,7	0,221	0,221	99,779
0,425	380,68	40	432,9	52,22	16,505	16,727	83,273
0,3	383,7	50	495,7	112	35,400	52,127	47,873
0,25	384,6	60	459,11	74,51	23,551	75,678	24,322
0,18	362,6	80	414,93	52,33	16,540	92,218	7,782
0,15	367,6	100	381,7	14,1	4,457	96,675	3,325
0,106	356,74	140	366,98	10,24	3,237	99,911	0,089
0,075	327,24	200	327,5	0,26	0,082	99,994	0,006
Fondo	372,6	Fondo	372,62	0,02	0,006	100,000	0
		Total		316,38	δ	1,56%	

Unidades mm	
Cu	0,5567335
Cz	1,02772639
D10	0,19540544
D30	0,26549217
D50	0,30981685
D60	0,35098559
D90	0,60757639
Diam. Medio (Md)	0,30981685
Diam. Prom (M)	0,40149091
Desviación (σ)	0,20608548
Sesgo (α)	0,44483517

Unidades Phi	
φ16	-2,15665592
φ50	-1,6905125
φ84	-1,16675526
am. Medio (Md	-1,6905125
iam. Prom (M	-1,66170559
Desviación (σφ	0,49495033
Sesgo (αφ)	0,05820161



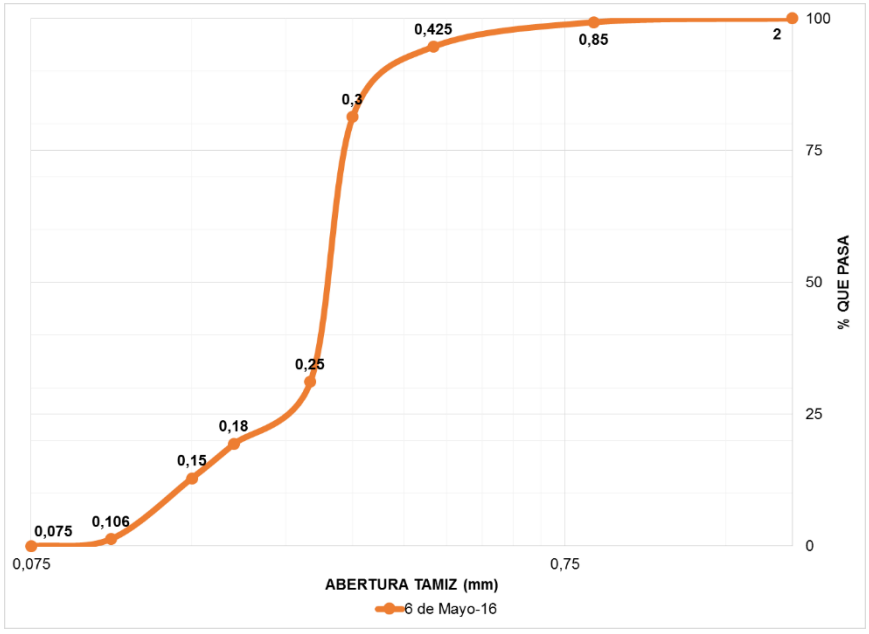
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	06-may-16

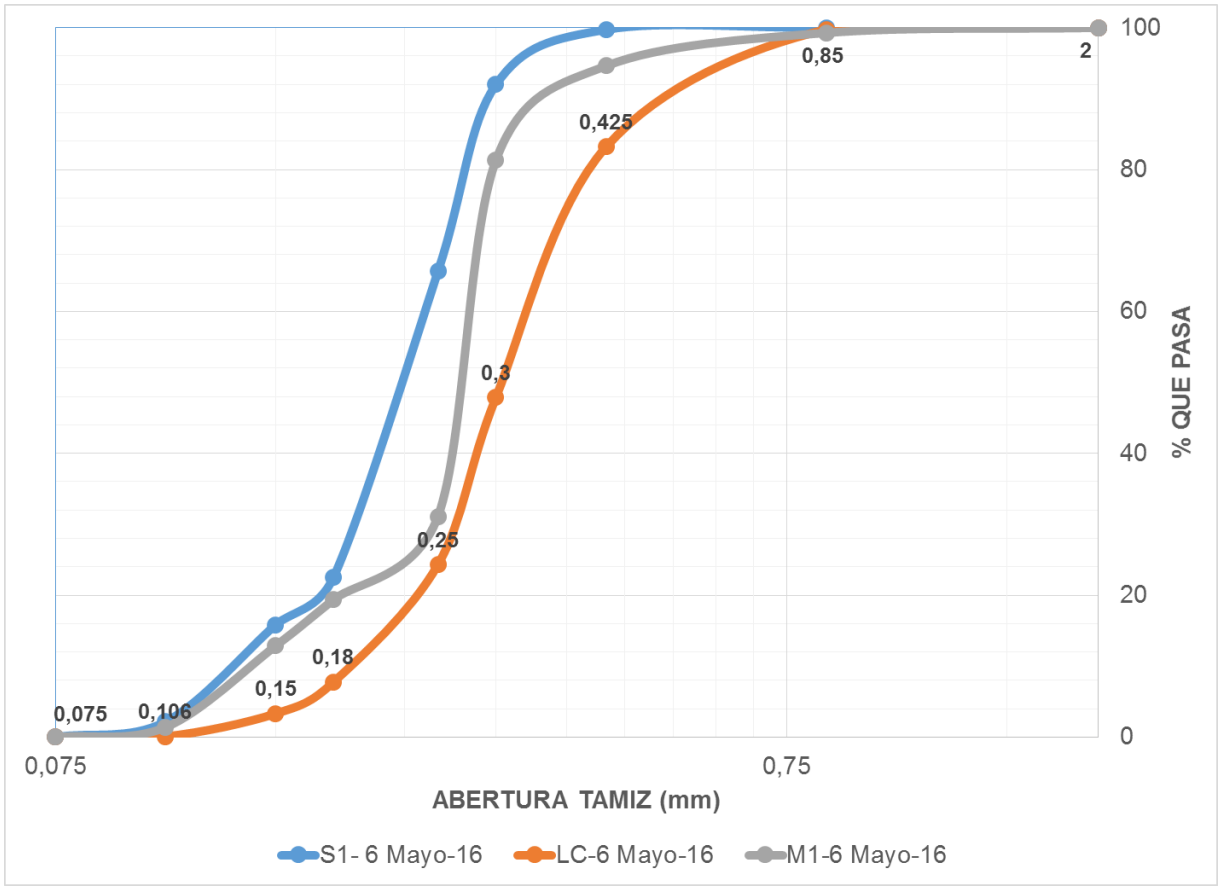
Muestra	**M1**

Peso Recipiente (gr)			94,43	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			494,57
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,14	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			416,12
				Peso seco no lavado			321,69
				W %			24,386832
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	415,58	10	415,58	0	0	0	100
0,85	416,15	20	418,4	2,25	0,7150802	0,715080248	99,28492
0,425	380,68	40	395,3	14,62	4,6464325	5,361512792	94,638487
0,3	383,7	50	425,63	41,93	13,325918	18,68743048	81,31257
0,25	384,6	60	542,51	157,91	50,185921	68,87335134	31,126649
0,18	362,6	80	399,51	36,91	11,730494	80,60384554	19,396154
0,15	367,6	100	388,1	20,5	6,5151756	87,11902113	12,880979
0,106	356,74	140	392,9	36,16	11,492134	98,61115525	1,3888447
0,075	327,24	200	331,58	4,34	1,3793103	99,9904656	0,0095344
Fondo	372,6	Fondo	372,63	0,03	0,0095344	100	0
		Total		314,65	***δ***	2,19%	

Unidades mm	
Cu	0,51024819
Cz	1,45133266
D10	0,14499868
D30	0,24454388
D50	0,27467927
D60	0,28417285
D90	0,38360786
Diam. Medio (Md)	0,27467927
Diam. Prom (M)	0,26430327
Desviación (σ)	0,11930459
Sesgo (α)	-0,08697067

Unidades Phi	
φ16	-2,59168065
φ50	-1,86418004
φ84	-1,61359987
am. Medio (Md	-1,86418004
iam. Prom (Md	-2,10264026
Desviación (σφ	0,48904039
Sesgo (αφ)	-0,48760843




100
80
60
40
20
0
% QUE PASA
0,075
0,106
0,15
0,18
0,25
0,3
0,425
0,85
2
0,075
0,75
ABERTURA TAMIZ (mm)
S1- 6 Mayo-16
LC-6 Mayo-16
M1-6 Mayo-16

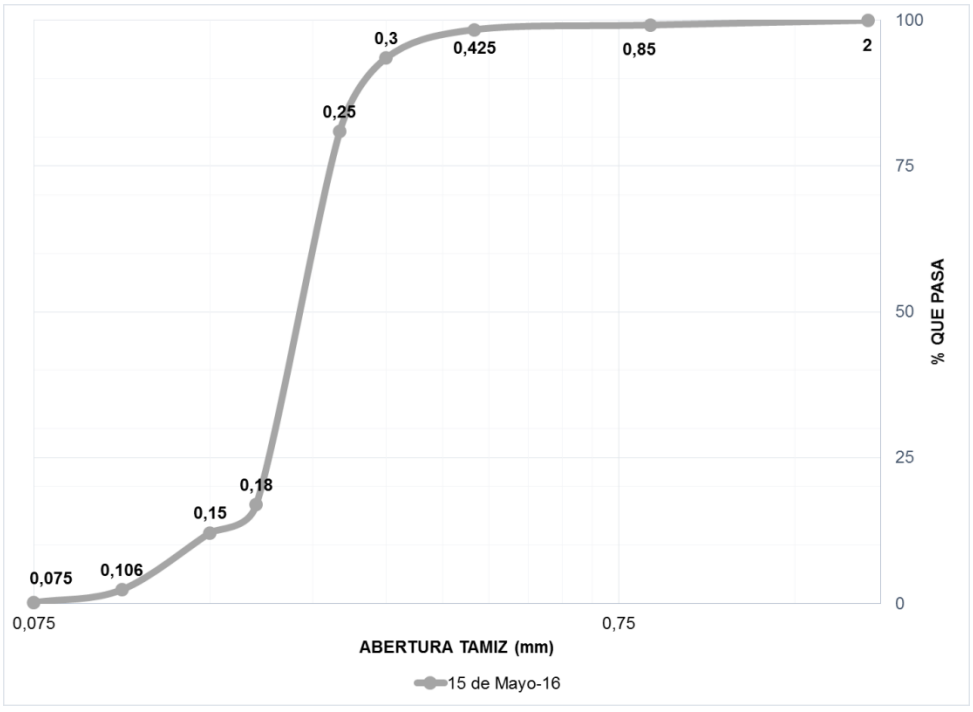
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	15-may-16

Muestra	**SECO 1**

Peso Recipiente (gr)			92,02	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			492,64
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,62	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			464,3
				Peso seco no lavado			372,28
				W %			7,6125497
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413,5	10	413,5	0	0	0	100
0,85	398	20	401	3	0,811	0,811	99,189
0,425	399,6	40	402,5	2,9	0,784	1,594	98,406
0,3	387,7	50	405,8	18,1	4,891	6,485	93,515
0,25	384,6	60	431,2	46,6	12,591	19,076	80,924
0,18	371,4	80	608,3	236,9	64,010	83,086	16,914
0,15	361,1	100	378,9	17,8	4,810	87,895	12,105
0,106	350	140	386,1	36,1	9,754	97,649	2,351
0,075	354,9	200	363	8,1	2,189	99,838	0,162
Fondo	330,8	Fondo	331,4	0,6	0,162	100,000	0
		Total		370,1	δ	0,59%	

Unidades mm	
Cu	0,61224974
Cz	1,23343155
D10	0,14487159
D30	0,20562525
D50	0,22846858
D60	0,23662172
D90	0,2867526
Diam. Medio (Md)	0,22846858
Diam. Prom (M)	0,21581209
Desviación (σ)	0,0709405
Sesgo (α)	-0,17840995

Unidades Phi	
φ16	-2,51443566
φ50	-2,1299323
φ84	-1,92742307
am. Medio (Md	-2,1299323
iam. Prom (M	-2,22092937
Desviación (σφ	0,2935063
Sesgo (αφ)	-0,31003445



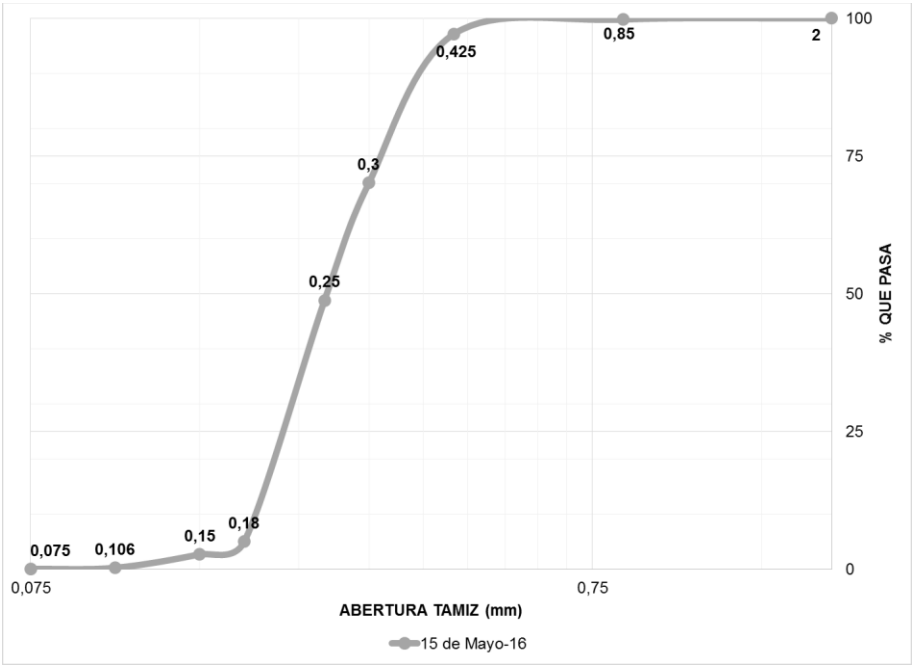
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	15-may-16

Muestra	**LC**

Peso Recipiente (gr)			100,74	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			501
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,26	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			427,7
				Peso seco no lavado			326,96
				W %			22,418644
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413,5	10	413,5	0	0	0	100
0,85	398	20	398,7	0,7	0,214	0,214	99,786
0,425	399,6	40	408,2	8,6	2,631	2,845	97,155
0,3	387,7	50	476,1	88,4	27,042	29,887	70,113
0,25	384,6	60	454,3	69,7	21,322	51,208	48,792
0,18	371,4	80	514,5	143,1	43,775	94,983	5,017
0,15	361,1	100	368,7	7,6	2,325	97,308	2,692
0,106	350	140	358	8	2,447	99,755	0,245
0,075	354,9	200	355,6	0,7	0,214	99,969	0,031
Fondo	330,8	Fondo	330,9	0,1	0,031	100,000	0
		Total		326,9	δ	0,02%	

Unidades mm	
Cu	0,72248991
Cz	0,98564594
D10	0,20122646
D30	0,23503344
D50	0,25337376
D60	0,27851802
D90	0,39568537
Diam. Medio (Md)	0,25337376
Diam. Prom (M)	0,29845591
Desviación (σ)	0,09722946
Sesgo (α)	0,46366765

Unidades Phi	
φ16	-1,80747949
φ50	-1,98066097
φ84	-1,43734157
Diam. Medio (Mdφ)	-1,98066097
Diam. Prom (Mφ)	-1,62241053
Desviación (σφ)	0,18506896
Sesgo (αφ)	1,93576728



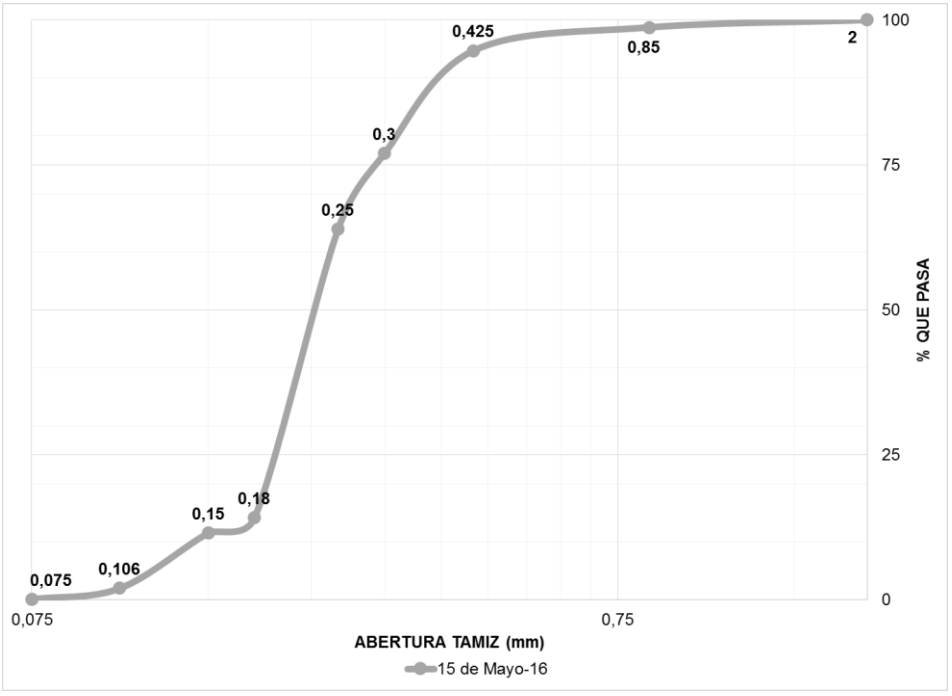
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	15-may-16

