
PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL



FASE III - CAPITULO 14 Estudios Oceanográficos

Realizado por:



Preparado para:



Guayaquil, Mayo del 2012



TABLA DE CONTENIDO

14	ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS	14-7
14.1	Generalidades.....	14-7
14.2	Investigación de campo	14-7
14.2.1	Introducción.....	14-7
14.2.2	Parámetros medidos	14-10
14.2.3	Equipos e instrumentos	14-10
14.3	Climatología.....	14-12
14.3.1.1	Temperatura Superficial del Aire (TSA).....	14-17
14.3.1.2	Precipitación.....	14-20
14.3.1.3	Humedad Relativa.....	14-24
14.3.1.4	Nubosidad.....	14-25
14.3.1.5	Velocidad y dirección de Vientos en el área del Proyecto.....	14-26
14.3.1.6	Heliofanía.....	14-30
14.3.1.7	Evaporación Mensual.....	14-31
14.3.1.8	Temperatura Superficial del Mar	14-32
14.4	Oceanografía	14-33
14.4.1	Olas.....	14-33
14.4.1.1	Oleaje en las Costas Ecuatorianas.....	14-33
14.4.1.2	Olas en aguas profundas	14-35
14.4.1.3	Olas rompientes o visuales	14-43
14.4.1.4	Refracción de los frentes de onda.....	14-51
14.4.2	Mareas	14-56
14.4.2.1	Análisis armónico de mareas.....	14-56
14.4.2.2	Resultados	14-58
14.4.3	Estudio de Dinámica Litoral	14-65
14.4.3.1	Corriente Litoral.....	14-65
14.4.3.2	Transporte de sedimentos.....	14-69
14.5	Bibliografía.....	14-87

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-2



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de las estaciones	14-8
Tabla 2. Orden de recorrido de estaciones hidrosedimentológicas durante la época seca.....	14-9
Tabla 3. Orden de recorrido de estaciones hidrosedimentológicas durante la época húmeda	14-9
Tabla 4. Promedios meteorológicos mensuales en la estación Guayaquil (INOCAR). Período 1948 – 2008	14-15
Tabla 5. Ubicación de la estación de medición de olas, sistema WGS84	14-35
Tabla 6. Ubicación geográfica de las Estaciones Oceanográficas	14-44
Tabla 7. Coeficientes de refracción para Data de Posorja.....	14-55
Tabla 8. Principales componentes de marea.....	14-56
Tabla 9. Estaciones Mareógrafos	14-57
Tabla 10. Componente armónico de Posorja.....	14-61
Tabla 11. Componente armónico de Enfilada C2	14-63
Tabla 12. Componente armónico del Puerto de Guayaquil	14-64
Tabla 13. Datos iniciales para la corrida del Modelo de caja / Data de Posorja	14-83
Tabla 14. Calculo de la tasa de transporte Qs / Data de Posorja	14-83
Tabla 15. Calculo de la tasa de transporte Qs para 6 meses / Data de Posorja	14-83
Tabla 16. Datos iniciales para la corrida del Modelo de caja / Data de Posorja	14-84
Tabla 17. Calculo de la tasa de transporte Qs / Data de Posorja	14-85
Tabla 18. Calculo de la tasa de transporte Qs para 6 meses / Data de Posorja	14-85

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-3



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estación de Olas y Costera	14-8
Figura 2. Regiones Costa, Sierra y Oriente se ven limitadas por la curva de nivel de 1000 m, sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). La topografía, en m.s.n.m., es mostrada por la barra derecha, según NGDC (2006)14-13	
Figura 3. Ubicación de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)	14-13
Figura 4. Mapa del Tipo de Clima en el área de estudio	14-14
Figura 5. Mapa del Tipo de Clima Seco en el área de estudio	14-15
Figura 6. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas cercanas al Proyecto	14-16
Figura 7. Temperatura Superficial del Aire, septiembre y marzo/EM Guayaquil	14-17
Figura 8. Temperatura Superficial del Aire, septiembre y marzo/EM Puná	14-18
Figura 9. Anomalías de Temperatura Superficial del aire - Guayaquil.....	14-19
Figura 10. Anomalías de Temperatura Superficial del aire - Puna	14-19
Figura 11. Mapa de Isotermas en el área del proyecto.....	14-20
Figura 12. Precipitaciones Acumuladas - Guayaquil	14-21
Figura 13. Precipitaciones Acumuladas - Puná	14-21
Figura 14. Mapa de Isoyetas en el área de estudio	14-22
Figura 15. Precipitaciones Mensuales - Guayaquil.....	14-22
Figura 16. Precipitación Anual promedio - Guayaquil.....	14-23
Figura 17. Acumulado anual de precipitación período 1948 – 2008.....	14-24
Figura 18. Humedad relativa promedio - Guayaquil	14-24
Figura 19. Cobertura de nubes, mayo 2011	14-25
Figura 20. Nubosidad infrarrojo – Marzo 2012.....	14-25
Figura 21. Velocidades de vientos en Guayaquil / Septiembre-Enero.....	14-26
Figura 22. Frecuencia de vientos en Guayaquil / Septiembre-Enero	14-27
Figura 23. Velocidades de vientos en Puná / Septiembre-Enero	14-28
Figura 24. Frecuencia de vientos en Puná / Septiembre-Enero	14-29
Figura 25. Velocidades de vientos, 2010.....	14-30
Figura 26. Direcciones de vientos, 2010.....	14-30
Figura 27. Heliofanía Guayaquil	14-31
Figura 28. Evaporación Mensual de Guayaquil	14-31
Figura 29. Temperatura Superficial del Mar.....	14-32
Figura 30. Temperatura Superficial del Mar durante El Niño 1997 - 1998.....	14-33
Figura 31. Generación de Zonas de Fetchs en el Océano Pacífico	14-34
Figura 32. Incidencia de oleajes en Ecuador.....	14-34
Figura 33. Ubicación de la estación de olas INOCAR y Asociación Geoestudios Consulsua	14-36
Figura 34. Seri de tiempo de las alturas de olas vs la onda de marea	14-37
Figura 35. Altura de olas registradas con el S4A, a) altura máxima y b) altura significativa.....	14-38
Figura 36. Periodo de olas predominantes del NE - E.....	14-39
Figura 37. Dirección de olas predominantes del NE - E	14-40
Figura 38. Parámetros de oleaje cerca de la Boya de mar, correspondiente a la fase de flujo. a) Histograma de direcciones predominantes, b) Histogramas de alturas y períodos máximos, c) Histogramas de alturas y periodos significativos.	14-40

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-4

Figura 39. Parámetros de oleaje cerca de la Boya de mar, correspondiente a la fase de reflujó. a) Histograma de direcciones predominantes, b) Histogramas de alturas y períodos máximos, c) Histogramas de alturas y períodos significativos.	14-41
Figura 40. Serie de tiempo de las alturas de olas vs la onda de marea	14-42
Figura 41. Parámetros de oleaje cerca de la Boya de mar, correspondiente a la época húmeda. a) Histograma de direcciones predominantes, b) Histogramas de alturas y períodos significativos.	14-42
Figura 42. Tipos de rompientes según Galvin	14-43
Figura 43. Ubicación de las estaciones oceanográficas	14-44
Figura 44. Altura de olas, Data de Posorja/E1	14-45
Figura 45. Período de olas, Data de Posorja/E1	14-46
Figura 46. Altura de olas, Data de Posorja	14-46
Figura 47. Período de olas, Data de Posorja	14-47
Figura 48. Altura de olas, Data de Posorja	14-47
Figura 49. Período de olas, Data de Posorja	14-48
Figura 50. Altura de olas, Data de Posorja / EO1	14-48
Figura 51. Período de olas, Data de Posorja / EO1	14-49
Figura 52. Altura de olas, Data de Posorja / EO2	14-49
Figura 53. Período de olas, Data de Posorja / EO2	14-50
Figura 54. Altura de olas, Data de Posorja / EO3	14-50
Figura 55. Período de olas, Data de Posorja	14-51
Figura 56. Área de influencia de los Frentes de Ondas para Data de Posorja	14-52
Figura 57. Refracción de los Frentes de Ondas 250° con período de 12 s para Data de Posorja	14-53
Figura 58. Refracción de los Frentes de Ondas 250° con período de 16 s para Data de Posorja	14-54
Figura 59. Refracción de los Frentes de Ondas 270° con período de 12 s para Data de Posorja	14-54
Figura 60. Refracción de los Frentes de Ondas 270° con período de 16 s para Data de Posorja	14-55
Figura 61. Ubicación de Estaciones Mareográficas	14-57
Figura 62. Análisis armónico de mareas de Posorja	14-58
Figura 63. Análisis armónico de mareas de la enfilada C2	14-59
Figura 64. Análisis armónico de mareas del Puerto de Guayaquil	14-60
Figura 65. Corriente litoral, Data de Posorja / EO1	14-66
Figura 66. Corriente litoral, Data de Posorja / EO2	14-66
Figura 67. Corriente litoral, Data de Posorja / EO3	14-67
Figura 68. Corriente litoral, Data de Posorja / EO1	14-67
Figura 69. Corriente litoral, Data de Posorja / EO2	14-68
Figura 70. Corriente litoral, Data de Posorja / EO3	14-68
Figura 71. Corriente Litoral en el área de Data de Posorja	14-69
Figura 72. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca	14-72
Figura 73. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca	14-73
Figura 74. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca	14-73
Figura 75. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca	14-74
Figura 76. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca	14-74
Figura 77. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca	14-75
Figura 78. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca	14-75
Figura 79. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca	14-76



Figura 80. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca 14-76

Figura 81. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca 14-77

Figura 82. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca 14-78

Figura 83. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca 14-78

Figura 84. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca 14-79

Figura 85. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca 14-79

Figura 86. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca 14-80

Figura 87. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca 14-80

Figura 88. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca 14-81

Figura 89. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca 14-81

Figura 90. Modelamiento del transporte litoral en el sector de Data de Posorja/Época Seca 14-84

Figura 91. Modelamiento del transporte litoral en el sector de Data de Posorja/Época Húmeda 14-85

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-6

14 ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS

14.1 Generalidades

En el presente capítulo se presenta la descripción climatológica y oceanográfica del área de estudio, así como de las variables más importantes para los objetivos del presente Estudio. La información que se presenta se basa en su mayoría en datos levantados en campo, así como de datos existentes que sirven para relacionar las características existentes con la situación histórica; esta información nos servirá para caracterizar el área.

La información analizada corresponde a dos campañas, época fría / seca y época cálida / húmeda, de manera tal que la información presentada cubran toda la estacionalidad presente en el Litoral Ecuatoriano; los equipos utilizados son autocontenidos (guardan en su memoria interna el registro de las mediciones) y en los Anexos se presenta la data cruda que arrojan los equipos; así como información complementaria para el respectivo análisis.