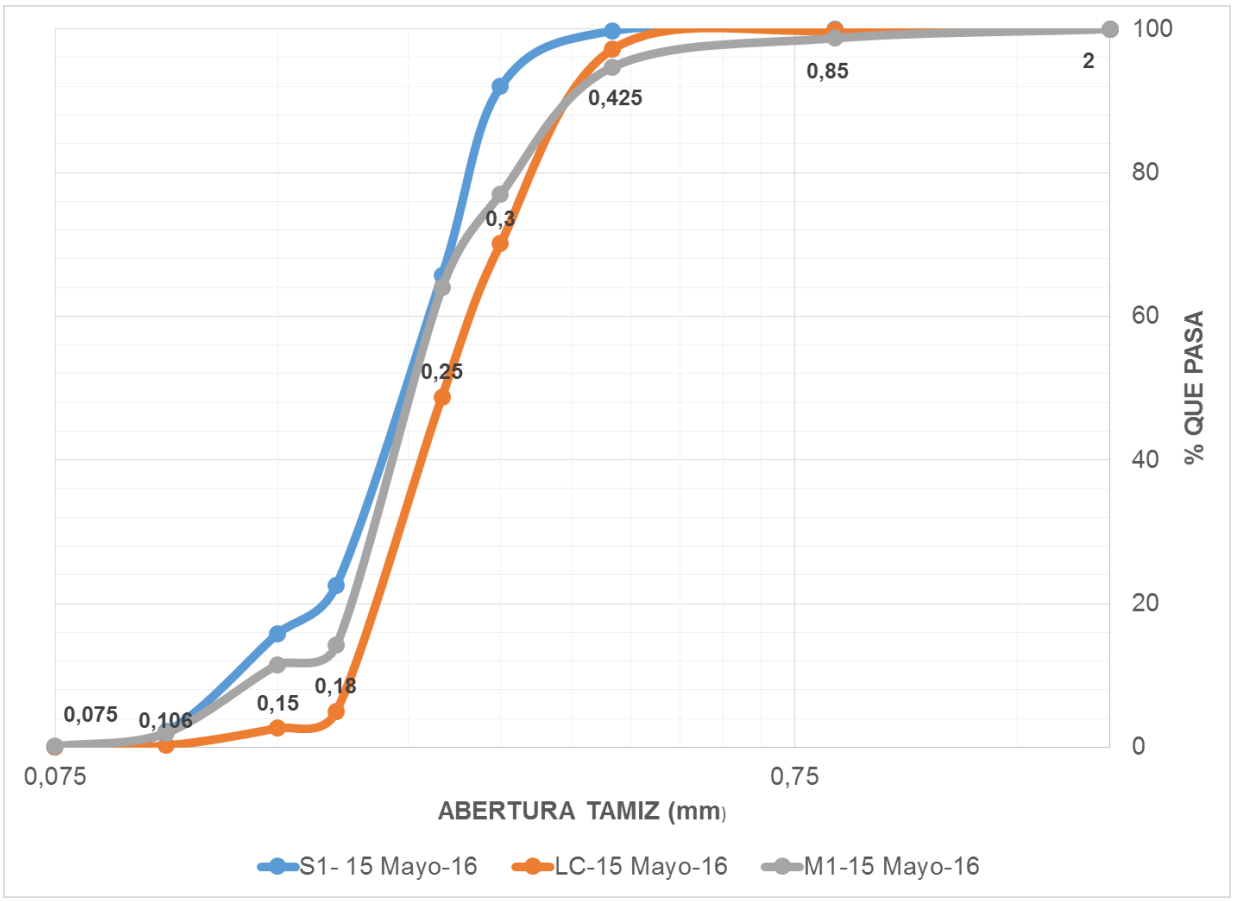
Muestra	**M1**

Peso Recipiente (gr)			96,37	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496,78
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,41	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			415,2
				Peso seco no lavado			318,83
				W %			25,587304
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413,5	10	413,5	0	0	0	100
0,85	398	20	402	4	1,277	1,277	98,723
0,425	399,6	40	412,2	12,6	4,022	5,298	94,702
0,3	387,7	50	443,2	55,5	17,715	23,013	76,987
0,25	384,6	60	425,4	40,8	13,023	36,036	63,964
0,18	371,4	80	527,3	155,9	49,761	85,796	14,204
0,15	361,1	100	369,5	8,4	2,681	88,477	11,523
0,106	350	140	379,8	29,8	9,512	97,989	2,011
0,075	354,9	200	360,8	5,9	1,883	99,872	0,128
Fondo	330,8	Fondo	331,2	0,4	0,128	100,000	0
		Total		313,3	δ	1,73%	

Unidades mm	
Cu	0,59276927
Cz	1,27534343
D10	0,14642815
D30	0,21478072
D50	0,2385428
D60	0,24702385
D90	0,39426481
Diam. Medio (Md)	0,2385428
Diam. Prom (M)	0,27034648
Desviación (σ)	0,12391833
Sesgo (α)	0,25665032

Unidades Phi	
φ16	-2,43019991
φ50	-2,06767995
φ84	-1,50380735
Diam. Medio (Mdφ)	-2,06767995
Diam. Prom (Mφ)	-1,96700363
Desviación (σφ)	0,46319628
Sesgo (αφ)	0,21735132




100
80
60
40
20
0
% QUE PASA
0,075
0,106
0,15
0,18
0,25
0,3
0,425
0,85
2
0,075
0,75
ABERTURA TAMIZ (mm)
S1- 15 Mayo-16
LC-15 Mayo-16
M1-15 Mayo-16

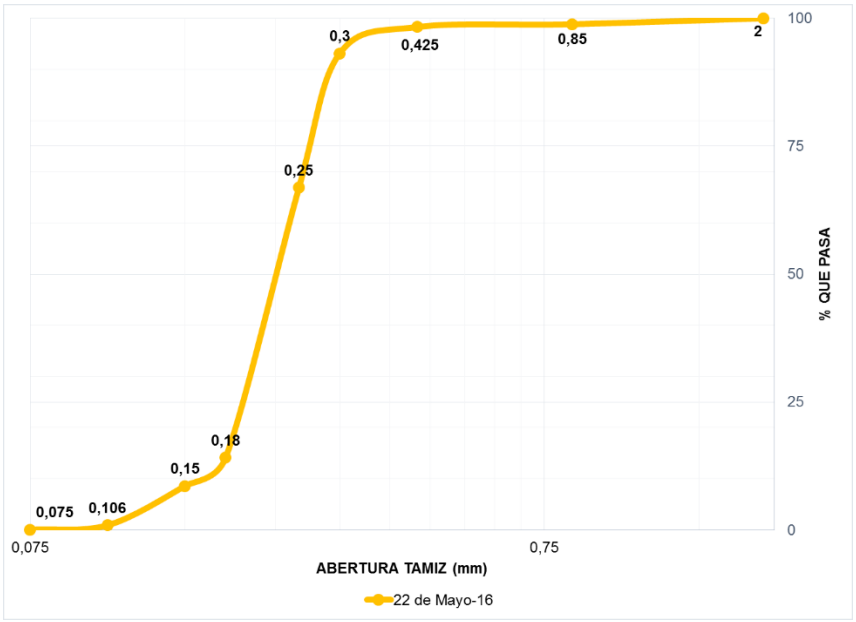
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	22-may-16

Muestra	**SECO 1**

Peso Recipiente (gr)			92,3	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			492,6
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,3	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			465,5
				Peso seco no lavado			373,2
				W %			7,261522
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	414,7	10	415,9	1,2	0,322	0,322	99,678
0,85	417,9	20	421	3,1	0,831	1,153	98,847
0,425	399,9	40	401,9	2	0,536	1,689	98,311
0,3	386	50	405,3	19,3	5,176	6,865	93,135
0,25	312,9	60	410,6	97,7	26,200	33,065	66,935
0,18	363,6	80	560,5	196,9	52,802	85,868	14,132
0,15	369	100	389,6	20,6	5,524	91,392	8,608
0,106	350,7	140	379,4	28,7	7,696	99,088	0,912
0,075	345,6	200	348,8	3,2	0,858	99,946	0,054
Fondo	373,6	Fondo	373,8	0,2	0,054	100,000	0
		Total		372,9	***δ***	0,08%	

Unidades mm	
Cu	0,64905713
Cz	1,17340751
D10	0,15906907
D30	0,21387927
D50	0,23687103
D60	0,24507714
D90	0,29481742
Diam. Medio (Md)	0,23687103
Diam. Prom (M)	0,22694324
Desviación (σ)	0,06787418
Sesgo (α)	-0,14626752

Unidades Phi	
φ16	-2,4298385
φ50	-2,07782634
φ84	-1,81413664
Diam. Medio (Mdφ)	-2,07782634
Diam. Prom (Mφ)	-2,12198757
Desviación (σφ)	0,30785093
Sesgo (αφ)	-0,14345004



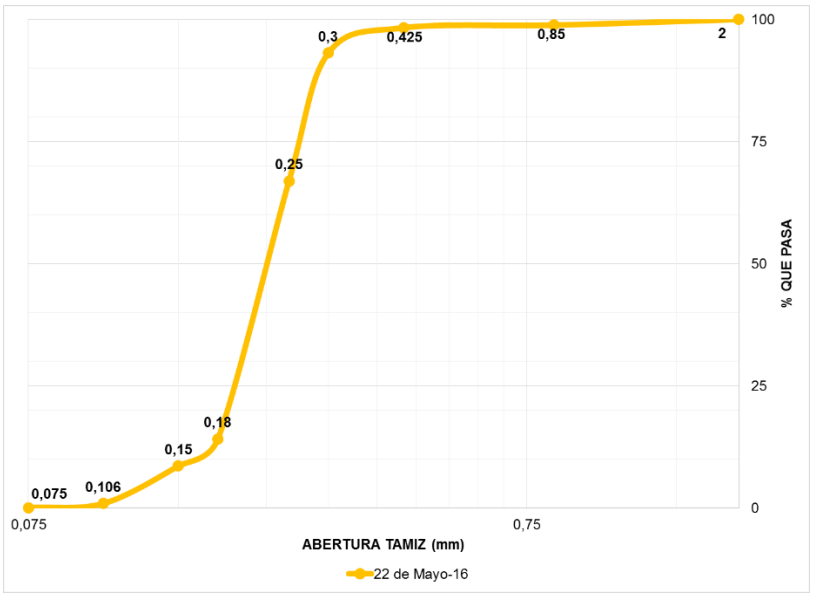
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	22-may-16

Muestra	**LC**

Peso Recipiente (gr)			100,9	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			500,9
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			423,7
				Peso seco no lavado			322,8
				W %			23,915737
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	414,7	10	414,9	0,2	0,062	0,062	99,938
0,85	417,9	20	419,4	1,5	0,467	0,529	99,471
0,425	399,9	40	412	12,1	3,764	4,292	95,708
0,3	386	50	477,3	91,3	28,398	32,691	67,309
0,25	312,9	60	361,3	48,4	15,054	47,745	52,255
0,18	363,6	80	485,5	121,9	37,916	85,661	14,339
0,15	369	100	390,2	21,2	6,594	92,255	7,745
0,106	350,7	140	373,5	22,8	7,092	99,347	0,653
0,075	345,6	200	347,6	2	0,622	99,969	0,031
Fondo	373,6	Fondo	373,7	0,1	0,031	100,000	0
		Total		321,5	δ	0,40%	

Unidades mm	
Cu	0,58582318
Cz	1,07407598
D10	0,16244646
D30	0,21996039
D50	0,24128756
D60	0,27729607
D90	0,40316448
Diam. Medio (Md)	0,24128756
Diam. Prom (M)	0,28280547
Desviación (σ)	0,12035901
Sesgo (α)	0,34495059

Unidades Phi	
φ16	-2,42714552
φ50	-2,05117455
φ84	-1,40101004
Diam. Medio (Mdφ)	-2,05117455
Diam. Prom (Mφ)	-1,91407778
Desviación (σφ)	0,51306774
Sesgo (αφ)	0,26720988



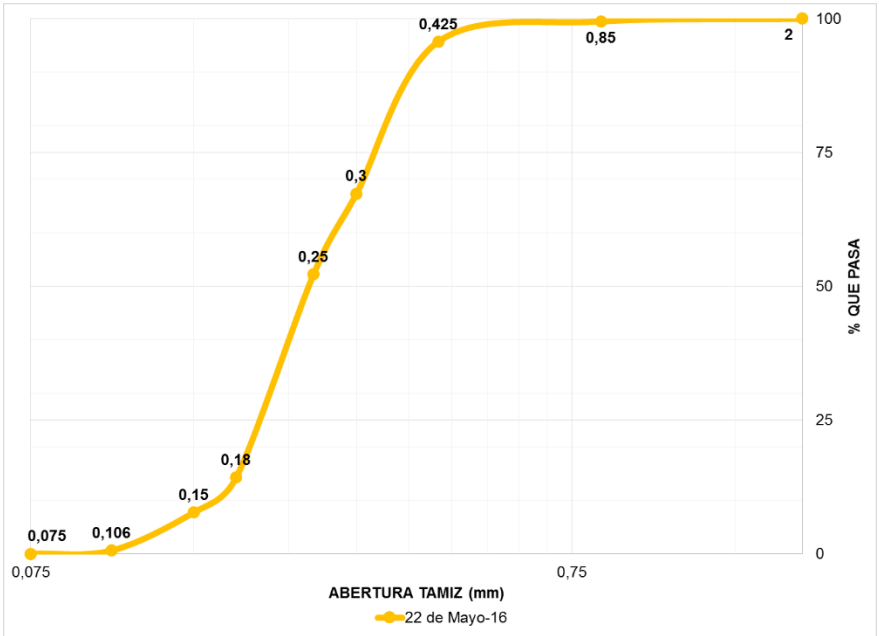
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	22-may-16

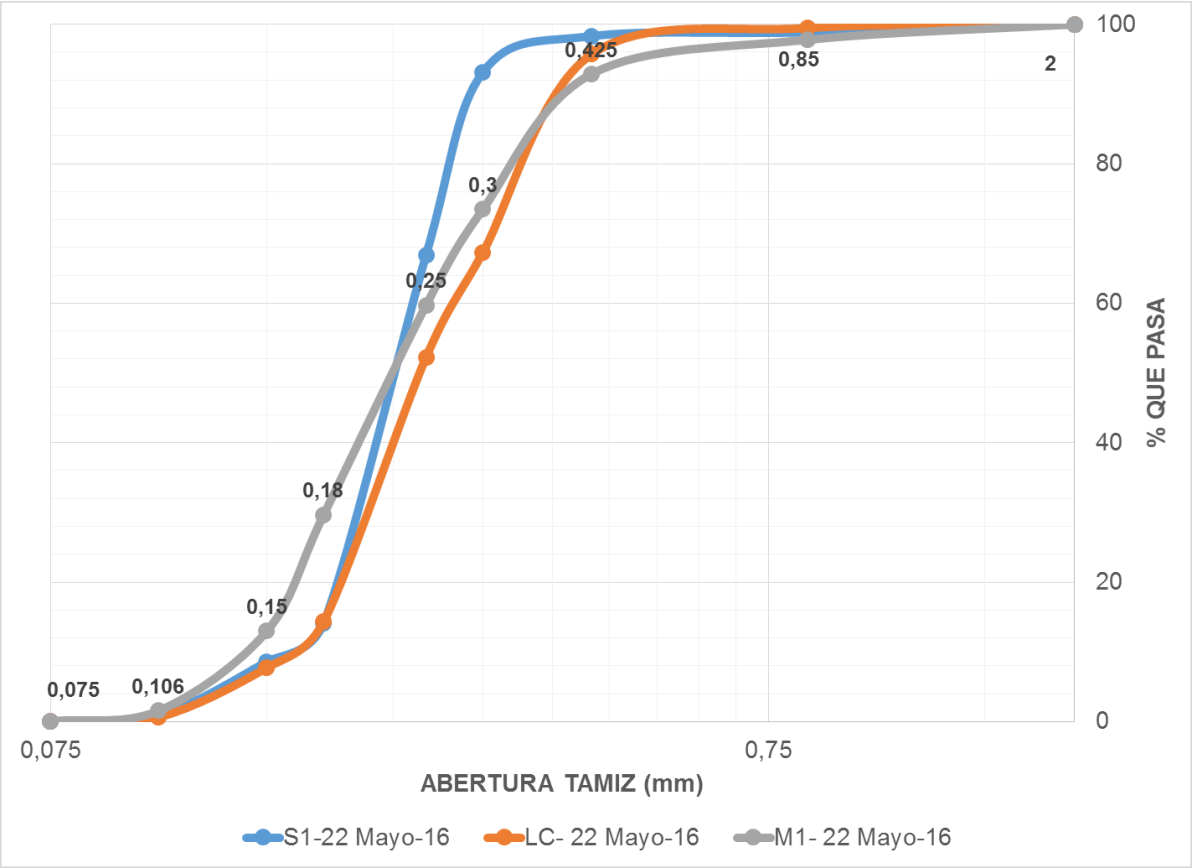
Muestra	**M1**

Peso Recipiente (gr)			96,6	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496,6
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			417,6
				Peso seco no lavado			321
				W %			24,610592
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	414,7	10	417,7	3	0,936	0,936	99,064
0,85	417,9	20	422	4,1	1,279	2,215	97,785
0,425	399,9	40	415,6	15,7	4,897	7,112	92,888
0,3	386	50	448,2	62,2	19,401	26,513	73,487
0,25	312,9	60	357	44,1	13,755	40,268	59,732
0,18	363,6	80	460	96,4	30,069	70,337	29,663
0,15	369	100	422,5	53,5	16,687	87,024	12,976
0,106	350,7	140	387,3	36,6	11,416	98,440	1,560
0,075	345,6	200	350,4	4,8	1,497	99,938	0,062
Fondo	373,6	Fondo	373,8	0,2	0,062	100,000	0
		Total		320,6	δ	0,12%	

Unidades mm	
Cu	0,57587055
Cz	0,90370111
D10	0,14459017
D30	0,18112931
D50	0,23221488
D60	0,25108103
D90	0,4081465
Diam. Medio (Md)	0,23221488
Diam. Prom (M)	0,27636834
Desviación (σ)	0,13177817
Sesgo (α)	0,33505897

Unidades Phi	
φ16	-2,66564418
φ50	-2,10646768
φ84	-1,42920123
Diam. Medio (Mdφ)	-2,10646768
Diam. Prom (Mφ)	-2,0474227
Desviación (σφ)	0,61822148
Sesgo (αφ)	0,0955078




100
80
60
40
20
0
% QUE PASA
0,075
0,106
0,15
0,18
0,25
0,3
0,425
0,85
2
0,075
0,75
ABERTURA TAMIZ (mm)
S1-22 Mayo-16
LC- 22 Mayo-16
M1- 22 Mayo-16

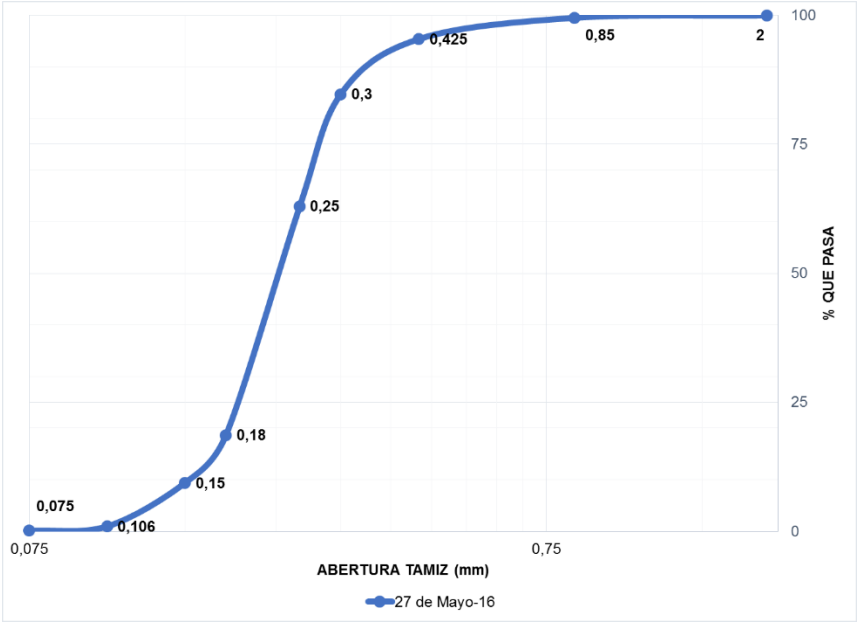
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	27-may-16

Muestra	**SECO 1**

Peso Recipiente (gr)			96,4	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496,4
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			439,9
				Peso seco no lavado			343,5
				W %			16,448326
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413,4	10	413,4	0	0	0	100
0,85	417,4	20	419	1,6	0,466	0,466	99,534
0,425	379,3	40	393,4	14,1	4,106	4,572	95,428
0,3	385,3	50	422,1	36,8	10,716	15,288	84,712
0,25	312	60	386,6	74,6	21,724	37,012	62,988
0,18	362,9	80	515,2	152,3	44,351	81,363	18,637
0,15	368,2	100	400	31,8	9,260	90,623	9,377
0,106	357,7	140	386,7	29	8,445	99,068	0,932
0,075	345	200	347,9	2,9	0,844	99,913	0,087
Fondo	252,5	Fondo	252,8	0,3	0,087	100,000	0
		Total		343,4	***δ***	0,03%	

Unidades mm	
Cu	0,61814742
Cz	1,13828842
D10	0,15281014
D30	0,20736349
D50	0,23672651
D60	0,24720663
D90	0,36354556
Diam. Medio (Md)	0,23672651
Diam. Prom (M)	0,25817785
Desviación (σ)	0,10536771
Sesgo (α)	0,2035855

Unidades Phi	
φ16	-2,52835006
φ50	-2,0787068
φ84	-1,74382826
Diam. Medio (Mdφ)	-2,0787068
Diam. Prom (Mφ)	-2,13608916
Desviación (σφ)	0,3922609
Sesgo (αφ)	-0,14628622