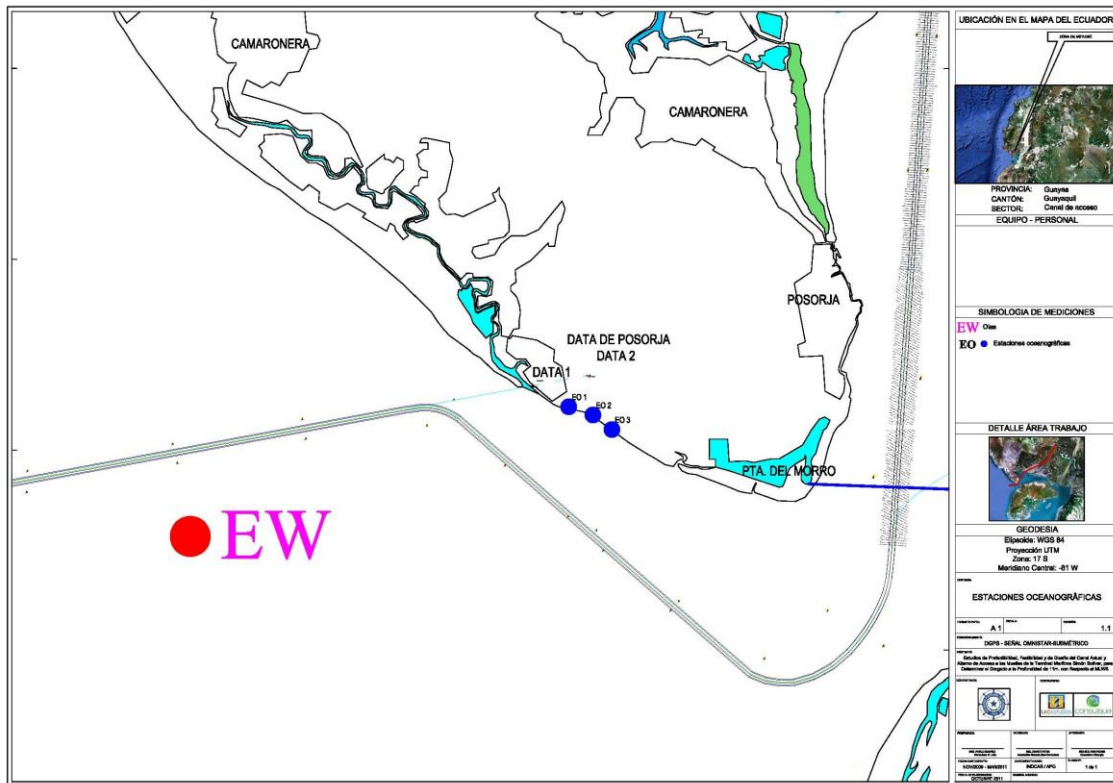
14.2 Investigación de campo

14.2.1 Introducción

La investigación de campo consistió en dos campañas de medición de datos para variables oceanográficas, mismas que se llevaron a cabo a finales de noviembre (época seca) y a fines de enero (época húmeda). Esta actividad es considerada una parte importante del estudio, puesto que generó los datos requeridos para la comparación con datos ya existentes. La investigación de campo fue ejecutada enteramente por la **Asociación Geoestudios-Consulsua**. El arreglo de estaciones propuesto para las dos campañas de medición, obedece a los requerimientos de información del modelo de transporte de sedimentos, con el mismo que se realizará un balance cualitativo de transporte litoral en el Estuario Exterior. A continuación se presenta un plano del área de estudio junto con las estaciones de medición y una tabla con la posición geográfica de las estaciones.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-7

Figura 1. Ubicación de la estación de Olas y Costera



Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Tabla 1. Ubicación de las estaciones

N°	Este	Norte	Prof
EO 1	578269	9698696	
EO 2	578769	9698526	
EO 3	579161	9698226	
EW	570460.889	9696022.59	10.0

Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

La medición de olas realizada con el correntómetro S4A fue realizada en la estación W ubicada en el mismo punto donde se instaló un ológrafo de INOCAR en el año 2007, con el fin de realizar un comparativo de la altura, periodo y dirección del oleaje frente a la localidad de Data de Posorja, siendo un punto estratégico para el estudio del Canal de Navegación de APG.

Las mediciones fueron realizadas durante un periodo de nueve horas continuas, de tal forma que se obtuvieron datos en los dos estados de marea: flujo (pleamar) y reflujo (bajamar).

Durante la campaña realizada en el mes de noviembre (época seca) se trabajó con el correntómetro S4, el mismo que aparte de medir dirección y velocidad de corriente midió olas (altura, periodo y dirección). Para el mes de enero (época húmeda) se contó con un ADCP AQUADOPP más el correntómetro Interocean S4A, realizándose mediciones de olas en el mismo punto de la época seca. La descripción del orden de recorrido de la estación de olas por campaña de medición se muestra en las tablas 2 y 3, incluidas a continuación.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-8

Tabla 2. Orden de recorrido de estaciones hidrosedimentológicas durante la época seca

FECHA	RECORRIDO - ÉPOCA SECA		COORDENADAS		DISTANCIA (m)	HORA DE DE PARTIDA	HORA DE DE LLEGADA	PROFUNDIDAD (m)
	INICIO	DESTINO	x	y				
30/11/2011	EHS11	EW	570460,89	9696022,59	72020	23:40	9:40	10,05

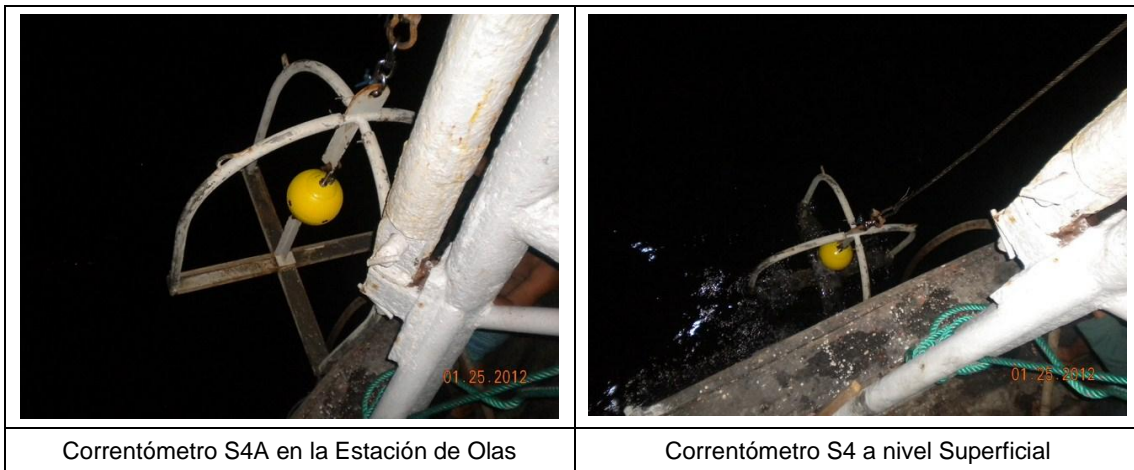
Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Tabla 3. Orden de recorrido de estaciones hidrosedimentológicas durante la época húmeda

FECHA	RECORRIDO - ÉPOCA HÚMEDA		COORDENADAS		DISTANCIA (m)	HORA DE DE PARTIDA	HORA DE DE LLEGADA	PROFUNDIDAD (m)
	INICIO	DESTINO	x	y				
25/01/2012	EH01	EW	570460,89	9696022,59	14103	19:30	20:15	11

Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

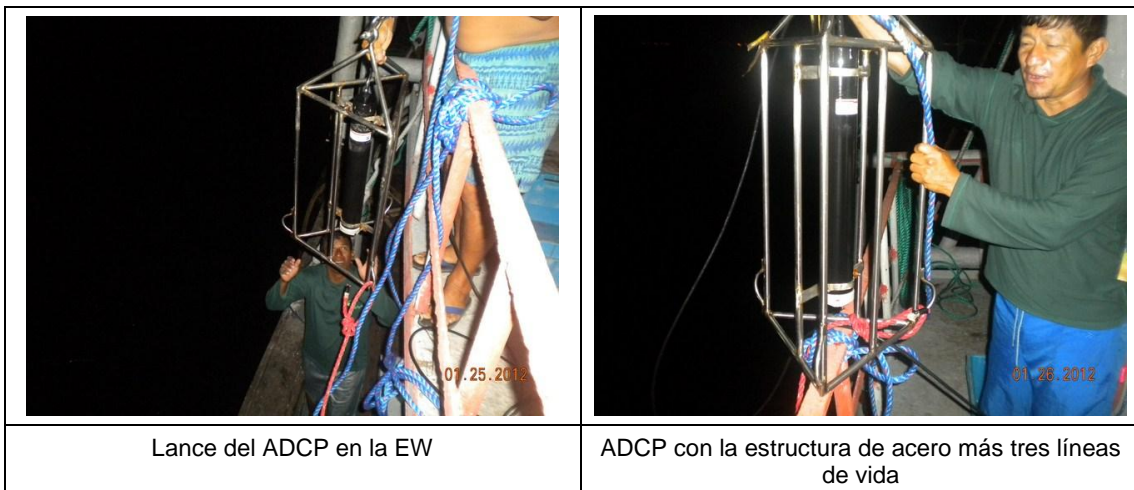
La recopilación de datos con el correntómetro (S4A), se la realizó montado en una estructura de acero al equipo para la medición de olas en la parte exterior del Golfo de Guayaquil, como se muestra en la siguiente foto.



Correntómetro S4A en la Estación de Olas

Correntómetro S4 a nivel Superficial

El ADCP – AQUADOPP recopiló información de altura, periodo y ángulo de ola para la EW; fue instalado a un lado de la Embarcación Santa Marena, permaneciendo sujeto con tres líneas para brindarle una mayor estabilidad, así mismo el equipo cuenta con una estructura de acero inoxidable de protección. A continuación se muestra el equipo.



Lance del ADCP en la EW

ADCP con la estructura de acero más tres líneas de vida

14.2.2 Parámetros medidos

Los parámetros medidos se detallan a continuación:

1. Registro de olas en la EW ubicada frente a la localidad de Data de Posorja, realizada por el S4 durante la época seca y ADCP únicamente en la época húmeda.
2. Mediciones de olas visuales o rompientes en las tres estaciones oceanográficas distribuidas en la playa de Data de Posorja, realiza para las dos épocas.
3. Medición de ángulos de la rompiente con la línea de playa, necesarios para la alimentación del modelo de transporte de sedimentos, realizado con la ayuda de una brújula.
4. Medición de corriente litoral en cada estación oceanográfica, realizada con la ayuda de un flotador (botella) y un cronómetro, durante la época húmeda y seca.
5. Toma de perfiles de playa en las tres estaciones oceanográficas con la ayuda de un nivel, mediciones realizadas para la época húmeda y seca.
6. Recolección de muestras de arena en las tres estaciones oceanográficas para el análisis granulométrico; estas fueron recogidas a nivel bajo, media y alta, realizado para las dos épocas del año.

14.2.3 Equipos e instrumentos

Se utilizaron los siguientes equipos en las salidas de campo realizadas durante las épocas seca y húmeda.