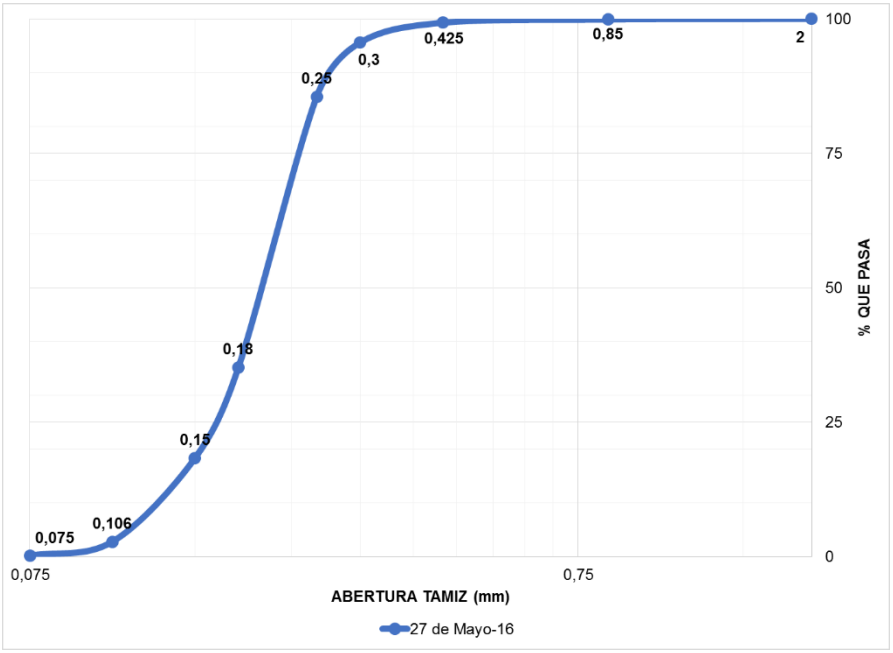
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	27-may-16

Muestra	**LC**

Peso Recipiente (gr)			96,7	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496,7
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			413,5
				Peso seco no lavado			316,8
				W %			26,262626
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413,4	10	413,4	0	0	0	100
0,85	417,4	20	417,7	0,3	0,095	0,095	99,905
0,425	379,3	40	381,2	1,9	0,600	0,695	99,305
0,3	385,3	50	397	11,7	3,696	4,390	95,610
0,25	312	60	343,9	31,9	10,076	14,466	85,534
0,18	362,9	80	522,3	159,4	50,347	64,814	35,186
0,15	368,2	100	421,6	53,4	16,867	81,680	18,320
0,106	357,7	140	407	49,3	15,572	97,252	2,748
0,075	345	200	353,2	8,2	2,590	99,842	0,158
Fondo	252,5	Fondo	253	0,5	0,158	100,000	0
		Total		316,6	δ	0,06%	

Unidades mm	
Cu	0,61226916
Cz	0,98755602
D10	0,13595918
D30	0,17267053
D50	0,20768977
D60	0,22205786
D90	0,27285261
Diam. Medio (Md)	0,20768977
Diam. Prom (M)	0,20440589
Desviación (σ)	0,06844671
Sesgo (α)	-0,04797707

Unidades Phi	
φ16	-2,76748658
φ50	-2,26749796
φ84	-2,0082526
Diam. Medio (Mdϕ)	-2,26749796
Diam. Prom (Mϕ)	-2,38786959
Desviación (σϕ)	0,37961699
Sesgo (αϕ)	-0,31708705



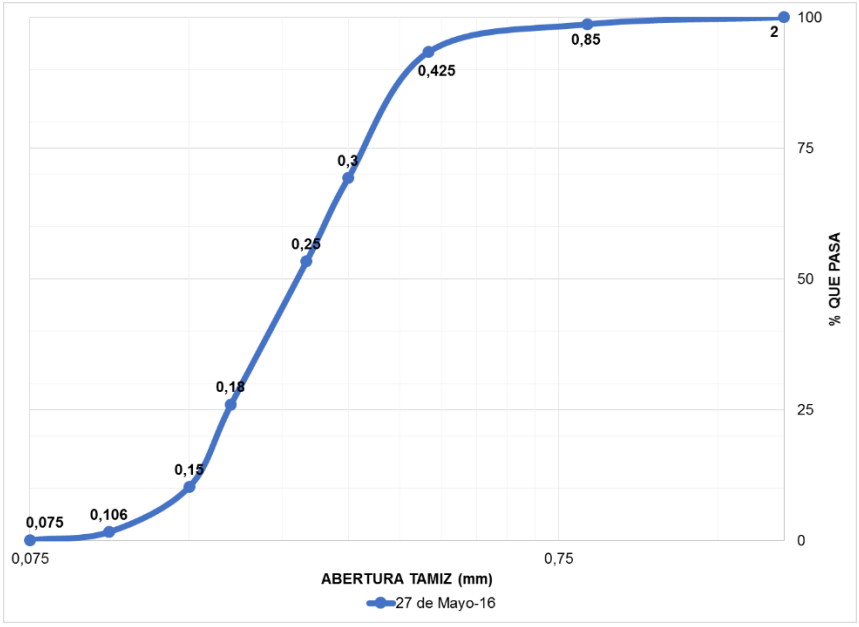
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17**
Fecha	27-may-16

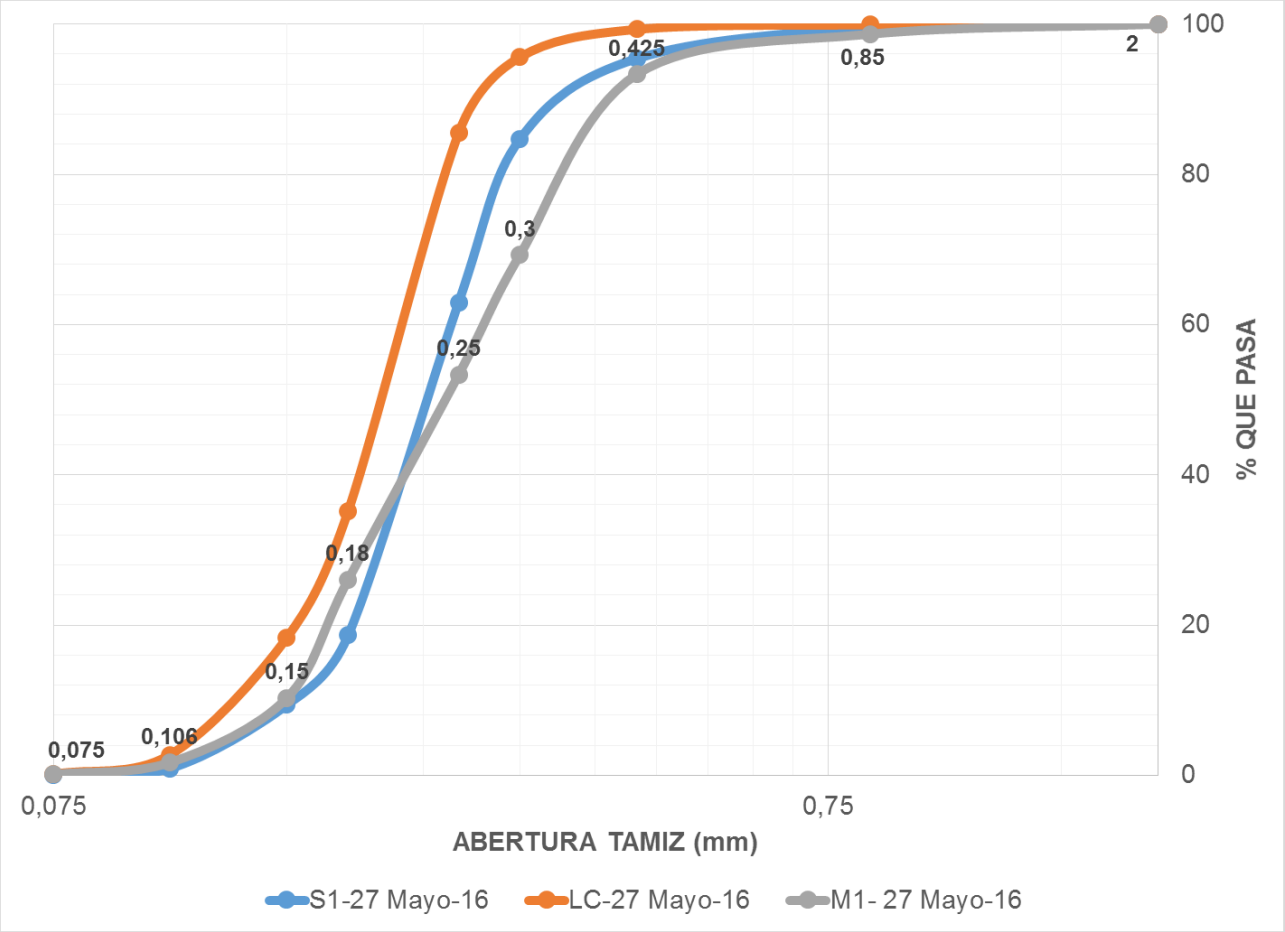
Muestra	**M1**

Peso Recipiente (gr)			97,3	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			498,1
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400,8	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			444,4
				Peso seco no lavado			347,1
				W %			15,471046
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413,4	10	413,4	0	0	0	100
0,85	417,4	20	422	4,6	1,334	1,334	98,666
0,425	379,3	40	397,6	18,3	5,309	6,643	93,357
0,3	385,3	50	468,2	82,9	24,050	30,693	69,307
0,25	312	60	367	55	15,956	46,649	53,351
0,18	362,9	80	457	94,1	27,299	73,948	26,052
0,15	368,2	100	422,5	54,3	15,753	89,701	10,299
0,106	357,7	140	387,3	29,6	8,587	98,288	1,712
0,075	345	200	350,4	5,4	1,567	99,855	0,145
Fondo	252,5	Fondo	253	0,5	0,145	100,000	0
		Total		344,7	***δ***	0,69%	

Unidades mm	
Cu	0,54791986
Cz	0,92330732
D10	0,1492781
D30	0,19378079
D50	0,24366561
D60	0,27244514
D90	0,4096349
Diam. Medio (Md)	0,24366561
Diam. Prom (M)	0,2794565
Desviación (σ)	0,1301784
Sesgo (α)	0,27493728

Unidades Phi	
φ16	-2,60610983
φ50	-2,03702547
φ84	-1,39333497
Diam. Medio (Mdφ)	-2,03702547
Diam. Prom (Mφ)	-1,9997224
Desviación (σφ)	0,60638743
Sesgo (αφ)	0,06151688




100
80
60
40
20
0
% QUE PASA
0,075
0,106
0,15
0,18
0,25
0,3
0,425
0,85
2
0,075
0,75
ABERTURA TAMIZ (mm)
S1-27 Mayo-16
LC-27 Mayo-16
M1- 27 Mayo-16

2. Análisis y parámetros sedimentológicos para el perfil 17-A

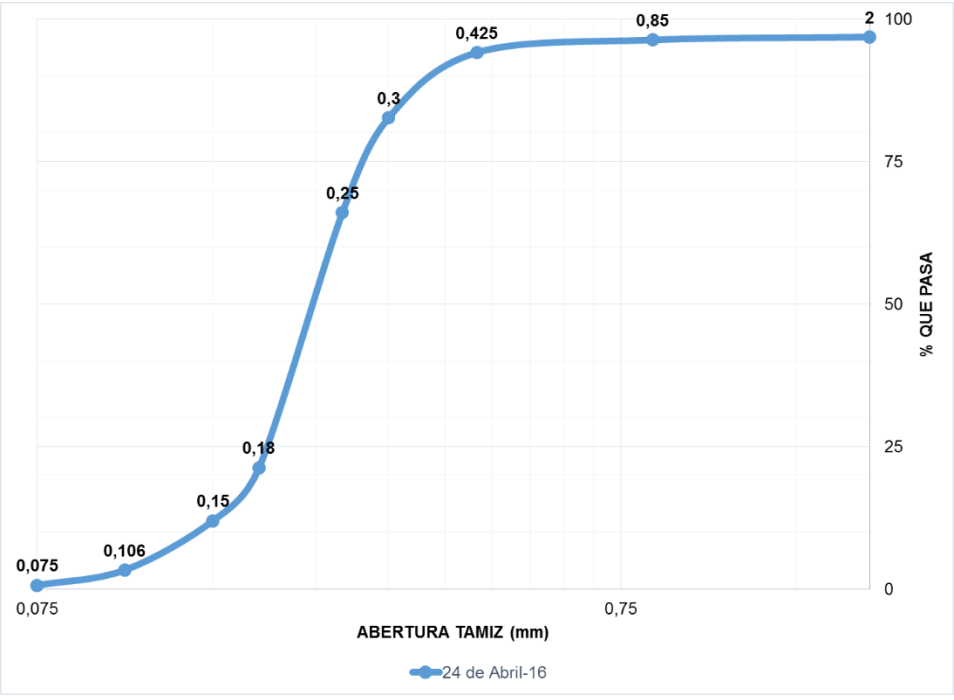
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**S1**

Peso Recipiente (gr)			97.1	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			497.8
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400.7	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			478.7
				Peso seco no lavado			381.6
				W %			5.0052411
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392.3	10	404.1	11.8	3.139	3.139	96.861
0.85	403.7	20	405.6	1.9	0.505	3.644	96.356
0.425	380.5	40	388.8	8.3	2.208	5.852	94.148
0.3	386.3	50	429.4	43.1	11.465	17.317	82.683
0.25	311.9	60	374.5	62.6	16.652	33.969	66.031
0.18	298.2	80	466.3	168.1	44.716	78.685	21.315
0.15	413.6	100	448.7	35.1	9.337	88.022	11.978
0.106	358.4	140	390.9	32.5	8.645	96.667	3.333
0.075	355.3	200	365.4	10.1	2.687	99.354	0.646
Fondo	251.97	Fondo	254.4	2.43	0.646	100	0
		Total		375.93	δ	1.49%	

Unidades mm	
Cu	0.58913737
Cz	1.15300626
D10	0.14379107
D30	0.20115899
D50	0.23278332
D60	0.24407053
D90	0.3816272
Diam. Medio (Md)	0.23278332
Diam. Prom (M)	0.26270913
Desviación (σ)	0.11891807
Sesgo (α)	0.25165071

Unidades Phi	
φ16	-2.59885601
φ50	-2.10294043
φ84	-1.66560195
Diam. Medio (Mdφ)	-2.10294043
Diam. Prom (Mφ)	-2.13222898
Desviación (σφ)	0.46662703
Sesgo (αφ)	-0.06276651



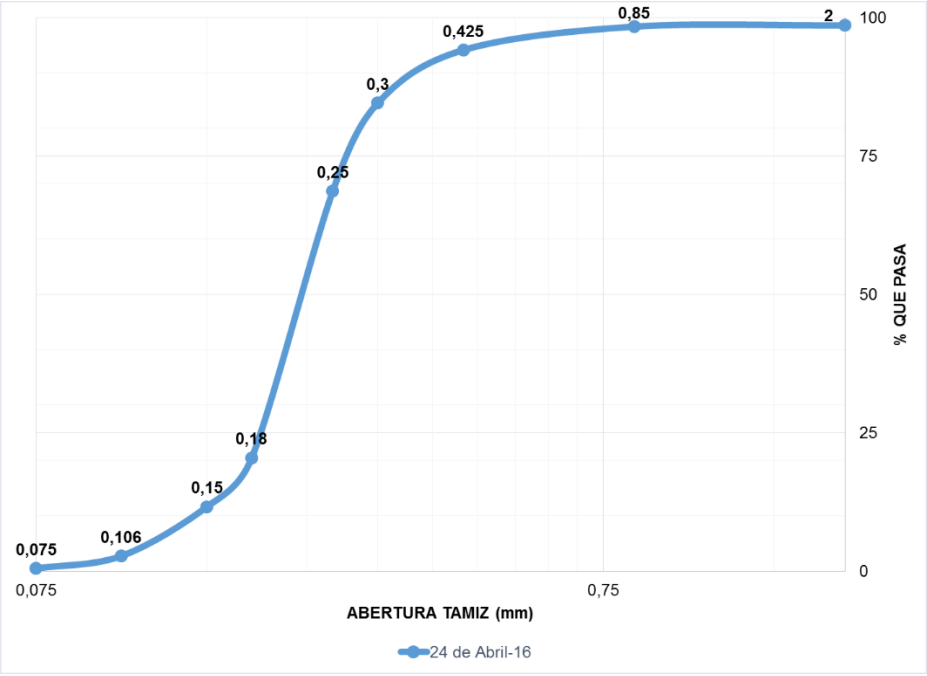
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**S2**

Peso Recipiente (gr)			96.4	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496.5
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400.1	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			460
				Peso seco no lavado			363.6
				W %			10.038504
Abertura t	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392.3	10	397.3	5	1.400	1.400	98.600
0.85	403.7	20	404.5	0.8	0.224	1.624	98.376
0.425	380.5	40	395.6	15.1	4.227	5.851	94.149
0.3	386.3	50	420.6	34.3	9.602	15.452	84.548
0.25	311.9	60	368.8	56.9	15.928	31.380	68.620
0.18	298.2	80	470.2	172	48.148	79.529	20.471
0.15	413.6	100	445.2	31.6	8.846	88.374	11.626
0.106	358.4	140	390.2	31.8	8.902	97.276	2.724
0.075	355.3	200	363.3	8	2.239	99.516	0.484
Fondo	251.97	Fondo	253.7	1.73	0.484	100	0
		Total		357.23	δ	1.75%	

Unidades mm	
Cu	0.60038938
Cz	1.15961043
D10	0.14543321
D30	0.20211714
D50	0.23168003
D60	0.24223148
D90	0.37262134
Diam. Medio (Md)	0.23168003
Diam. Prom (M)	0.25902727
Desviación (σ)	0.11359406
Sesgo (α)	0.24074536

Unidades Phi	
φ16	-2.58265288
φ50	-2.10979441
φ84	-1.74447246
Diam. Medio (Mdφ)	-2.10979441
Diam. Prom (Mφ)	-2.16356267
Desviación (σφ)	0.41909021
Sesgo (αφ)	-0.12829758



ANALISIS GRANULOMETRICO

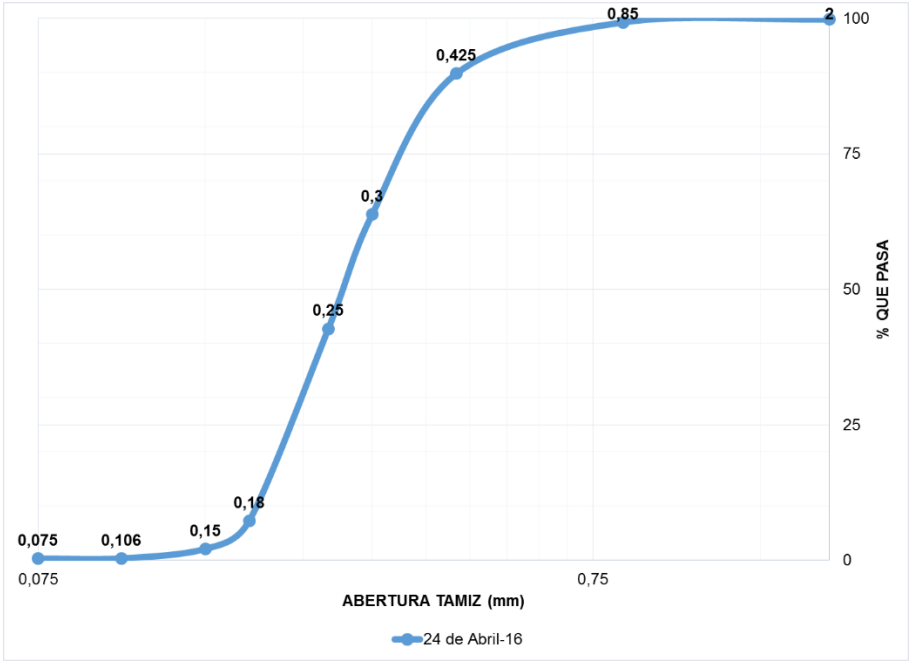
Perfil N°	**17-A**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**LC**

Peso Recipiente (gr)			100.9	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr			500.9
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			423.1
				Peso seco no lavado			322.2
				W %			24.146493
Abertura tan	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenid	% retenido	% retenido a	% que pasa
2	392.3	10	393	0.7	0.220	0.220	99.780
0.85	403.7	20	405.4	1.7	0.535	0.755	99.245
0.425	380.5	40	410.6	30.1	9.473	10.229	89.771
0.3	386.3	50	468.7	82.4	25.934	36.163	63.837
0.25	311.9	60	379	67.1	21.119	57.281	42.719
0.18	298.2	80	410.8	112.6	35.439	92.720	7.280
0.15	413.6	100	430	16.4	5.162	97.882	2.118
0.106	358.4	140	364	5.6	1.763	99.644	0.356
0.075	355.3	200	355.4	0.1	0.031	99.676	0.324
Fondo	251.97	Fondo	253	1.03	0.324	100	0
		Total		317.73	δ	1.39%	

Unidades mm	
Cu	0.73094621
Cz	1.09811787
D10	0.19255924
D30	0.23601855
D50	0.26959011
D60	0.26343832
D90	0.43578378
Diam. Medio (Md)	0.26959011
Diam. Prom (M)	0.31417151
Desviación (σ)	0.12161227
Sesgo (α)	0.36658639

Unidades Phi	
φ16	-2.24364742
φ50	-1.89116052
φ84	-1.31963128
Diam. Medio (Mdϕ)	-1.89116052
Diam. Prom (Mϕ)	-1.78163935
Desviación (σϕ)	0.46200807
Sesgo (αϕ)	0.23705469



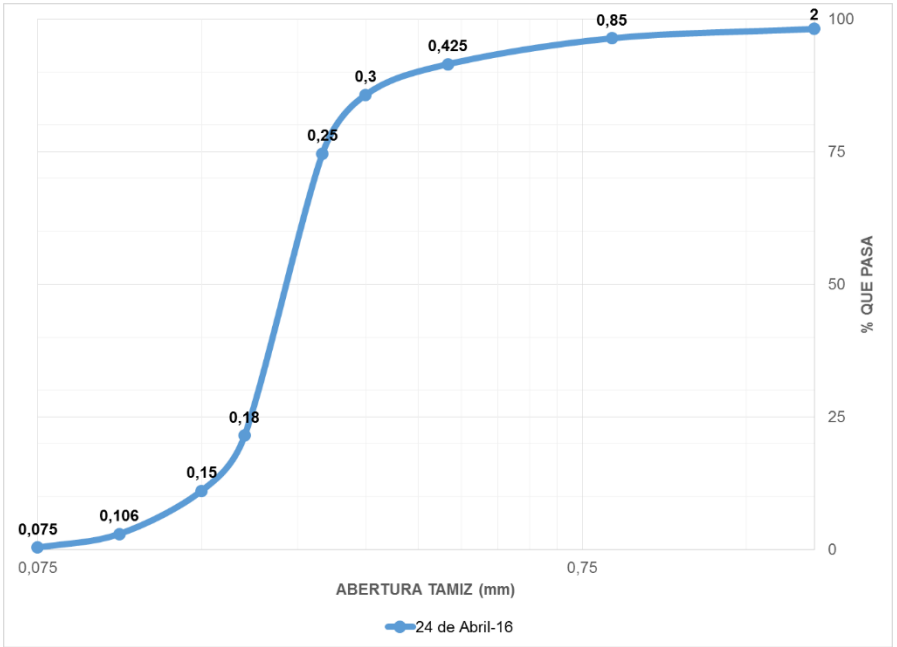
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**M1**

Peso Recipiente (gr)			92.8	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			492.8
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			409.2
				Peso seco no lavado			316.4
				W %			26.42225
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392.3	10	398.2	5.9	1.884	1.884	98.116
0.85	403.7	20	409.2	5.5	1.756	3.641	96.359
0.425	380.5	40	395.8	15.3	4.886	8.527	91.473
0.3	386.3	50	404.4	18.1	5.780	14.307	85.693
0.25	311.9	60	346.6	34.7	11.082	25.389	74.611
0.18	298.2	80	464.5	166.3	53.109	78.498	21.502
0.15	413.6	100	446.3	32.7	10.443	88.941	11.059
0.106	358.4	140	383.9	25.5	8.144	97.084	2.916
0.075	355.3	200	363.4	8.1	2.587	99.671	0.329
Fondo	251.97	Fondo	253	1.03	0.329	100	0
		Total		313.13	δ	1.03%	

Unidades mm	
Cu	0.61696997
Cz	1.13266972
D10	0.14667688
D30	0.19873818
D50	0.10547711
D60	0.23773747
D90	0.39390875
Diam. Medio (Md)	0.10547711
Diam. Prom (M)	0.27029281
Desviación (σ)	0.12361593
Sesgo (α)	1.33328853

Unidades Phi	
φ16	-2.58498759
φ50	-3.24499812
φ84	-1.77203309
Diam. Medio (Mdφ)	-3.24499812
Diam. Prom (Mφ)	-2.17851034
Desviación (σφ)	0.40647725
Sesgo (αφ)	2.62373301



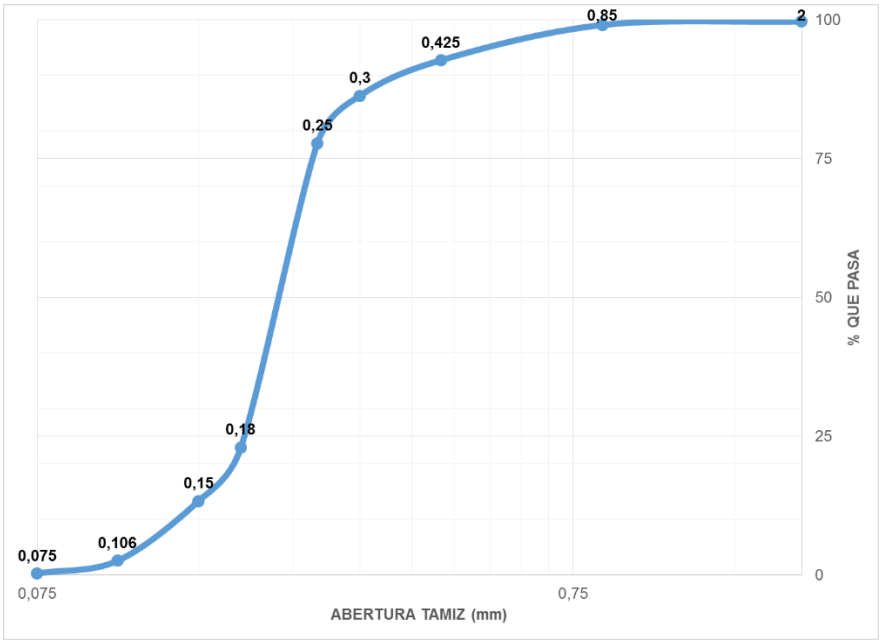
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	24-abr-16

Muestra	**M2**

Peso Recipiente (gr)			101.3	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			501.3
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			412.4
				Peso seco no lavado			311.1
				W %			28.576021
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392.3	10	393.3	1	0.325	0.325	99.675
0.85	403.7	20	405.6	1.9	0.618	0.944	99.056
0.425	380.5	40	400	19.5	6.345	7.289	92.711
0.3	386.3	50	406	19.7	6.410	13.699	86.301
0.25	311.9	60	338.1	26.2	8.525	22.224	77.776
0.18	298.2	80	466.5	168.3	54.762	76.986	23.014
0.15	413.6	100	443.3	29.7	9.664	86.650	13.350
0.106	358.4	140	391.4	33	10.738	97.387	2.613
0.075	355.3	200	362.3	7	2.278	99.665	0.335
Fondo	251.97	Fondo	253	1.03	0.335	100	0
		Total		307.33	δ	1.21%	

Unidades mm	
Cu	0.60491363
Cz	1.14022881
D10	0.14220503
D30	0.19523796
D50	0.03760631
D60	0.23508319
D90	0.37321432
Diam. Medio (Md)	0.03760631
Diam. Prom (M)	0.25770967
Desviación (σ)	0.11550464
Sesgo (α)	1.90558017

Unidades Phi	
φ16	-2.64409712
φ50	-4.73288137
φ84	-1.80084477
Diam. Medio (Mdφ)	-4.73288137
Diam. Prom (Mφ)	-2.22247094
Desviación (σφ)	0.42162618
Sesgo (αφ)	5.95411426



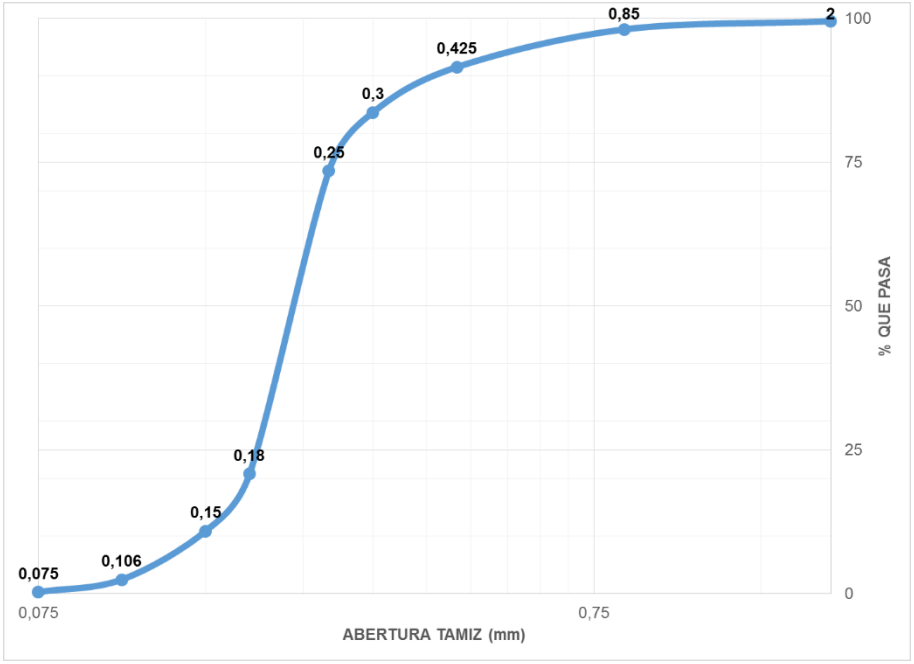
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	24-abr-16

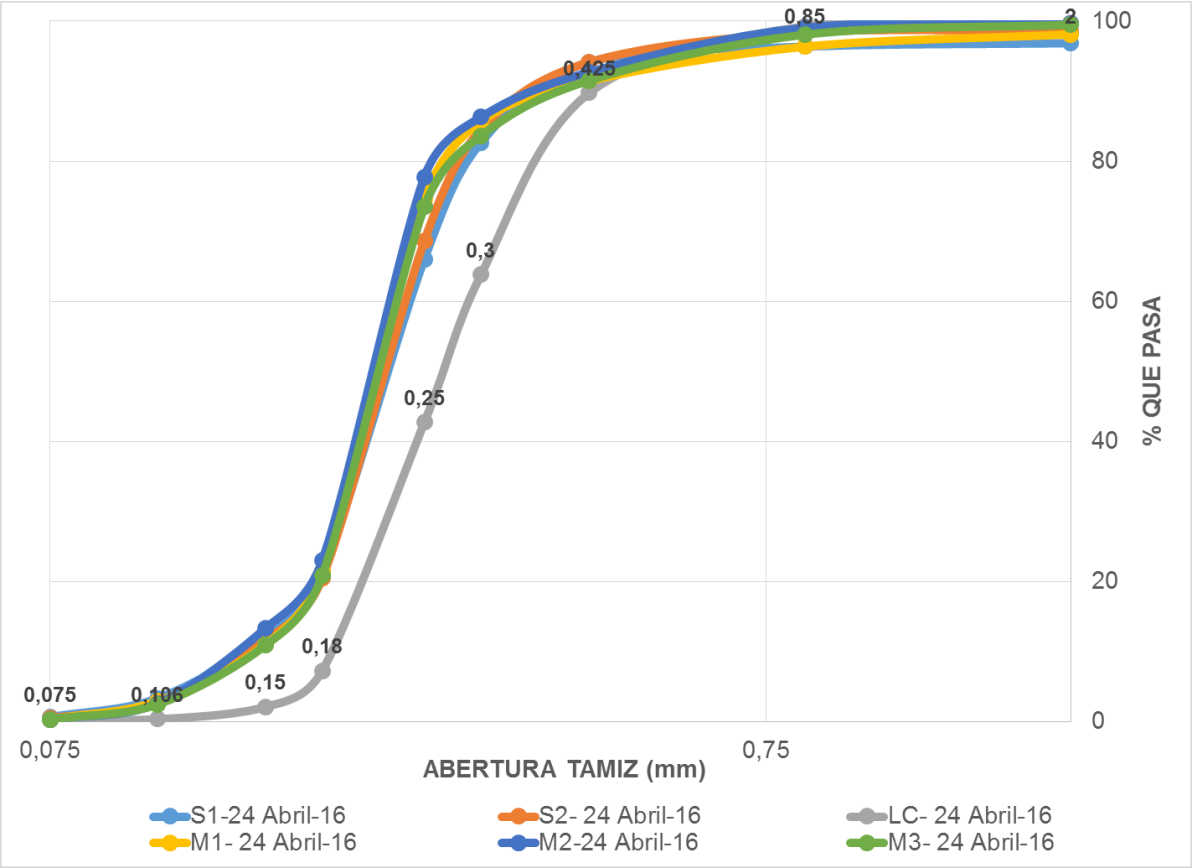
Muestra	**M3**

Peso Recipiente (gr)			96.7	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496.7
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			410.1
				Peso seco no lavado			313.4
				W %			27.632419
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	392.3	10	393.9	1.6	0.521	0.521	99.479
0.85	403.7	20	408	4.3	1.401	1.922	98.078
0.425	380.5	40	400.6	20.1	6.549	8.471	91.529
0.3	386.3	50	410.5	24.2	7.885	16.356	83.644
0.25	311.9	60	343.1	31.2	10.165	26.521	73.479
0.18	298.2	80	459.7	161.5	52.618	79.139	20.861
0.15	413.6	100	444.1	30.5	9.937	89.076	10.924
0.106	358.4	140	384.3	25.9	8.438	97.514	2.486
0.075	355.3	200	361.9	6.6	2.150	99.664	0.336
Fondo	251.97	Fondo	253	1.03	0.336	100	0
		Total		306.93	δ	2.06%	

Unidades mm	
Cu	0.61730998
Cz	1.13916989
D10	0.14737234
D30	0.20019747
D50	0.10144114
D60	0.23873313
D90	0.40162324
Diam. Medio (Md)	0.10144114
Diam. Prom (M)	0.27449779
Desviación (σ)	0.12712545
Sesgo (α)	1.3613061

Unidades Phi	
φ16	-2.57607728
φ50	-3.30128522
φ84	-1.70893625
Diam. Medio (Mdφ)	-3.30128522
Diam. Prom (Mφ)	-2.14250677
Desviación (σφ)	0.43357051
Sesgo (αφ)	2.67264126




0,85
2
100
0,425
80
0,3
60
0,25
40
% QUE PASA
0,18
20
0,15
0,075
0,106
0
0,075
0,75
ABERTURA TAMIZ (mm)
S1-24 Abril-16
S2- 24 Abril-16
LC- 24 Abril-16
M1- 24 Abril-16
M2-24 Abril-16
M3- 24 Abril-16

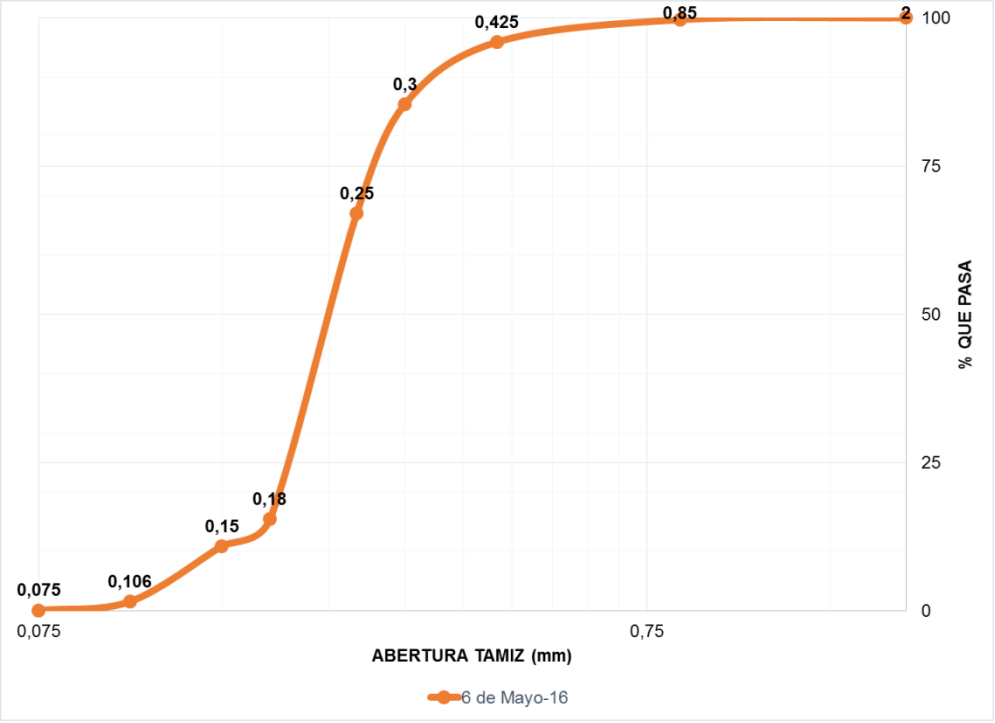
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17- A**
Fecha	06-may-16

Muestra	**SECO 1**

Peso Recipiente (gr)			92.22	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			492.29
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400.07	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			469
				Peso seco no lavado			376.78
				W %			6.181326
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	415.58	10	415.58	0	0	0	100
0.85	416.15	20	417.35	1.2	0.322	0.322	99.678
0.425	380.68	40	394.74	14.06	3.767	4.088	95.912
0.3	383.7	50	422.8	39.1	10.476	14.564	85.436
0.25	384.6	60	453.4	68.8	18.433	32.997	67.003
0.18	362.6	80	555.01	192.41	51.550	84.547	15.453
0.15	367.6	100	384.6	17	4.555	89.101	10.899
0.106	356.74	140	391.6	34.86	9.340	98.441	1.559
0.075	327.24	200	332.85	5.61	1.503	99.944	0.056
Fondo	372.6	Fondo	372.81	0.21	0.056	100	0
		Total		373.25	δ	0.94%	

Unidades mm	
Cu	0.6513899
Cz	1.33127978
D10	0.14805228
D30	0.21165535
D50	0.18977592
D60	0.22728672
D90	0.35624484
Diam. Medio (Md)	0.18977592
Diam. Prom (M)	0.25214856
Desviación (σ)	0.10409628
Sesgo (α)	0.59918224

Unidades Phi	
φ16	-2.46069877
φ50	-2.39763118
φ84	-1.75383532
Diam. Medio (Mdϕ)	-2.39763118
Diam. Prom (Mϕ)	-2.10726705
Desviación (σϕ)	0.35343173
Sesgo (αϕ)	0.8215565