- Buque Pesquero Angélica María / Buque Pesquero Santa Marena
- 02 Fibras con motor fuera de borda
- 04 LAPTOPS
- 04 Computadoras de escritorio
- Software Especializados
- 04 GPS
- 04 Cámaras fotográficas
- 01 Correntómetro S4A Current Meter
- 01 ADCP Aquadopp perfilador
- 02 Cronómetros
- 03 Brújulas
- 06 Flotadores (botellas plásticas)
- 01 Nivel Electrónico
- 01 Regla o mira
- Cinta Topográfica
- 04 Equipos de buceo

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-10

- 01 Compresor HOOKUP

<p>Embarcación Angelica Maria</p>	<p>Abordo en la Embarcación Santa Marena</p>
<p>Fibra No 1</p>	<p>Fibra No 2</p>
<p>Correntómetro S4A, interface y laptop</p>	<p>ADCP AQUADOPP PERFILADOR</p>
<p>Toma de coordenadas UTM con GPS</p>	<p>Brújula para medición de dirección de oleaje</p>

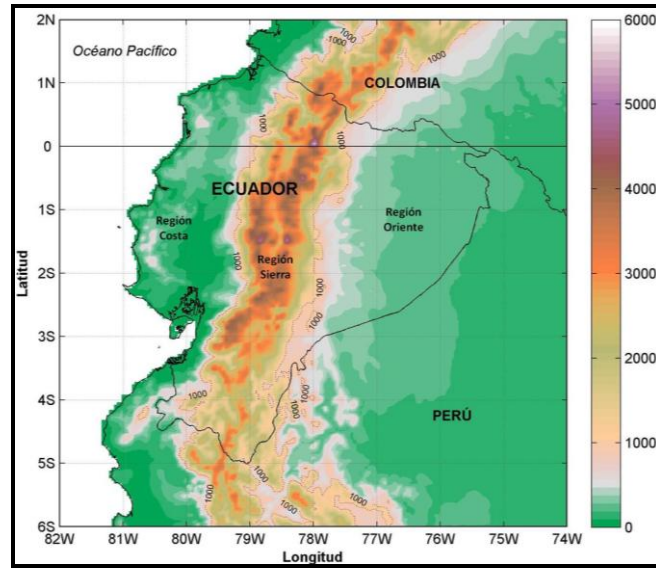
	
<p align="center">Derivador o flotador</p>	<p align="center">Anemómetro</p>
	
<p align="center">Nivel electrónico y regla</p>	<p align="center">Preparación de Nivel electrónico</p>

14.3 Climatología

El territorio ecuatoriano cuenta con una gran variedad de climas, los mismos que se deben a la ubicación geográfica del país y a las diferentes altitudes que presentan las tres regiones naturales que podemos diferenciar: Costa, Sierra y Oriente, tal como se muestra en la siguiente figura.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-12

Figura 2. Regiones Costa, Sierra y Oriente se ven limitadas por la curva de nivel de 1000 m, sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). La topografía, en m.s.n.m., es mostrada por la barra derecha, según NGDC (2006)



Fuente: UNESCO, 2010. Atlas Pluviométrico del Ecuador. Jonathan Cedeño, María Concepción Donoso. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°21.

La ubicación del Ecuador permite que el clima también se vea influenciado de cierta forma por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT); por esta razón, ciertas áreas del Ecuador reciben la influencia alternativa de masas de aire con diferentes características de temperatura y humedad.

La ZCIT está formada por la convergencia del aire cálido y húmedo en latitudes al norte y sur del Ecuador. La ubicación de la ZCIT varía con el ciclo estacional, alcanzando los 8°N durante el verano del hemisferio norte, y 1°N durante el mes de abril. Los cambios estacionales en la ubicación de la ZCIT afecta considerablemente los volúmenes de precipitación en la zona ecuatorial, lo que resulta en las estaciones húmeda y seca de los trópicos. Cambios a largo plazo en la ZCIT puede dar lugar a graves sequías o inundaciones en las zonas cercanas donde se desarrolla el proyecto, ver figura 3.

Figura 3. Ubicación de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)



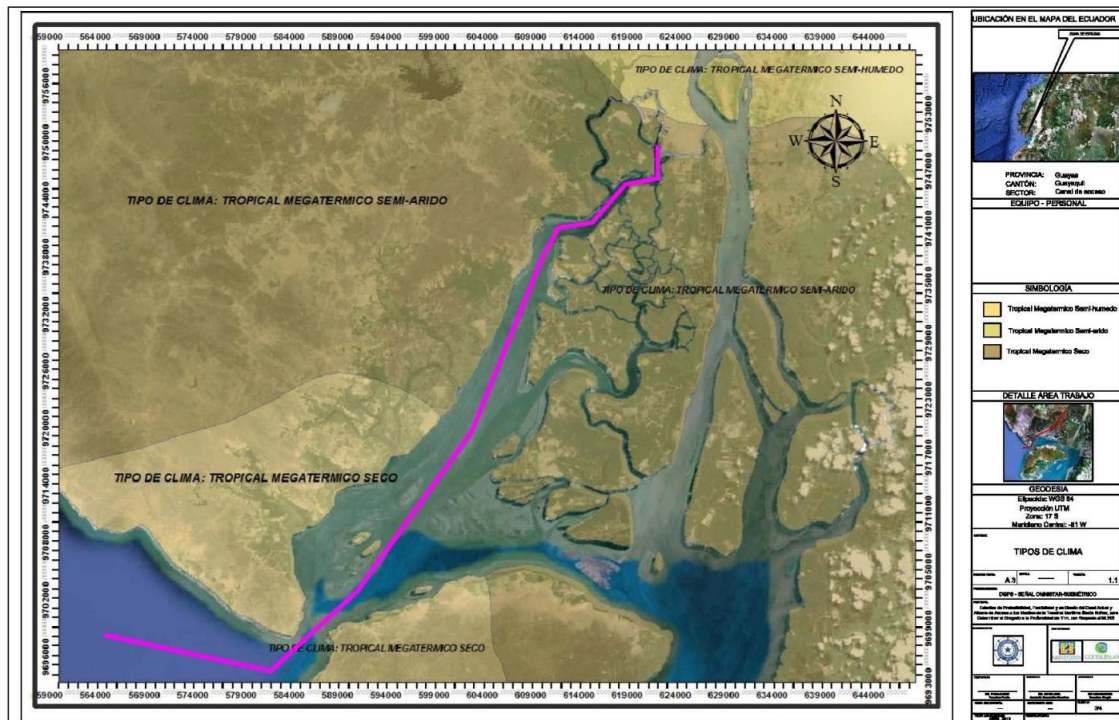
Fuente: NASA, 2011

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-13

La región ecuatoriana cuenta con climas tropicales y templados, regiones con características subtropicales, situadas principalmente en las estribaciones de las dos cordilleras; también encontramos zonas desérticas, semi-desérticas, estepas frías y cálidas, etc.

El desarrollo del proyecto Canal Actual y Alternativo de Acceso a los Muelles de la Terminal Marítima Simón Bolívar comprende el canal de acceso al puerto y sus áreas circundantes, por lo cual se puede determinar que la zona de estudio está representada por la climatología de la ciudad de Guayaquil y la Isla Puna, las cuales se clasifican dentro de las categorías de clima tropical megatérmico semi-húmedo para Guayaquil y Tropical Megatérmico Semi-árido para Puná (Porrou et. al., 1995), esto se puede observar en el mapa climático de la figura 4 presentado a continuación.

Figura 4. Mapa del Tipo de Clima en el área de estudio

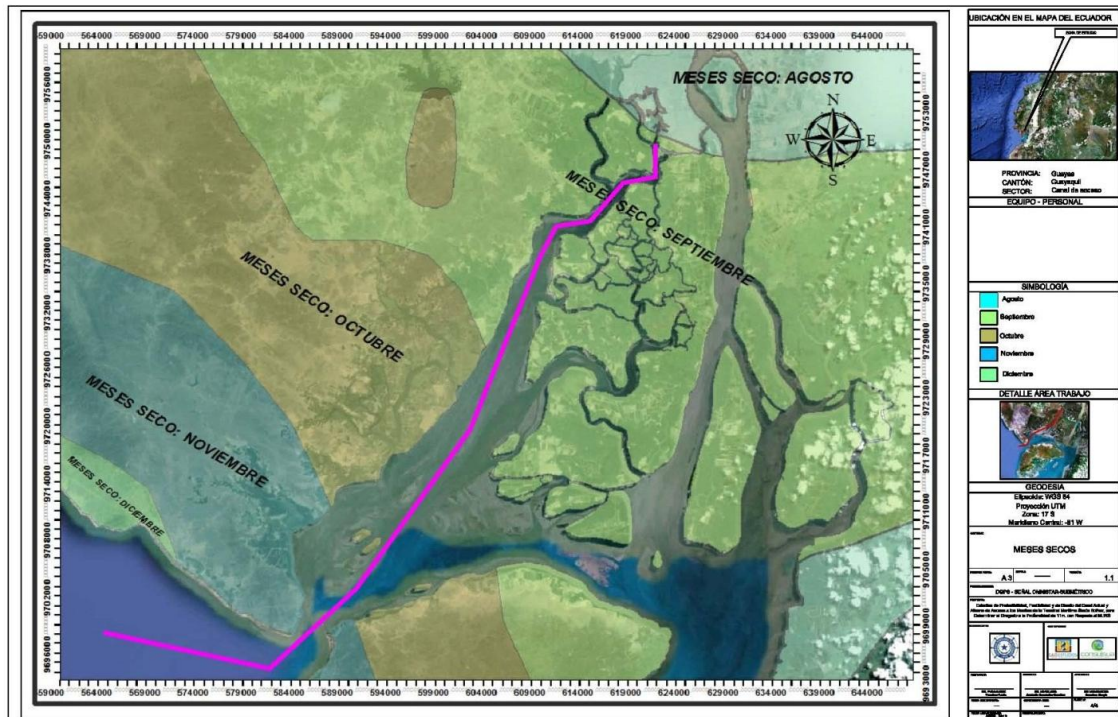


Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

En la figura 5 se puede observar los meses de sequedad que existen en el área del proyecto, definiéndose desde el mes de Agosto a Diciembre siguiendo una secuencia de norte a sur.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-14

Figura 5. Mapa del Tipo de Clima Seco en el área de estudio



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

La cuenca del Río Guayas está sujeta a efectos variados, debido a los cambios de las estaciones normales, así como a los eventos moderados y extremos de El Niño; en consecuencia estos efectos se ven reflejados sobre el sistema estuarino y sobre la producción acuícola y agrícola del sector. El clima de la zona de estudio está definido por varios parámetros meteorológicos, los mismos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Promedios meteorológicos mensuales en la estación Guayaquil (INOCAR). Período 1948 – 2008

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura*	°C	23	23.3	23.4	23	22.5	21	20.5	20	20.3	20.8	22	21.8
Precipitación	mm	200	250	250	175	50	25	10	0	0	5	10	40
Humedad relativa*	%	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Viento*	Puntos	SW	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW			
	m/s	2.4	2.6	3.0	2.4	2.2	2.3	2.8	2.5	2.6			
Heliofanía*	horas	94	90	128	138	136	113	119	115	142	117	108	118
Evaporación*	mm	118	80	100	105	118	110	115	128	135	139	137	146

(*) Promedio correspondiente al período 1948 – 2003

Fuente: INOCAR, 2008.

Para tener un buen criterio de las características climáticas que gobiernan un sector determinado, es necesario contar con largas series de datos que contribuyan un

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-15

análisis adecuado y por ende una interpretación más precisa de los cambios que pudiesen presentarse. Ecuador cuenta con varios centros o instituciones que tienen a su cargo redes de estaciones meteorológicas instaladas en sitios estratégicos, entre las principales tenemos al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y al Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

El análisis climático del área de interés fue realizado con la información proveniente de las dos instituciones mencionadas, ubicadas en Guayaquil y en la Isla Puná, más los datos de la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto de Guayaquil. Estas estaciones son las que se encuentran más cercanas al proyecto del Canal de Acceso. La ubicación de dichas estaciones se muestra a continuación.