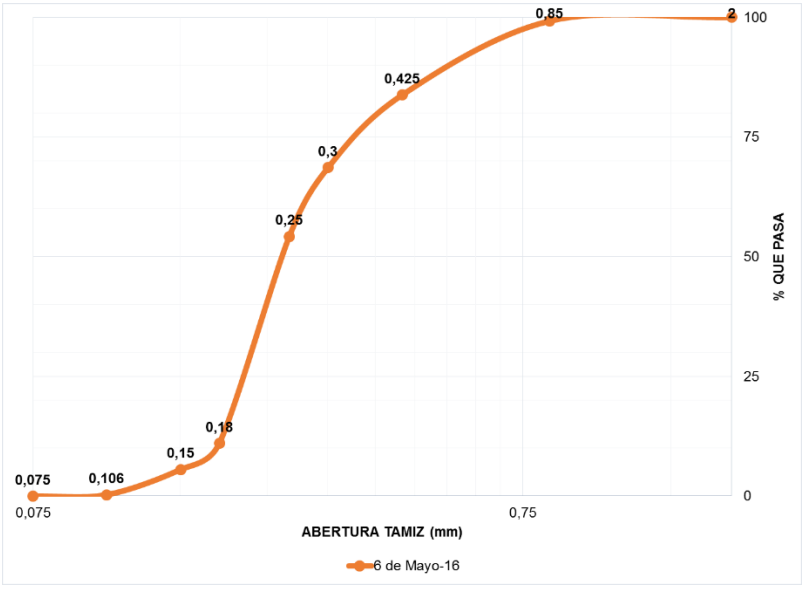
ANALISIS GRANULOMETRICO	
Perfil N°	**17- A**
Fecha	06-may-16

Muestra	**LC**

Peso Recipiente (gr)			100.52	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			500.59
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400.07	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			421.5
				Peso seco no lavado			320.98
				W %			24.640164
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	415.58	10	415.58	0	0	0	100
0.85	416.15	20	418.58	2.43	0.770	0.770	99.230
0.425	380.68	40	429.45	48.77	15.451	16.220	83.780
0.3	383.7	50	431.62	47.92	15.181	31.402	68.598
0.25	384.6	60	430	45.4	14.383	45.785	54.215
0.18	362.6	80	498.86	136.26	43.168	88.953	11.047
0.15	367.6	100	384.9	17.3	5.481	94.434	5.566
0.106	356.74	140	373.43	16.69	5.288	99.721	0.279
0.075	327.24	200	328.11	0.87	0.276	99.997	0.003
Fondo	372.6	Fondo	372.61	0.01	0.003	100	0
		Total		315.65	δ	1.66%	

Unidades mm	
Cu	0.646827688
Cz	1.051663346
D10	0.175641683
D30	0.223960618
D50	0.246438534
D60	0.271543235
D90	0.604842822
Diam. Medio (Md)	0.246438534
Diam. Prom (M)	0.390242253
Desviación (σ)	0.21460057
Sesgo (α)	0.670099424

Unidades Phi	
φ16	-2.34886879
φ50	-2.02070023
φ84	-1.21223314
Diam. Medio (Mdφ)	-2.02070023
Diam. Prom (Mφ)	-1.78055096
Desviación (σφ)	0.56831783
Sesgo (αφ)	0.42256157



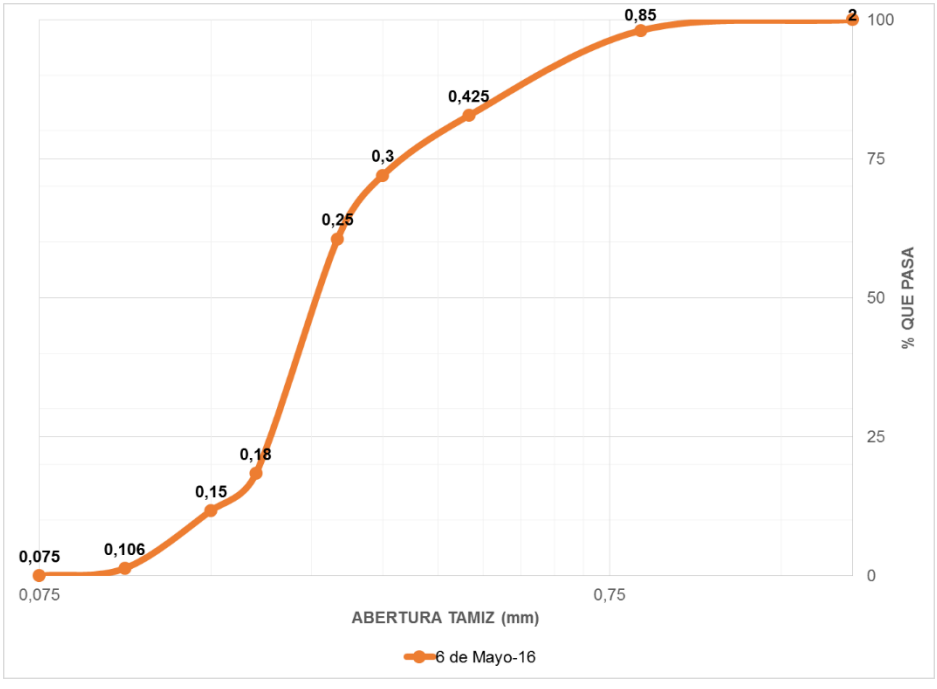
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17- A**
Fecha	06-may-16

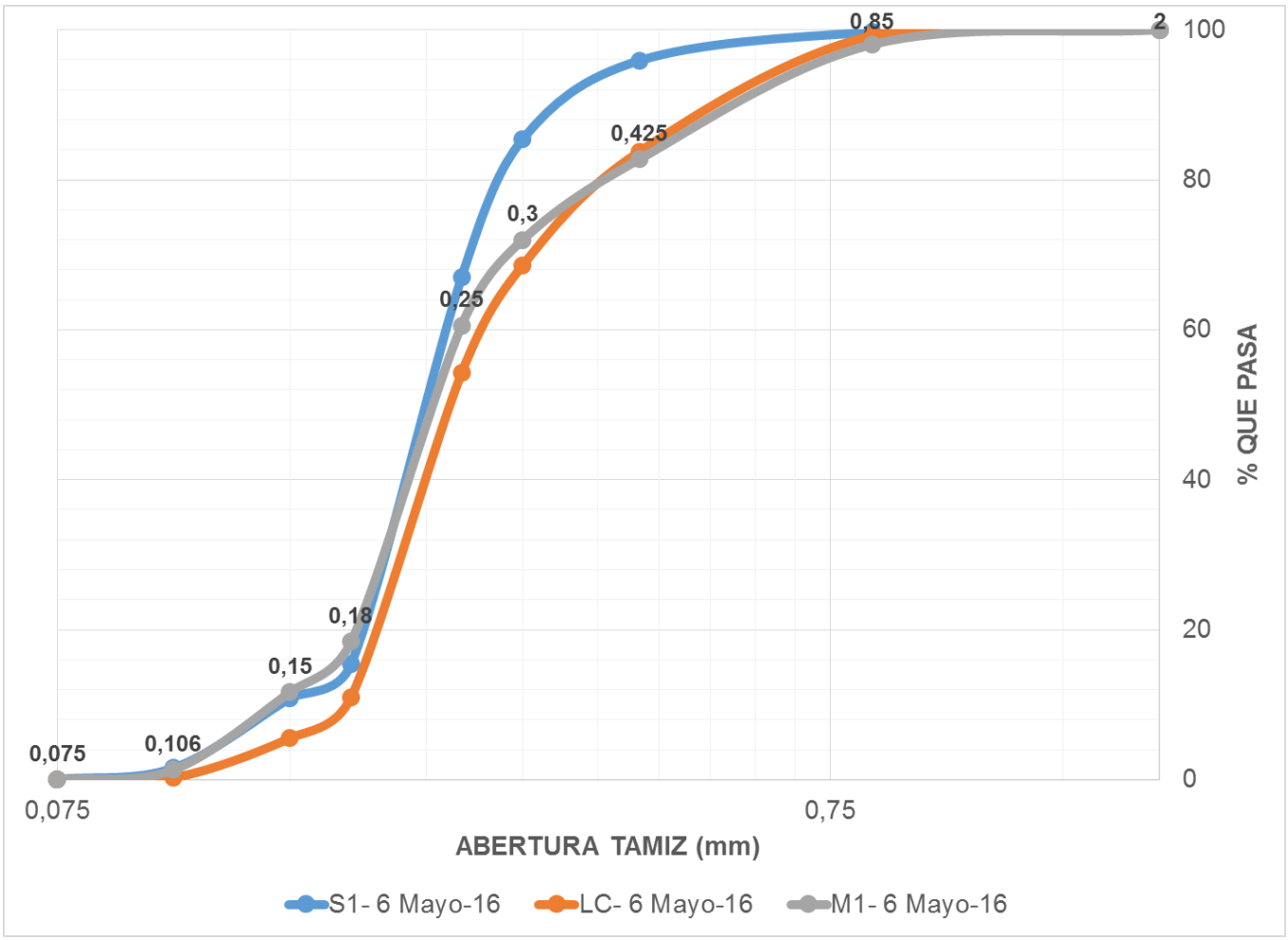
Muestra	**M1**

Peso Recipiente (gr)			96.34	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496.81
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400.47	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			418.45
				Peso seco no lavado			322.11
				W %			24.327093
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	415.58	10	415.58	0	0	0	100
0.85	416.15	20	422.3	6.15	1.942	1.942	98.058
0.425	380.68	40	429.1	48.42	15.288	17.230	82.770
0.3	383.7	50	417.8	34.1	10.767	27.997	72.003
0.25	384.6	60	420.83	36.23	11.439	39.437	60.563
0.18	362.6	80	495.98	133.38	42.114	81.551	18.449
0.15	367.6	100	388.95	21.35	6.741	88.292	11.708
0.106	356.74	140	389.61	32.87	10.379	98.671	1.329
0.075	327.24	200	331.44	4.2	1.326	99.997	0.003
Fondo	372.6	Fondo	372.61	0.01	0.003	100	0
		Total		316.71	δ	1.68%	

Unidades mm	
Cu	0.58853997
Cz	1.1885444
D10	0.14681113
D30	0.20863093
D50	0.23871297
D60	0.24944972
D90	0.63498783
Diam. Medio (Md)	0.23871297
Diam. Prom (M)	0.39089948
Desviación (σ)	0.24408835
Sesgo (α)	0.62348943

Unidades Phi	
φ16	-2.55127448
φ50	-2.06665112
φ84	-1.11405014
Diam. Medio (Mdϕ)	-2.06665112
Diam. Prom (Mϕ)	-1.83266231
Desviación (σϕ)	0.71861217
Sesgo (αϕ)	0.3256121




0,85
2
100
80
60
40
20
0
% QUE PASA
0,425
0,3
0,25
0,18
0,15
0,106
0,075
0,075
0,75
ABERTURA TAMIZ (mm)
S1- 6 Mayo-16
LC- 6 Mayo-16
M1- 6 Mayo-16

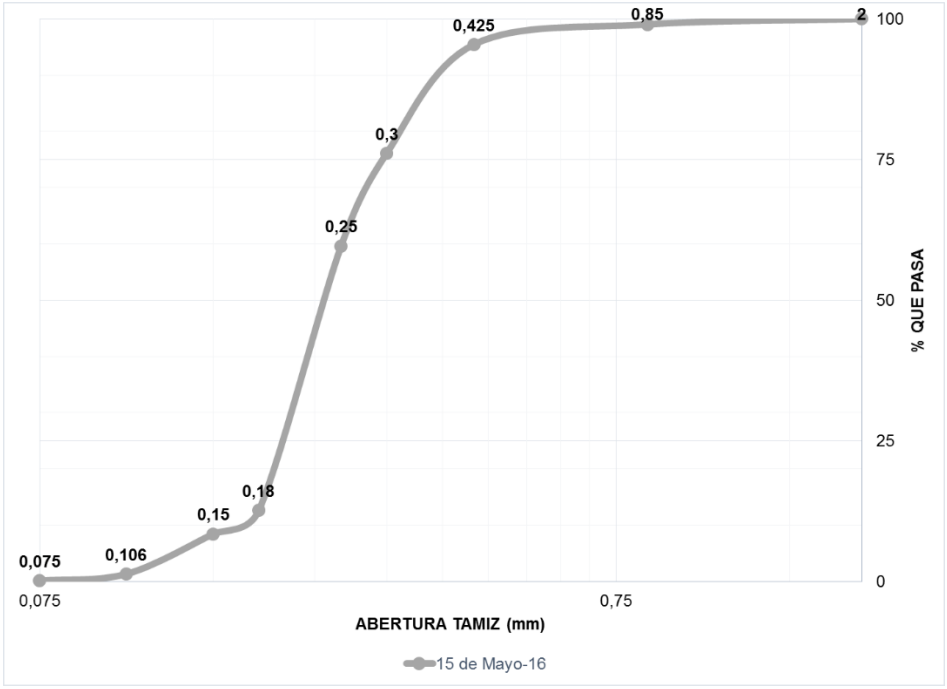
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	15-may-16

Muestra	**SECO 1**

Peso Recipiente (gr)			96.37	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496.49
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400.12	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			475.6
				Peso seco no lavado			379.23
				W %			5.5085304
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413.5	10	413.5	0	0	0	100
0.85	398	20	401.6	3.6	0.972	0.972	99.028
0.425	399.6	40	412.8	13.2	3.563	4.534	95.466
0.3	387.7	50	459.4	71.7	19.352	23.887	76.113
0.25	384.6	60	445.7	61.1	16.491	40.378	59.622
0.18	371.4	80	545.5	174.1	46.991	87.368	12.632
0.15	361.1	100	376.6	15.5	4.184	91.552	8.448
0.106	350	140	376.4	26.4	7.126	98.677	1.323
0.075	354.9	200	359.4	4.5	1.215	99.892	0.108
Fondo	330.8	Fondo	331.2	0.4	0.108	100	0
		Total		370.5	δ	2.30%	

Unidades mm	
Cu	0.64696262
Cz	1.17413846
D10	0.16257755
D30	0.21901841
D50	0.2420608
D60	0.25129357
D90	0.39246952
Diam. Medio (Md)	0.2420608
Diam. Prom (M)	0.27752353
Desviación (σ)	0.11494599
Sesgo (α)	0.30851652

Unidades Phi	
φ16	-2.39090278
φ50	-2.04655865
φ84	-1.49654523
Diam. Medio (Mdφ)	-2.04655865
Diam. Prom (Mφ)	-1.94372401
Desviación (σφ)	0.44717878
Sesgo (αφ)	0.22996316



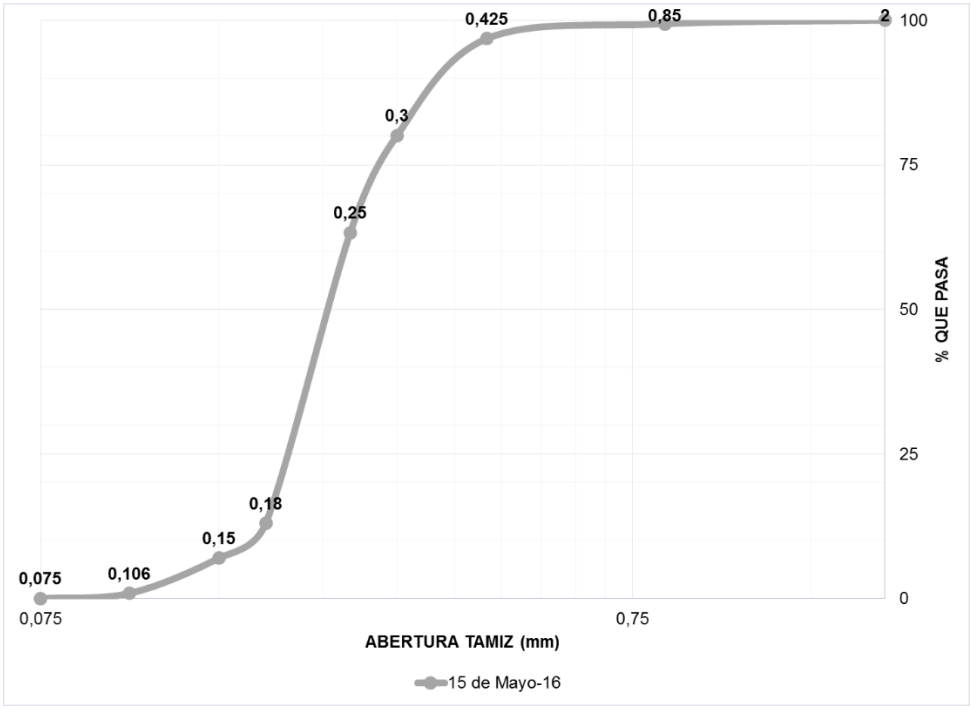
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	15-may-16

Muestra	**LC**

Peso Recipiente (gr)			96.47	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			497.22
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400.75	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			430.6
				Peso seco no lavado			334.13
				W %			19.938347
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413.5	10	413.5	0	0	0	100
0.85	398	20	400	2	0.604	0.604	99.396
0.425	399.6	40	408.1	8.5	2.569	3.173	96.827
0.3	387.7	50	443	55.3	16.712	19.885	80.115
0.25	384.6	60	440.3	55.7	16.833	36.718	63.282
0.18	371.4	80	537.7	166.3	50.257	86.975	13.025
0.15	361.1	100	381	19.9	6.014	92.989	7.011
0.106	350	140	370.2	20.2	6.105	99.093	0.907
0.075	354.9	200	357.8	2.9	0.876	99.970	0.030
Fondo	330.8	Fondo	330.9	0.1	0.030	100	0
		Total		330.9	δ	0.97%	

Unidades mm	
Cu	0.67516385
Cz	1.13670909
D10	0.16719869
D30	0.21694665
D50	0.23956781
D60	0.24764165
D90	0.37676203
Diam. Medio (Md)	0.23956781
Diam. Prom (M)	0.27198036
Desviación (σ)	0.10478167
Sesgo (α)	0.3093342

Unidades Phi	
φ16	-2.40270517
φ50	-2.06149403
φ84	-1.59403655
Diam. Medio (Mdφ)	-2.06149403
Diam. Prom (Mφ)	-1.99837086
Desviación (σφ)	0.40433431
Sesgo (αφ)	0.15611629



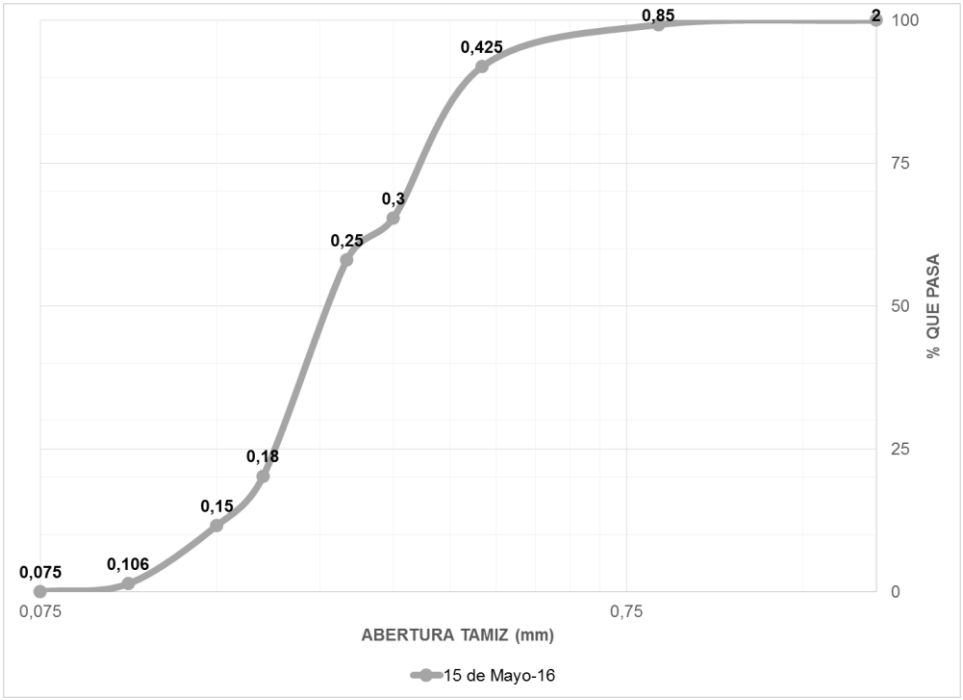
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	15-may-16