Figura 6. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas cercanas al Proyecto



Fuente: INOCAR, 2012

Se procuró trabajar con la información más actualizada de algunos de los parámetros meteorológicos con que cuentan estas estaciones. De las estaciones de INOCAR se consideraron los parámetros de Temperatura Superficial del Aire (TSA) y Precipitaciones Acumuladas, de la estación ubicada en el aeropuerto de Guayaquil se usó los datos de velocidad, dirección del Viento y nubosidad; mientras que, de la estación meteorológica de INAMHI con código MA2V ubicada en la Universidad Estatal de Guayaquil, se consideró los parámetros de Heliofanía, Humedad Relativa Media, Evaporación mensual y Precipitación mensual; esta información corresponde a los datos publicados en el anuario meteorológico del 2008 siendo la publicación más reciente.

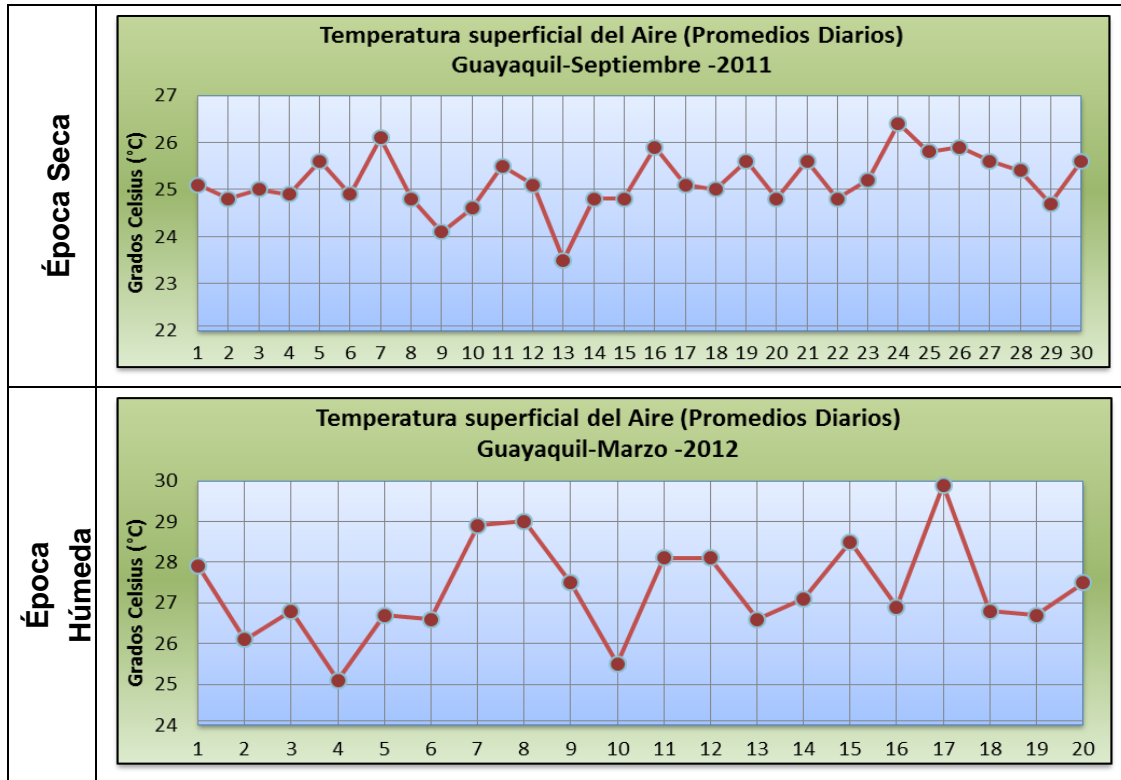
El portal web de INOCAR ofrece al público registros meteorológicos de todas sus estaciones, entre estas contamos con la ubicada en Guayaquil y en la Isla Puná, las mismas que serán usadas para la descripción de los parámetros meteorológicos mencionados anteriormente. Así mismo se considerará a la estación de Puná como representativa para las estaciones que estén relacionadas con el Golfo externo y la estación de Guayaquil para el Golfo Interno.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-16

14.3.1.1 Temperatura Superficial del Aire (TSA).

Los promedios diarios de TSA son proporcionados por la estación meteorológica de Guayaquil e Isla Puná. Teniendo que de la estación de Guayaquil se presentan datos de los meses de septiembre-2011 y marzo-2012, los mismos que son meses representativos para la época seca y húmeda respectivamente. De estos registros se observó que la máxima temperatura del aire fue de 26,5 °C para el mes de septiembre y 30,0 °C para el mes de marzo, como se observa en las siguientes figuras.