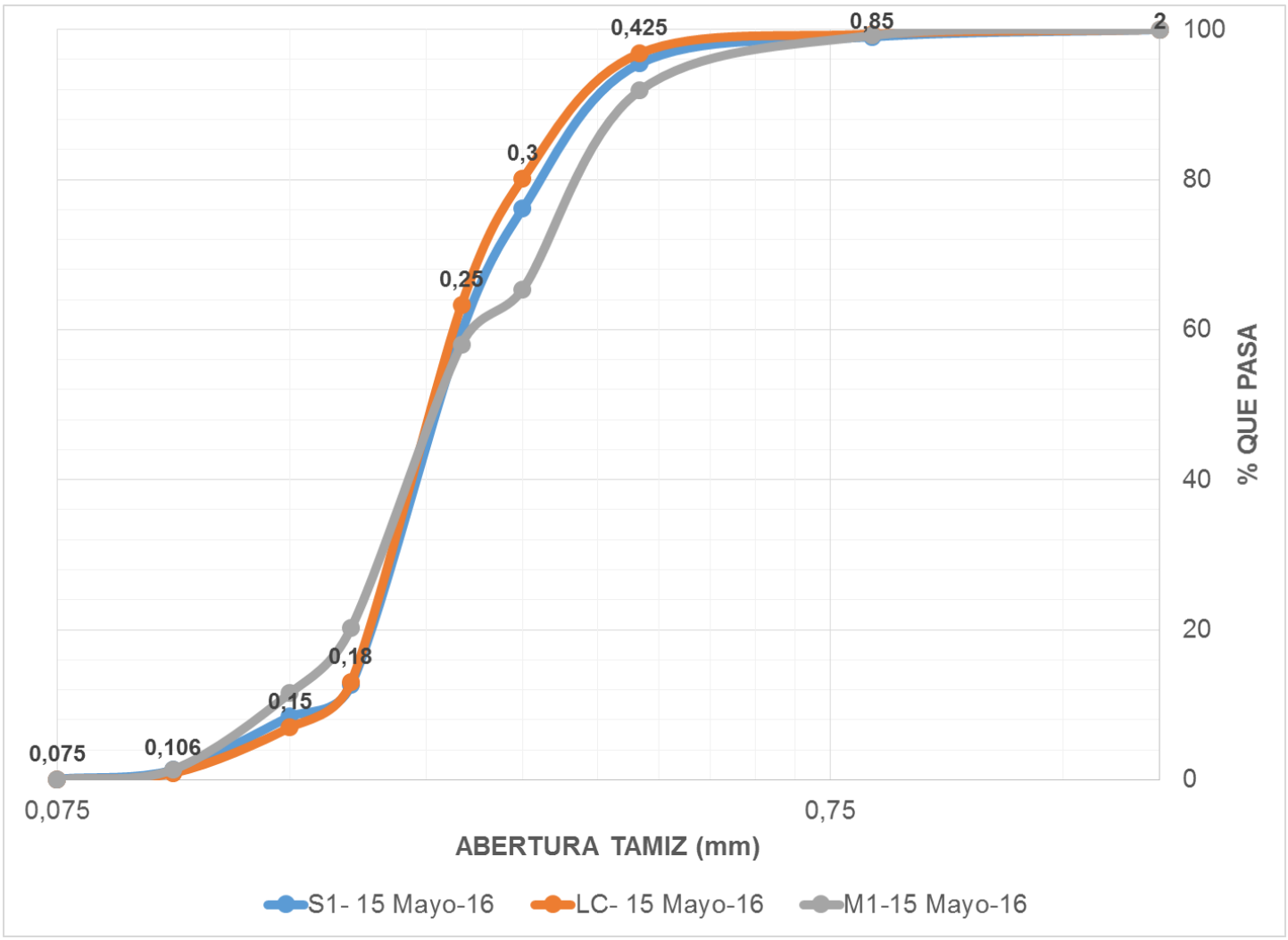
Muestra	**M1**

Peso Recipiente (gr)			94.71	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			494.91
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400.2	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			414.3
				Peso seco no lavado			319.59
				W %			25.222942
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413.5	10	413.5	0	0	0	100
0.85	398	20	400.5	2.5	0.795	0.795	99.205
0.425	399.6	40	422.7	23.1	7.343	8.137	91.863
0.3	387.7	50	471	83.3	26.478	34.615	65.385
0.25	384.6	60	407.7	23.1	7.343	41.958	58.042
0.18	371.4	80	490.3	118.9	37.794	79.752	20.248
0.15	361.1	100	388.4	27.3	8.678	88.430	11.570
0.106	350	140	382	32	10.172	98.601	1.399
0.075	354.9	200	359.2	4.3	1.367	99.968	0.032
Fondo	330.8	Fondo	330.9	0.1	0.032	100	0
		Total		314.6	δ	1.56%	

Unidades mm	
Cu	0.55683261
Cz	1.095472
D10	0.14696281
D30	0.20613216
D50	0.24008652
D60	0.26392636
D90	0.41746885
Diam. Medio (Md)	0.24008652
Diam. Prom (M)	0.28221583
Desviación (σ)	0.13525302
Sesgo (α)	0.31148516

Unidades Phi	
φ16	-2.60516712
φ50	-2.0583737
φ84	-1.303444
Diam. Medio (Mdφ)	-2.0583737
Diam. Prom (Mφ)	-1.95430556
Desviación (σφ)	0.65086156
Sesgo (αφ)	0.1598929




0,425
0,85
2
0,3
0,25
0,18
0,15
0,106
0,075
100
80
60
40
20
0
% QUE PASA
0,075
0,75
ABERTURA TAMIZ (mm)
S1- 15 Mayo-16
LC- 15 Mayo-16
M1-15 Mayo-16

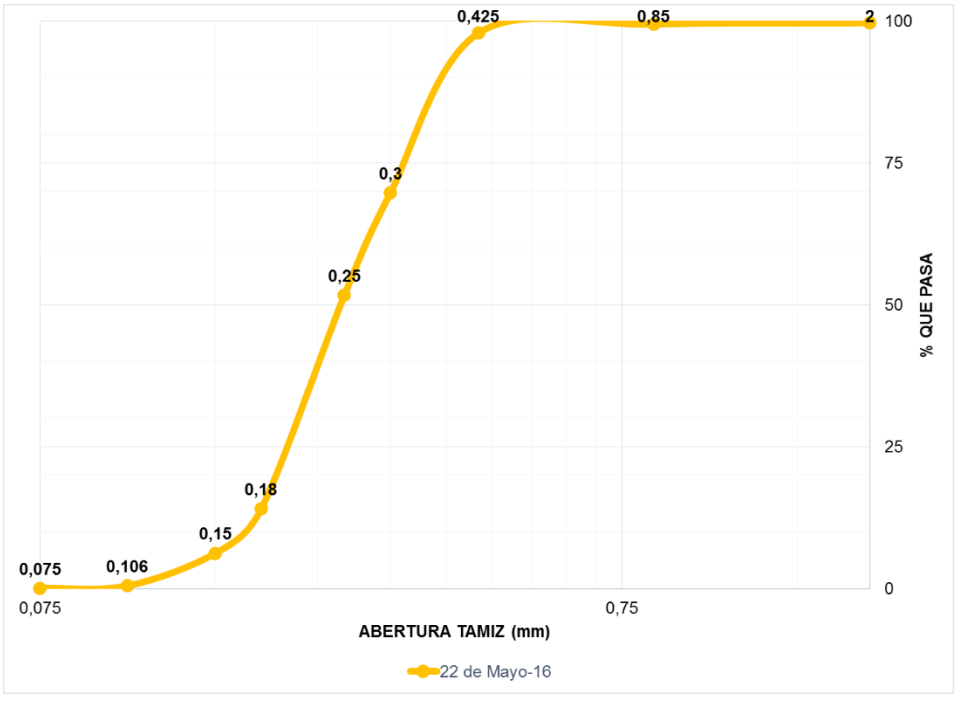
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	22-may-16

Muestra	**SECO 1**

Peso Recipiente (gr)			96.8	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496.8
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			438.6
				Peso seco no lavado			341.8
				W %			17.027501
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	414.7	10	415.9	1.2	0.353	0.353	99.647
0.85	417.9	20	418.6	0.7	0.206	0.559	99.441
0.425	399.9	40	405.2	5.3	1.561	2.120	97.880
0.3	386	50	481.7	95.7	28.180	30.300	69.700
0.25	312.9	60	374.2	61.3	18.051	48.351	51.649
0.18	363.6	80	491.3	127.7	37.603	85.954	14.046
0.15	369	100	395.6	26.6	7.833	93.787	6.213
0.106	350.7	140	370.2	19.5	5.742	99.529	0.471
0.075	345.6	200	347.1	1.5	0.442	99.971	0.029
Fondo	373.6	Fondo	373.7	0.1	0.029	100	0
		Total		339.6	δ	0.64%	

Unidades mm	
Cu	0.60910131
Cz	1.0583196
D10	0.16750403
D30	0.22079484
D50	0.24825568
D60	0.27500192
D90	0.39410167
Diam. Medio (Md)	0.24825568
Diam. Prom (M)	0.28080285
Desviación (σ)	0.11329882
Sesgo (α)	0.28726841

Unidades Phi	
φ16	-2.41887248
φ50	-2.01010138
φ84	-1.43947014
Diam. Medio (Mdφ)	-2.01010138
Diam. Prom (Mφ)	-1.92917131
Desviación (σφ)	0.48970117
Sesgo (αφ)	0.16526419



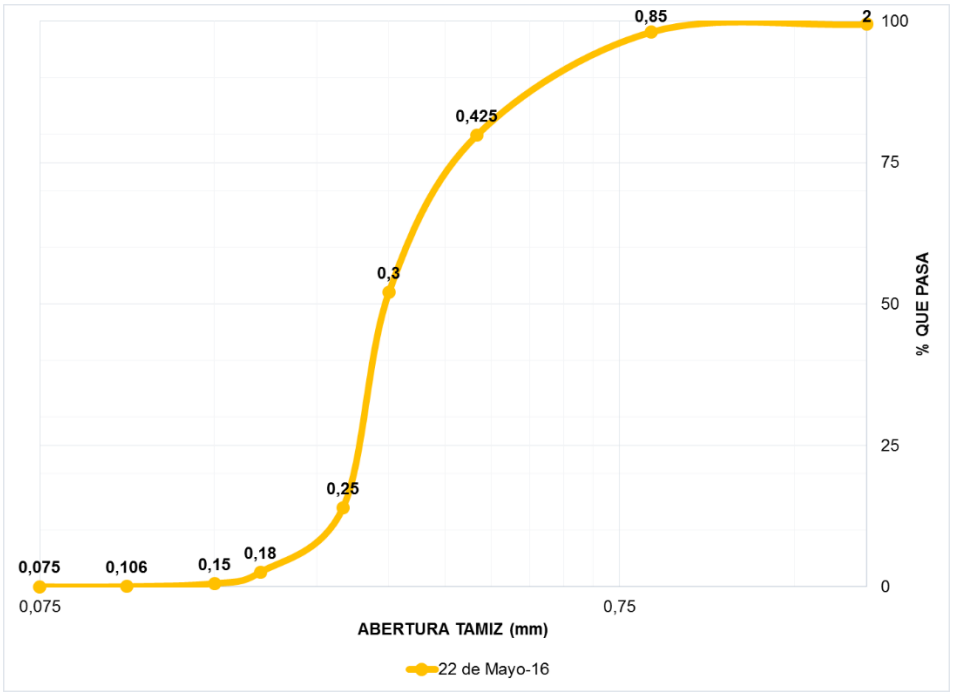
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	22-may-16

Muestra	**LC**

Peso Recipiente (gr)			96.9	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496.9
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			420
				Peso seco no lavado			323.1
				W %			23.800681
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	414.7	10	416.6	1.9	0.598	0.598	99.402
0.85	417.9	20	422.3	4.4	1.385	1.982	98.018
0.425	399.9	40	457.9	58	18.250	20.233	79.767
0.3	386	50	474	88	27.690	47.923	52.077
0.25	312.9	60	433.9	121	38.074	85.997	14.003
0.18	363.6	80	399.9	36.3	11.422	97.420	2.580
0.15	369	100	375.3	6.3	1.982	99.402	0.598
0.106	350.7	140	352.4	1.7	0.535	99.937	0.063
0.075	345.6	200	345.7	0.1	0.031	99.969	0.031
Fondo	373.6	Fondo	373.7	0.1	0.031	100	0
		Total		317.8	δ	1.64%	

Unidades mm	
Cu	0.69122759
Cz	0.96555177
D10	0.236067
D30	0.27900536
D50	0.29845083
D60	0.34151849
D90	0.67396977
Diam. Medio (Md)	0.29845083
Diam. Prom (M)	0.45501839
Desviación (σ)	0.21895138
Sesgo (α)	0.71507909

Unidades Phi	
φ16	-1.97099944
φ50	-1.74443483
φ84	-0.91143871
Diam. Medio (Mdϕ)	-1.74443483
Diam. Prom (Mϕ)	-1.44121908
Desviación (σϕ)	0.52978037
Sesgo (αϕ)	0.57234236



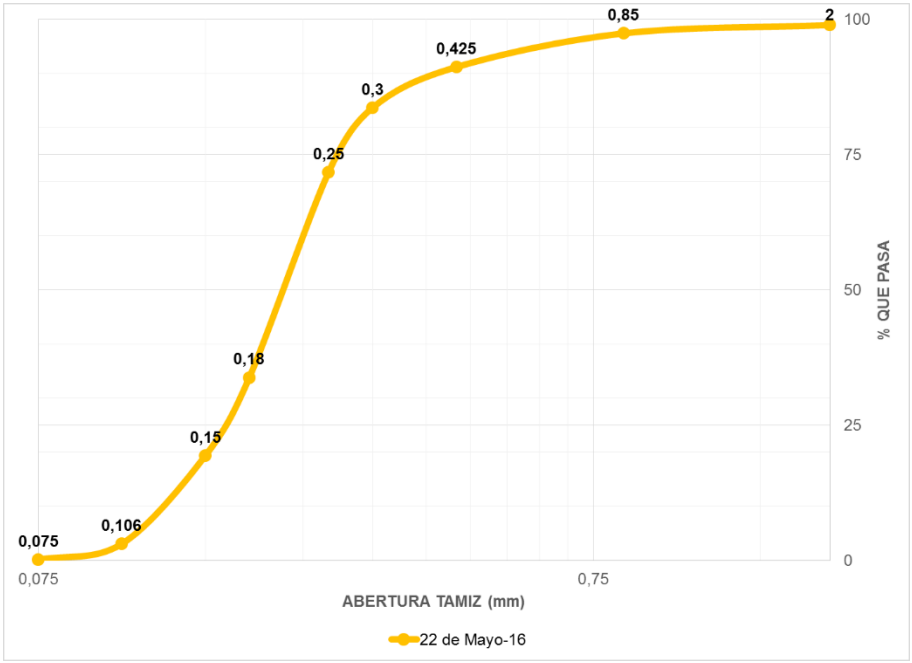
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	22-may-16

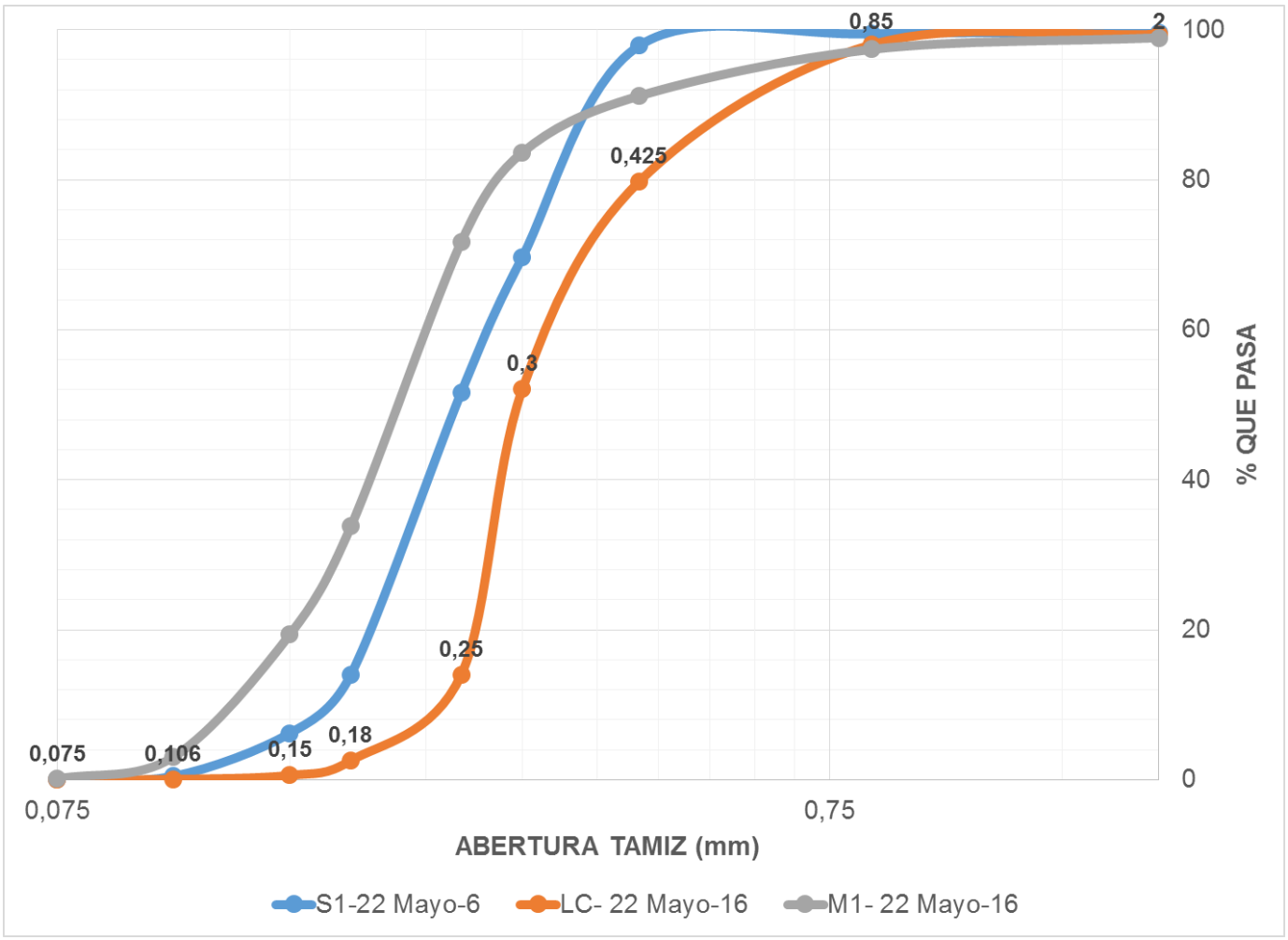
Muestra	**M1**

Peso Recipiente (gr)			95.2	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			496
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400.8	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			413.8
				Peso seco no lavado			318.6
				W %			25.800377
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	414.7	10	418.1	3.4	1.068	1.068	98.932
0.85	417.9	20	422.8	4.9	1.538	2.606	97.394
0.425	399.9	40	419.7	19.8	6.217	8.823	91.177
0.3	386	50	410	24	7.535	16.358	83.642
0.25	312.9	60	350.9	38	11.931	28.289	71.711
0.18	363.6	80	484.3	120.7	37.896	66.185	33.815
0.15	369	100	415	46	14.443	80.628	19.372
0.106	357.9	140	409.9	52	16.327	96.954	3.046
0.075	345.6	200	354.9	9.3	2.920	99.874	0.126
Fondo	373.6	Fondo	374	0.4	0.126	100	0
		Total		318.5	***δ***	0.03%	

Unidades mm	
Cu	0.57530416
Cz	0.96112301
D10	0.1342744
D30	0.17355373
D50	0.21642014
D60	0.23339723
D90	0.40616556
Diam. Medio (Md)	0.21642014
Diam. Prom (M)	0.27021998
Desviación (σ)	0.13594558
Sesgo (α)	0.39574541

Unidades Phi	
φ16	-2.83958702
φ50	-2.20809333
φ84	-1.70751092
Diam. Medio (Mdφ)	-2.20809333
Diam. Prom (Mφ)	-2.27354897
Desviación (σφ)	0.56603805
Sesgo (αφ)	-0.11563822




0,85
2
100
80
60
40
20
0
% QUE PASA
0,425
0,3
0,25
0,18
0,15
0,106
0,075
0,075
0,75
ABERTURA TAMIZ (mm)
S1-22 Mayo-6
LC- 22 Mayo-16
M1- 22 Mayo-16

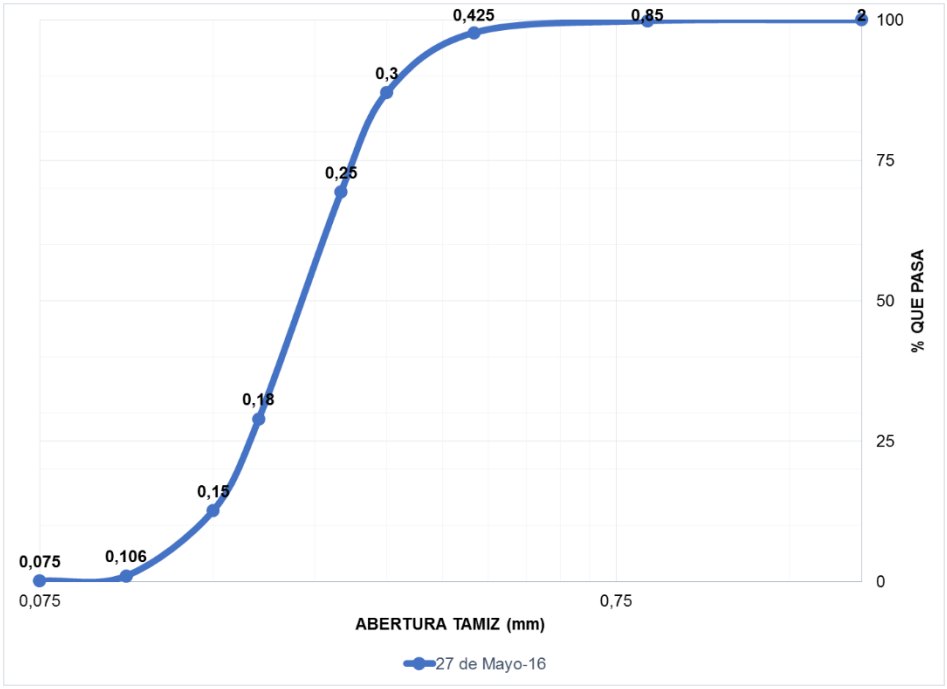
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	27-may-16

Muestra	**SECO 1**

Peso Recipiente (gr)			92.5	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			492.5
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			475.5
				Peso seco no lavado			383
				W %			4.438642298
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413.4	10	413.4	0	0	0	100
0.85	417.4	20	418.1	0.7	0.183	0.183	99.817
0.425	379.3	40	387.3	8	2.091	2.274	97.726
0.3	385.3	50	426.1	40.8	10.664	12.938	87.062
0.25	312	60	379.7	67.7	17.695	30.633	69.367
0.18	362.9	80	517.4	154.5	40.382	71.014	28.986
0.15	368.2	100	430.7	62.5	16.336	87.350	12.650
0.106	357.7	140	402.2	44.5	11.631	98.981	1.019
0.075	345	200	348.4	3.4	0.889	99.869	0.131
Fondo	252.5	Fondo	253	0.5	0.131	100	0
		Total		382.6	δ	0.10%	

Unidades mm	
Cu	0.61206306
Cz	0.9604712
D10	0.14589276
D30	0.18275861
D50	0.22373662
D60	0.23836231
D90	0.33590226
Diam. Medio (Md)	0.22373662
Diam. Prom (M)	0.24089751
Desviación (σ)	0.09500475
Sesgo (α)	0.18063193

Unidades Phi	
φ16	-2.65744892
φ50	-2.16012668
φ84	-1.77536547
Diam. Medio (Mdϕ)	-2.16012668
Diam. Prom (Mϕ)	-2.21640719
Desviación (σϕ)	0.44104173
Sesgo (αϕ)	-0.12760813



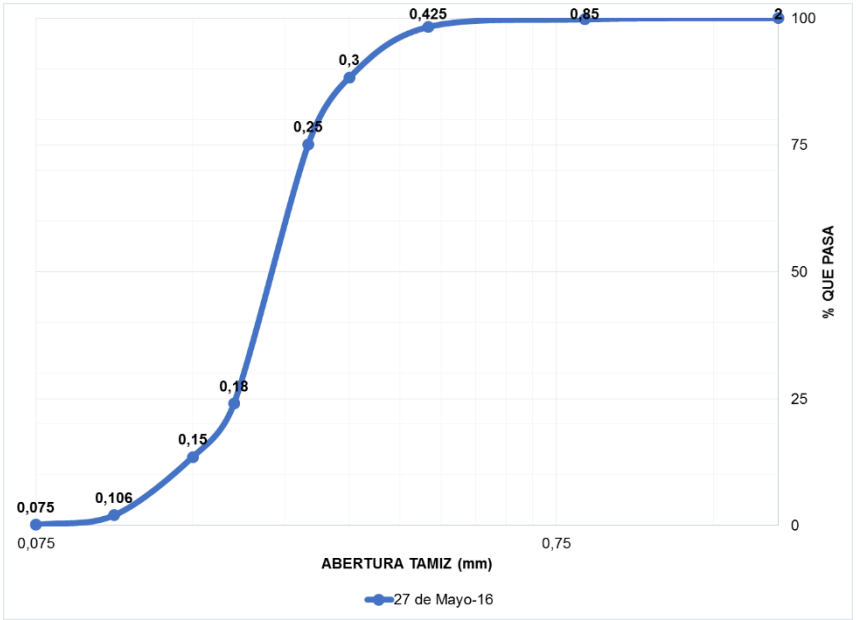
	ANALISIS GRANULOMETRICO
Perfil N°	**17-A**
Fecha	27-may-16

Muestra	**LC**

Peso Recipiente (gr)			101.1	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			501.1
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			424.1
				Peso seco no lavado			323
				W %			23.839009
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413.4	10	413.4	0	0	0	100
0.85	417.4	20	418.1	0.7	0.220	0.220	99.780
0.425	379.3	40	384.1	4.8	1.510	1.730	98.270
0.3	385.3	50	416.9	31.6	9.940	11.670	88.330
0.25	312	60	353.9	41.9	13.180	24.851	75.149
0.18	362.9	80	525.3	162.4	51.085	75.936	24.064
0.15	368.2	100	401.6	33.4	10.506	86.442	13.558
0.106	357.7	140	394.2	36.5	11.482	97.924	2.076
0.075	345	200	351	6	1.887	99.811	0.189
Fondo	252.5	Fondo	253.1	0.6	0.189	100	0
		Total		317.9	δ	1.58%	

Unidades mm	
Cu	0.60493914
Cz	1.11037749
D10	0.14286295
D30	0.19355264
D50	0.22495344
D60	0.23616087
D90	0.32195866
Diam. Medio (Md)	0.22495344
Diam. Prom (M)	0.23241081
Desviación (σ)	0.08954785
Sesgo (α)	0.08327799

Unidades Phi	
φ16	-2.65598737
φ50	-2.15230165
φ84	-1.81375667
Diam. Medio (Mdϕ)	-2.15230165
Diam. Prom (Mϕ)	-2.23487202
Desviación (σϕ)	0.42111535
Sesgo (αϕ)	-0.19607542



ANALISIS GRANULOMETRICO

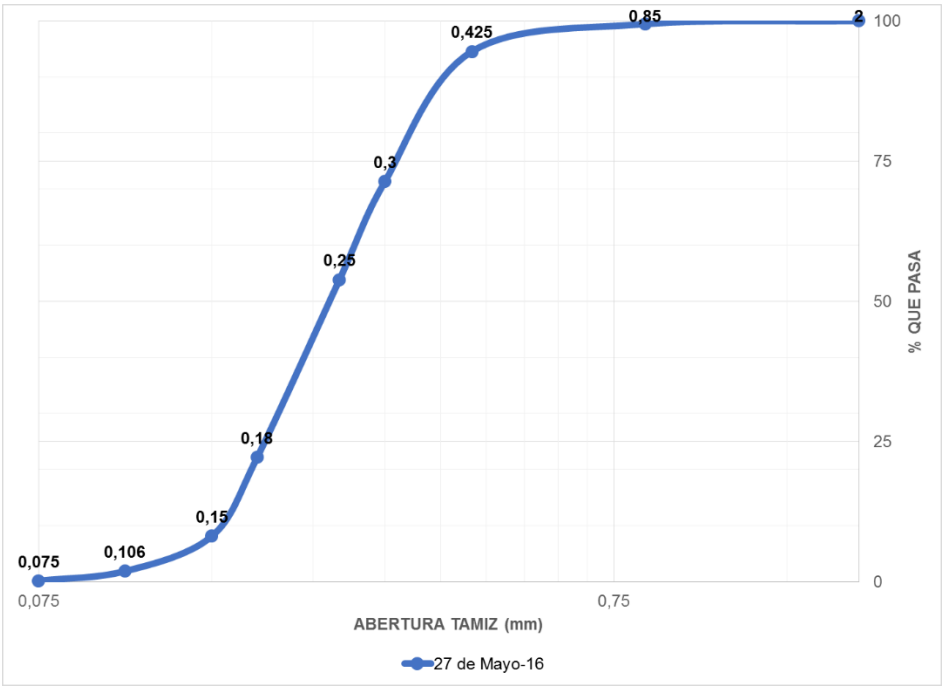
Perfil N°	**17**
Fecha	27-may-16

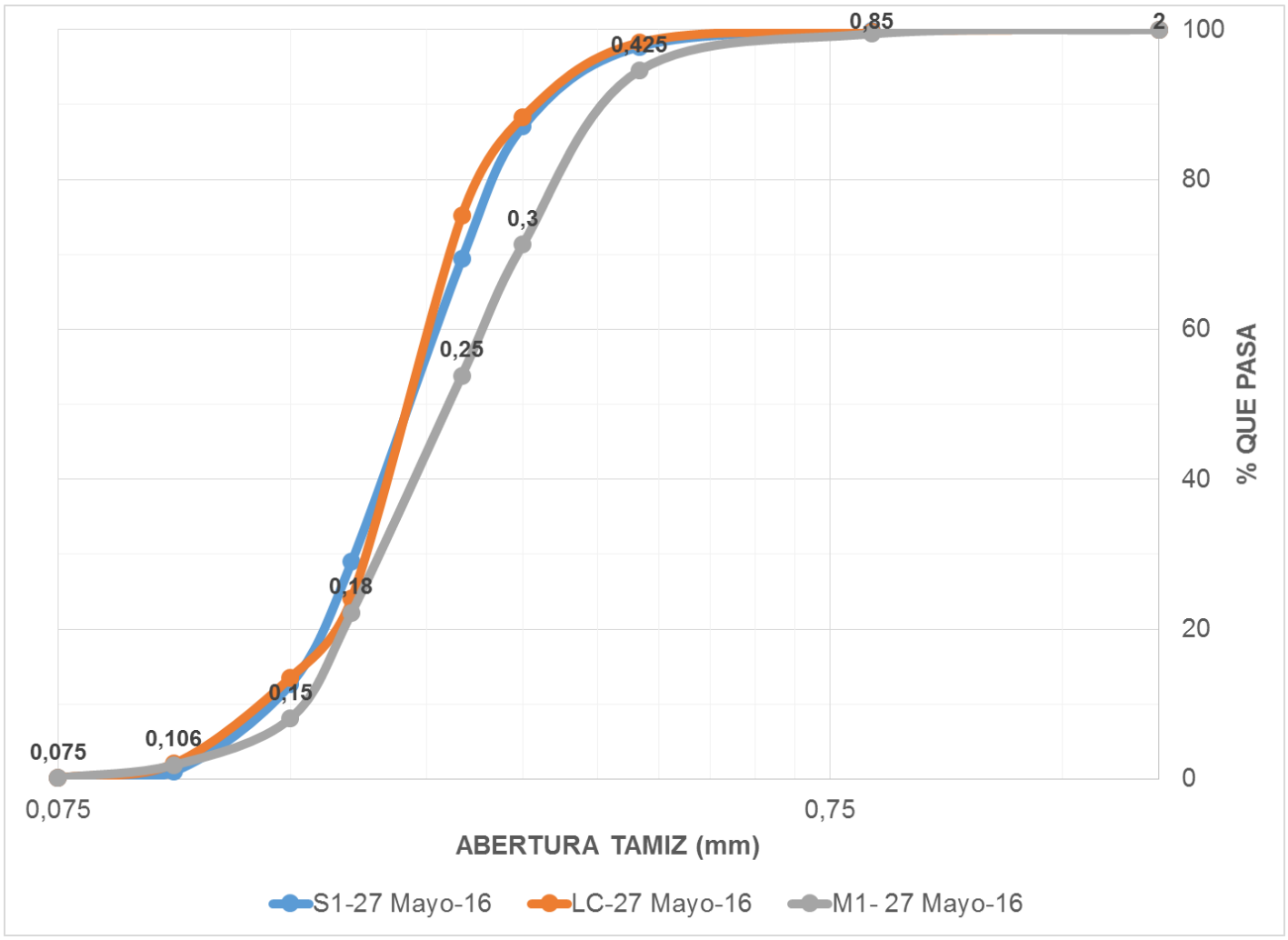
Muestra	**M1**

Peso Recipiente (gr)			97.8	Recipiente+ peso humedo no lavado (gr)			497.8
Peso Muestra Humeda no lavada (gr)			400	Recipiente+peso seco no lavado (gr)			412.8
				Peso seco no lavado			315
				W %			26.984127
Abertura tamiz (mm)	Peso tamiz (gr)	N° Tamiz	Peso Ret + Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2	413.4	10	413.4	0	0	0	100
0.85	417.4	20	419.2	1.8	0.573	0.573	99.427
0.425	379.3	40	394.6	15.3	4.871	5.444	94.556
0.3	385.3	50	458.2	72.9	23.209	28.653	71.347
0.25	312	60	367	55	17.510	46.164	53.836
0.18	362.9	80	462.2	99.3	31.614	77.778	22.222
0.15	368.2	100	412.5	44.3	14.104	91.882	8.118
0.106	357.7	140	377.3	19.6	6.240	98.122	1.878
0.075	345	200	350.4	5.4	1.719	99.841	0.159
Fondo	252.5	Fondo	253	0.5	0.159	100	0
		Total		314.1	δ	0.29%	

Unidades mm	
Cu	0.58017617
Cz	0.98695536
D10	0.15621024
D30	0.20374094
D50	0.24415179
D60	0.26924622
D90	0.40308315
Diam. Medio (Md)	0.24415179
Diam. Prom (M)	0.2796467
Desviación (σ)	0.12343646
Sesgo (α)	0.28755607

Unidades Phi	
φ16	-2.55458727
φ50	-2.03414972
φ84	-1.42483451
Diam. Medio (Mdφ)	-2.03414972
Diam. Prom (Mφ)	-1.98971089
Desviación (σφ)	0.56487638
Sesgo (αφ)	0.07867001




0,85
2
100
0,425
80
0,3
60
0,25
40
% QUE PASA
0,18
20
0,15
0,106
0,075
0
0,075
0,75
ABERTURA TAMIZ (mm)
S1-27 Mayo-16
LC-27 Mayo-16
M1- 27 Mayo-16

ANEXO B: DATOS DE MEDICIÓN DE PERFILES

1. **Datos de Medición en el perfil 17 para las distintas jornadas**

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	**17**	**Ubicación : a 26 m del poste de luz separador**			
Hora inicio	**9:00 a. m.**		**Fecha**	**24/04/2016**	
Hora final	**10:10 a. m.**				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)		26 m	**Altura al BM (m)**		1
Altura instrumental (m)			**Dirección oleaje**		325° NW
Punto	**Δ**	**v(+)**	**v(-)**	**Cota**	**Muestras**
0	1,533			**0,51**	
1				**0,4245**	
2		1,704		0,339	S1
3				**0,356**	
4		1,67		0,373	
5				**0,343**	
6		1,73		0,313	
7				**0,3085**	
8		1,739		0,304	S2
9				**0,295**	
10		1,757		0,286	
11				**0,287**	
12		1,755		0,288	
13				**0,283**	
14		1,765		0,278	
15				**0,217**	
16		1,887		0,156	S3
17				**0,0625**	
18		2,074		-0,031	
19				**-0,0415**	
20		2,215		-0,052	LC
21				**-0,0245**	
22	1,402	2,16		0,003	
23				**0,008**	
24		1,512		0,013	
25				**-0,0825**	
26		1,703		-0,178	
27				**-0,2525**	
28		1,852		-0,327	

29				**-0,411**	
30		2,02		-0,495	
31				**-0,5575**	
32		2,145		-0,62	
33				**-0,6325**	
34		2,17		-0,645	
35				**-0,689**	
36		2,258		-0,733	M1
37				**-0,7805**	
38		2,353		-0,828	
39				**-0,9065**	
40		2,51		-0,985	
41				**-1,035**	
42		2,61		-1,085	M2
43				**-1,125**	
44		2,69		-1,165	
45				**-1,14**	
46		2,64		-1,115	
47				**-1,055**	
48		2,52		-0,995	
49				**-0,96**	
50		2,45		-0,925	
51				**-0,9425**	
52		2,485		-0,96	M3

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	**17**	**Ubicación : a 26 m del poste de luz separador**			
Hora inicio	**4:10 p. m.**		**Fecha**	**06/05/2016**	
Hora final	**5:00 p. m.**				
OBSERVACIONES:		**se adelantan procesos de remocion de relleno en la parte anterior al muro**			
Distancia al BM (m)		26 m	**Altura al BM (m)**		
Altura instrumental (m)		1,5	**Dirección oleaje**		358° N
Punto	**Δ**	**v(+)**	**v(-)**	**Cota**	**Muestras**
0	1,5			**0,51**	
1				**0,4235**	
2		1,673		0,337	
3				**0,3595**	
4		1,628		0,382	
5				**0,395**	
6		1,602		0,408	
9				**0,2535**	
8		1,705		0,305	
9				**0,2985**	
10		1,718		0,292	
11				**0,2885**	
12		1,725		0,285	
13				**0,28**	
14		1,735		0,275	
15				**0,2215**	
16		1,842		0,168	S1
17				**0,089**	
18		2		0,01	
19				**-0,0175**	
20		2,055		-0,045	
21				**-0,115**	
22		2,195		-0,185	
23				**-0,2565**	
24		2,338		-0,328	
25				**-0,319**	
26	1,39	2,46		-0,31	LC
27				**-0,335**	
28		1,58		-0,36	
29				**-0,448**	

30		1,756		-0,536	
31				**-0,578**	
32		1,84		-0,62	
33				**-0,6175**	
34		1,835		-0,615	
35				**-0,64**	
36		1,885		-0,665	
37				**-0,69**	
38		1,935		-0,715	
39				**-0,7475**	
40		2		-0,78	
41				**-0,825**	
42		2,09		-0,87	
43				**-0,905**	
44		2,16		-0,94	
45				**-0,98**	
46		2,24		-1,02	M1
47				**-1,04**	
48		2,28		-1,06	
49				**-1,095**	
50		2,35		-1,13	
51				**-1,15**	
52		2,39		-1,17	
53				**-1,19**	
54		2,43		-1,21	

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	**17**	**Ubicación : a 26 m del poste de luz separador**			
Hora inicio	**8:20 a. m.**		**Fecha**	**15/05/2016**	
Hora final	**9:00 a. m.**				
OBSERVACIONES:		**se adelantan procesos de remoción de relleno en la parte anterior al muro**			
Distancia al BM (m)		26 m	**Altura al BM (m)**		
Altura instrumental (m)		1,5	**Dirección oleaje**		340° N
Punto	**Δ**	**v(+)**	**v(-)**	**Cota**	**Muestras**
0	1,52			**0,51**	
1				**0,443**	
2		1,653		0,377	
3				**0,3895**	
4		1,628		0,402	
5				**0,371**	
6		1,69		0,34	
7				**0,3335**	
8		1,703		0,327	
9				**0,326**	
10		1,705		0,325	
11				**0,325**	
12		1,705		0,325	
13				**0,3215**	
14		1,712		0,318	S1
15				**0,264**	
16		1,82		0,21	
17				**0,135**	
18		1,97		0,06	
19				**0,0095**	
20	1,7	2		-0,041	LC
21				**-0,2515**	
22		2,05		-0,462	
23				**-0,482**	
24		2,09		-0,502	
25				**-0,527**	
26		2,14		-0,552	
27				**-0,609**	
28		2,254		-0,666	

29				**-0,714**	
30		2,35		-0,762	
31				**-0,822**	
32		2,47		-0,882	
33				**-0,847**	
34		2,4		-0,812	
35				**-0,851**	
36		2,478		-0,89	
37				**-0,896**	
38		2,49		-0,902	
39				**-0,8715**	
40		2,5		-0,841	
41				**-0,9265**	
42		2,6		-1,012	M1
43				**-1,0525**	
44		2,681		-1,093	
45				**-1,1025**	
46		2,7		-1,112	
47				**-1,164**	
48		2,804		-1,216	
49				**-1,229**	
50		2,83		-1,242	
51				**-1,277**	
52		2,9		-1,312	
53				**-1,332**	
54		2,94		-1,352	

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	**17**	**Ubicación : a 26 m del poste de luz separador**			
Hora inicio	**7:00 a. m.**		**Fecha**	**22/05/2016**	
Hora final	**7:40 a. m.**				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)		26 m	**Altura al BM (m)**		
Altura instrumental (m)		1,3	**Dirección oleaje**		331° N
Punto	**Δ**	**v(+)**	**v(-)**	**Cota**	**Muestras**
0	1,3			**0,51**	
1				**0,426**	
2		1,468		0,342	
3				**0,3545**	
4		1,443		0,367	
5				**0,364**	
6		1,449		0,361	
7				**0,328**	
8		1,515		0,295	
9				**0,2925**	
10		1,52		0,29	
11				**0,285**	
12		1,53		0,28	
13				**0,28**	
14		1,53		0,28	
15				**0,23**	
16		1,63		0,18	S1
17				**0,12**	
18		1,75		0,06	
19				**-0,01**	
20		1,89		-0,08	
21				**-0,0775**	
22	1,47	2,04		-0,075	LC
23				**-0,0575**	
24		1,59		-0,04	
25				**-0,105**	
26		1,72		-0,17	
27				**-0,245**	
28		1,87		-0,32	
29				**-0,41**	

30		2,05		-0,5	
31				**-0,61**	
32		2,27		-0,72	
33				**-0,77**	
34		2,37		-0,82	
35				**-0,755**	
36		2,24		-0,69	
37				**-0,6575**	
38		2,175		-0,625	
39				**-0,6775**	
40		2,28		-0,73	
41				**-0,7325**	
42		2,285		-0,735	
43				**-0,7625**	
44		2,34		-0,79	
45				**-0,8075**	
46		2,375		-0,825	
47				**-0,8475**	
48		2,42		-0,87	M1
49				**-0,8725**	
50		2,425		-0,875	
51				**-0,895**	
52		2,465		-0,915	
53				**-0,9225**	
54		2,48		-0,93	

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	**17**	**Ubicación : a 26 m del poste de luz separador**			
Hora inicio	**11:00 a. m.**		**Fecha**	**27/05/2016**	
Hora final	**11:20 a. m.**				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)		26 m	**Altura al BM (m)**		
Altura instrumental (m)		1,51	**Dirección oleaje**		324° NW
Punto	**Δ**	**v(+)**	**v(-)**	**Cota**	**Muestras**
0	1,51			**0,51**	
1				**0,42**	
2		1,69		0,33	
3				**0,345**	
4		1,66		0,36	
5				**0,345**	
6		1,69		0,33	
7				**0,305**	
8		1,74		0,28	
9				**0,28**	
10		1,74		0,28	
11				**0,276**	
12		1,748		0,272	
13				**0,2735**	
14		1,745		0,275	
15				**0,225**	
16		1,845		0,175	
17				**0,1275**	
18		1,94		0,08	
19				**0,0225**	
20		2,055		-0,035	S1
21				**-0,085**	
22		2,155		-0,135	
23				**-0,18**	
24		2,245		-0,225	
25				**-0,2175**	
26	1,51	2,37		-0,21	LC
27				**-0,1975**	
28		1,625		-0,185	

29				**-0,247**	
30		1,749		-0,309	
31				**-0,3745**	
32		1,88		-0,44	
33				**-0,5225**	
34		2,045		-0,605	
35				**-0,6125**	
36		2,06		-0,62	
37				**-0,625**	
38		2,07		-0,63	
39				**-0,64**	
40		2,09		-0,65	
41				**-0,665**	
42		2,12		-0,68	
43				**-0,695**	
44		2,15		-0,71	M1
45				**-0,725**	
46		2,18		-0,74	
47				**-0,76**	
48		2,22		-0,78	
49				**-0,805**	
50		2,27		-0,83	
51				**-0,85**	
52		2,31		-0,87	

2. Datos de Medición en el perfil 17-A para las distintas jornadas

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	**17-A**	**Ubicación : a 26 m del poste de luz separador**			
Hora inicio	**7:30 a. m.**		**Fecha**	**24/04/2016**	
Hora final	**8:40 a. m.**				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)			**Altura al BM (m)**		
Altura instrumental (m)			**Dirección oleaje**		
Punto	**Δ**	**v(+)**	**v(-)**	**Cota**	**Muestras**
0	1,45			**0,52**	
1				**0,4285**	
2		1,633		0,337	S1
3				0,311	
4		1,685		0,285	
5				0,2515	
6		1,752		0,218	S2
7				0,1455	
8		1,897		0,073	
9				-0,0145	
10	1,6	2,072		-0,102	
11				-0,2435	
12		2,003		-0,385	LC
13				-0,361	
14		1,955		-0,337	
15				-0,4375	
16		2,156		-0,538	
17				-0,6175	
18		2,315		-0,697	
19				-0,763	
20		2,447		-0,829	M1
21				-0,853	
22		2,495		-0,877	
23				-0,8845	
24		2,51		-0,892	M1
25				-0,972	
26		2,67		-1,052	
27				-1,0505	

28		2,667		-1,049	
29				-1,083	
30		2,735		-1,117	
31				-1,0645	
32		2,63		-1,012	M2
33				-0,937	
34		2,48		-0,862	
35				-0,887	
36		2,53		-0,912	
37				-0,925	
38		2,556		-0,938	
39				-0,975	
40		2,63		-1,012	M3

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	**17-A**	**Ubicación : a 26 m del poste de luz separador**			
Hora inicio	**3:30 p. m.**		**Fecha**	**06/05/2016**	
Hora final	**4:00 p. m.**				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)			**Altura al BM (m)**		
Altura instrumental (m)		1,51	**Dirección oleaje**		358° N
Punto	**Δ**	**v(+)**	**v(-)**	**Cota**	**Muestras**
0	1,51			**0,52**	
1				**0,4325**	
2		1,685		0,345	
3				**0,3225**	
4		1,73		0,3	
5				**0,265**	
6		1,8		0,23	
7				**0,1725**	
8		1,915		0,115	S1
9				**0,0725**	
10		2		0,03	
11				**-0,08**	
12		2,22		-0,19	
13				**-0,2825**	
14		2,405		-0,375	
14,2	1,355	2,43		-0,26	LC
15				**-0,27555556**	
16		1,53		-0,295	
17				**-0,39**	
18		1,72		-0,485	
19				**-0,6075**	
20		1,965		-0,73	
21				**-0,71**	
22		1,925		-0,69	
23				**-0,6925**	
24		1,93		-0,695	
25				**-0,75**	
26		2,04		-0,805	
27				**-0,7225**	
28		1,875		-0,64	

29				**-0,6525**	
30		1,9		-0,665	
31				**-0,675**	
32		1,92		-0,685	M1
33				**-0,7**	
34		1,95		-0,715	
35				**-0,721**	
36		1,962		-0,727	
37				**-0,731**	
38		1,97		-0,735	
39				**-0,74**	
40		1,98		-0,745	

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	**17-A**	**Ubicación : a 26 m del poste de luz separador**			
Hora inicio	**7:40 a. m.**		**Fecha**	**15/05/2016**	
Hora final	**8:10 p. m.**				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)			**Altura al BM (m)**		
Altura instrumental (m)		1,47	**Dirección oleaje**		354° N
Punto	**Δ**	**v(+)**	**v(-)**	**Cota**	**Muestras**
0	1,47			**0,52**	
1				**0,4185**	
2		1,673		0,317	
3				**0,3145**	
4		1,678		0,312	
5				**0,265**	
6		1,772		0,218	S1
7				**0,1465**	
8		1,915		0,075	
8,65		1,934		0,056	
9				**0,04640741**	
10	1,5	1,9		0,019	LC
11				**-0,1965**	
12		1,86		-0,412	
13				**-0,497**	
14		2,03		-0,582	
15				**-0,7585**	
16		2,383		-0,935	
17				**-0,965**	
18		2,443		-0,995	
19				**-1,0735**	
20		2,6		-1,152	
21				**-1,192**	
22		2,68		-1,232	
23				**-1,268**	
24		2,752		-1,304	M1
25				**-1,278**	
26		2,7		-1,252	
27				**-1,262**	
28		2,72		-1,272	

29				**-1,327**	
30		2,83		-1,382	
31				**-1,402**	
32		2,87		-1,422	
33				**-1,4265**	
34		2,879		-1,431	
35				**-1,442**	
36		2,901		-1,453	
37				**-1,4725**	
38		2,94		-1,492	
39				**-1,488**	
40		2,932		-1,484	

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	**17-A**	**Ubicación : a 26 m del poste de luz separador**			
Hora inicio	**6:20 a. m.**		**Fecha**	**22/05/2016**	
Hora final	**6:50 p. m.**				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)			**Altura al BM (m)**		
Altura instrumental (m)		1,585	**Dirección oleaje**		321° NW
Punto	**Δ**	**v(+)**	**v(-)**	**Cota**	**Muestras**
0	1,585			**0,52**	
1				**0,4315**	
2		1,762		0,343	
3				**0,324**	
4		1,8		0,305	
5				**0,275**	
6		1,86		0,245	
7				**0,17**	
8		2,01		0,095	S1
9				**0,005**	
10		2,19		-0,085	
11				**-0,165**	
12		2,35		-0,245	
12,4		2,358		-0,098	LC
13				**-0,2375**	
14		2,49		-0,23	
15				**-0,315**	
16		2,66		-0,4	
17				**-0,465**	
18		2,79		-0,53	
19				**-0,6**	
20		2,93		-0,67	
21				**-0,715**	
22		3,02		-0,76	
23				**-0,79**	
24		3,08		-0,82	
25				**-0,835**	
26		3,11		-0,85	
27				**-0,86**	
28		3,13		-0,87	
29				**-0,8875**	

30		3,165		-0,905	
31				**-0,9365**	
32		3,228		-0,968	
33				**-1,039**	
34		3,37		-1,11	
35				**-1,11**	
36		3,37		-1,11	
37				**-1,11**	
38		3,37		-1,11	M1
39				**-1,1225**	
40		3,395		-1,135	

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	**17-A**	**Ubicación : a 26 m del poste de luz separador**			
Hora inicio	**10:00 a. m.**		**Fecha**	**27/05/2016**	
Hora final	**10:45 p. m.**				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)			**Altura al BM (m)**		
Altura instrumental (m)		1,48	**Dirección oleaje**		313° NW
Punto	**Δ**	**v(+)**	**v(-)**	**Cota**	**Muestras**
0	1,48			**0,52**	
1				**0,4175**	
2		1,685		0,315	
3				**0,295**	
4		1,725		0,275	
5				**0,2475**	
6		1,78		0,22	S1
7				**0,1625**	
8		1,895		0,105	
9				**0,0325**	
10		2,04		-0,04	
11				**-0,1**	
12		2,16		-0,16	
12,48	1,5	2,21		-0,07	LC
13				**-0,1375**	
14		1,685		-0,115	
15				**-0,1975**	
16		1,85		-0,28	
17				**-0,365**	
18		2,02		-0,45	
19				**-0,56**	
20		2,24		-0,67	
21				**-0,6725**	
22		2,245		-0,675	
23				**-0,675**	
24		2,245		-0,675	
25				**-0,6725**	
26		2,24		-0,67	
27				**-0,685**	
28		2,27		-0,7	
29				**-0,745**	

30		2,36		-0,79	
31				**-0,81**	
32		2,4		-0,83	
33				**-0,835**	
34		2,41		-0,84	
35				**-0,8375**	
36		2,405		-0,835	M1
37				**-0,8475**	
38		2,43		-0,86	
39				**-0,8825**	
40		2,475		-0,905	

ANEXO C: CUADRO DE ANTECEDENTES

Año y Lugar	Titulo Documento	Autor	Objetivo	Resultados
1984 Australia	Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis	Wright & Short	Determinar las variantes influyentes en el estado modal de una playa(disipativo, intermedio o reflectivo)	Se concluyo que el estado modal depende de las condiciones ambientales locales, el tamaño del sedimento y las condiciones del oleaje antecedente
1995 Costas españolas	Variabilidad de los perfiles de playa: forma y distribución granulométrica	Medina, Losada, Lozada y Vidal	Determinar la variación de los perfiles de playa en las costas	Se encontró relación entre la profundidad de cierre del perfil y la altura de la ola, además una variación significativa de la distribución del tamaño del grano de arena. Se distinguieron 4 tipos de playa y se concluyó que un buen modelo de perfil de playa debe considerar el tamaño del sedimento
2002 Baja California	Estudio multidisciplinario de la bahía santa rosalita en el marco del proyecto escalera náutica	Biopesca y Martinez Diaz	Determinar la variación de los perfiles luego de la implementación de estructuras de protección en la marina(Proyecto Escalera Náutica, Santa Rosaliita, Baja California)	Se determinó un aumento en el nivel del perfil después de la implementación de las estructuras que comprendía el proyecto
2003 Paraná, Brasil	Volumetric variations on the beaches of the south seashort of Parana, state of Brazil	Bessa Jr y Angulo	Seguimiento de perfiles de playa	La variación que se presento fue dependiente de la proximidad de las playas a la zona con alta influencia de marea asociadas a frentes fríos, y no a otros factores
2007 Phanhandle, Florida	Temporal and spatial change in equilibrium beach profile from the Florida, Phanhandle	Tood, Walton y Dean	Medición de perfiles en condición de calma y luego en condición de tormenta o con acción representativa de viento	Para medir los parámetros se deben considerar las condiciones climáticas ya que al medir perfiles después de tormentas se presentaran valores altos en estos, sin

				representación de riesgo de desplazamiento de línea de costa
1981 Cartagena de Indias, Colombia	Procesos de erosión en las playas de manzanillo	Leuseur y Vernette	Búsqueda de relaciones entre las características sedimentológicas de las playas de Bocagrande y las de manzanillo	Se determinó finalmente que las arenas son de distintos tipos, descartando la existencia de relación directa de las obras de defensa en Bocagrande con la erosión en manzanillo
2002 Cartagena de Indias, Colombia	Variación del comportamiento de la línea de costa, sector Cabrero-Crespo, comprendido entre la curva de Santo Domingo y centro recreacional Comfenalco	Agamez y Maza	Modelación matemática con el programa génesis para pronosticar variaciones de línea de costa entre 1985 y 2001	Se concluyó que existe poca variación en la geomorfología litoral y en el desplazamiento de la línea de costa
2003 Cartagena de Indias, Colombia	Efectos sobre la línea de costa de los espolones en la Bocana estabilizada de la Ciénaga de la Virgen, en Cartagena de Indias	Moreno, Huertas, Castillo y Castro	Evaluar qué efectos tuvo la construcción de espolones en la Bocana	Utilizando el modelo RCP-WAVE se determinó que esas estructuras produjeron cambios en la línea de costa, afectando significativamente la parte norte por el crecimiento de playa seca, la parte sur tuvo un retroceso moderado con tendencia erosiva, se disminuyó la pendiente de sur a norte hasta la boca de la boquilla y de allí incremento hasta punta Icacos
2003 Cartagena de Indias, Colombia	Beach morphology and coastal protection along headland bays in Cartagena de Indias	Moreno, Agamez, Castro y Voulgaris	Caracterización de la morfología de todas las playas de Cartagena de Indias	Se identificó la dinámica de comportamiento de los perfiles por acción del clima, oleaje y la interacción con la estructura de protección
2005 Cartagena de Indias, Colombia	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 y Jiménez	Clasificar la geomorfología y las variaciones en el sector	Se encontraron perfiles tendientes a cóncavos y se evidencia un proceso de transporte de sedimentos para el cual se sugiere la construcción de estructuras de protección

2005 Cartagena de Indias, Colombia	Clasificación geomorfológica y análisis de los perfiles de playa en los sectores Castillogrande, Laguito y Bocagrande	Lamadrid	Clasificar la geomorfología de las playas	Se determinaron las direcciones de oleaje, tamaño de sedimentos, periodos y alturas de ola; se determinó la zona con un estado disipativo
2009 Cartagena de Indias, Colombia	Comportamiento estacional de los perfiles de playa en sectores de Cartagena(época de lluvias)	Berdugo y Diaz	Caracterización de perfiles en Bocagrande, Marbella-cabrero y la boquilla	Variación en los anchos de playa en los sectores de la ciudad y retroceso del ancho de la playa en Marbella
2009 Cartagena de Indias, Colombia	Estudio de las condiciones geomorfológicas actuales y movilidad de una entrada costera. Caso de estudio: boca del laguito	Maza Gonzales	Contemplar la boca del laguito como boca costera	Arrojo como resultado recomendaciones para un dragado continuo de las zonas al ser tendiente a la sedimentación
2011 Cartagena de Indias, Colombia	Proyecto HORUS	Osorio	Monitoreo en tiempo real y permanente del comportamiento de un sector de las playas de Bocagrande	Con 4 cámaras de monitoreo, demostró ser un método practico para el sedimento de cambios en la línea de costa
2012 Islas del Rosario, Colombia	Shorelind changes between 1954 and 2007 in the marine protected área of the Rosario island archipiélago	Restrepo, Otero, Casas, Henao y Gutiérrez	Análisis del cambio en la línea de costa por imágenes satelitales y fotografías aéreas	Se determinó una relación inversa entre el tamaño de la isla y la magnitud de la erosión, ya que la isla perdió entre 48% del territorio por efectos de esta
2012 Cartagena de Indias, Colombia	Clasificación geomorfológica y análisis de la variación espacial y temporal de las playas de Cartagena sector Marbella	Avendaño y Bonfante	Hacer seguimiento de perfiles de playa al comparar con resultados de perfiles anteriores	Se determinó que la playa es de tipo disipativa con tendencia erosiva en época de fuertes vientos
2014 Cartagena de Indias, Colombia	Estudio de perfiles para la determinacion de estados modales de playa en el sector la Boquilla en la ciudad de Cartagena de Indias	Rangel Fajardo y Maza Figueroa	Evaluar estados modales, estabilidad y clasificación de la playa	Se determinó predominio de sedimento fino, perfil erosivo, playa de tipo intermedio con barras rítmicas