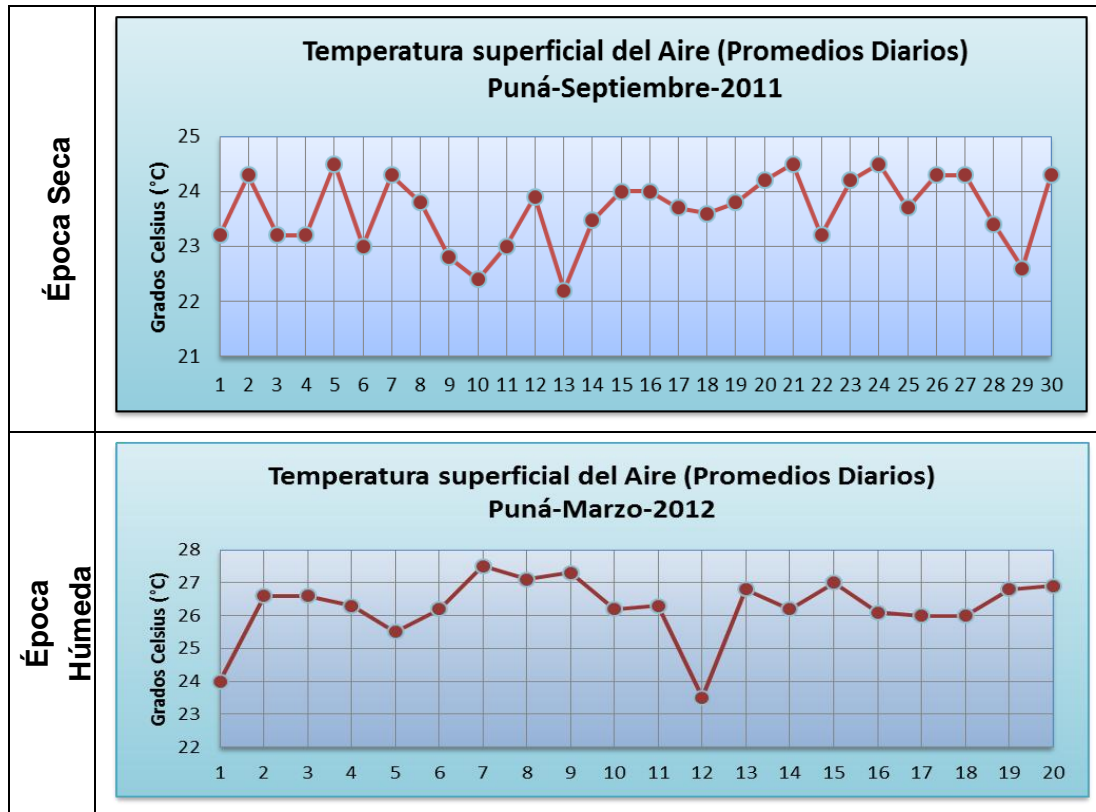
Figura 7. Temperatura Superficial del Aire, septiembre y marzo/EM Guayaquil



Fuente: INOCAR, 2012

Los registros en la estación meteorológica del INOCAR en la isla Puná, correspondiente al mes de septiembre del 2011 (seca) mostró una temperatura máxima de 24,5 °C y para marzo del presente año (húmeda) se observó que el máximo valor registrado fue de 27,5 °C.

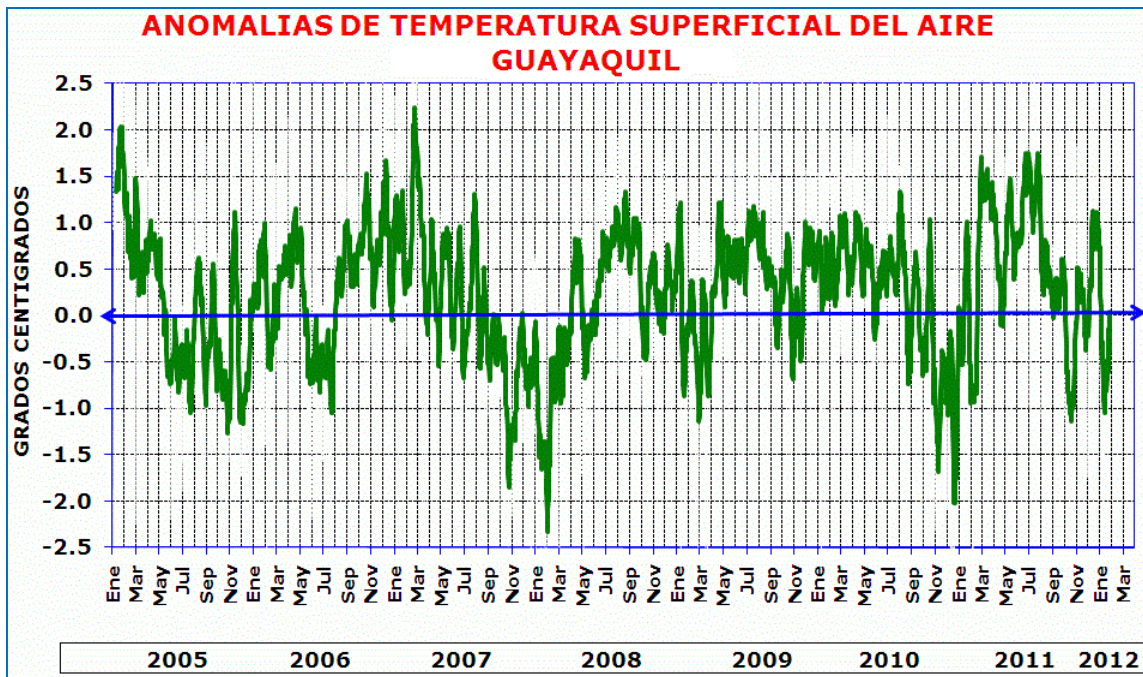
Figura 8. Temperatura Superficial del Aire, septiembre y marzo/EM Puná



Fuente: INOCAR, 2012

Así mismo, de las estaciones climatológicas del INOCAR se tiene un registro histórico de 8 años de las Anomalías de la TSA en la zona de Guayaquil y en la Isla Puná, en Guayaquil se presentaron las mayores anomalías positivas durante los meses de febrero del 2005 y marzo del 2007, con anomalías de 2,0°C y 2,25°C, siendo estos meses los más cálidos. Mientras, que las anomalías menores más representativas se registraron en el mes de febrero del 2008 y enero del 2011, como se observa en la siguiente figura.

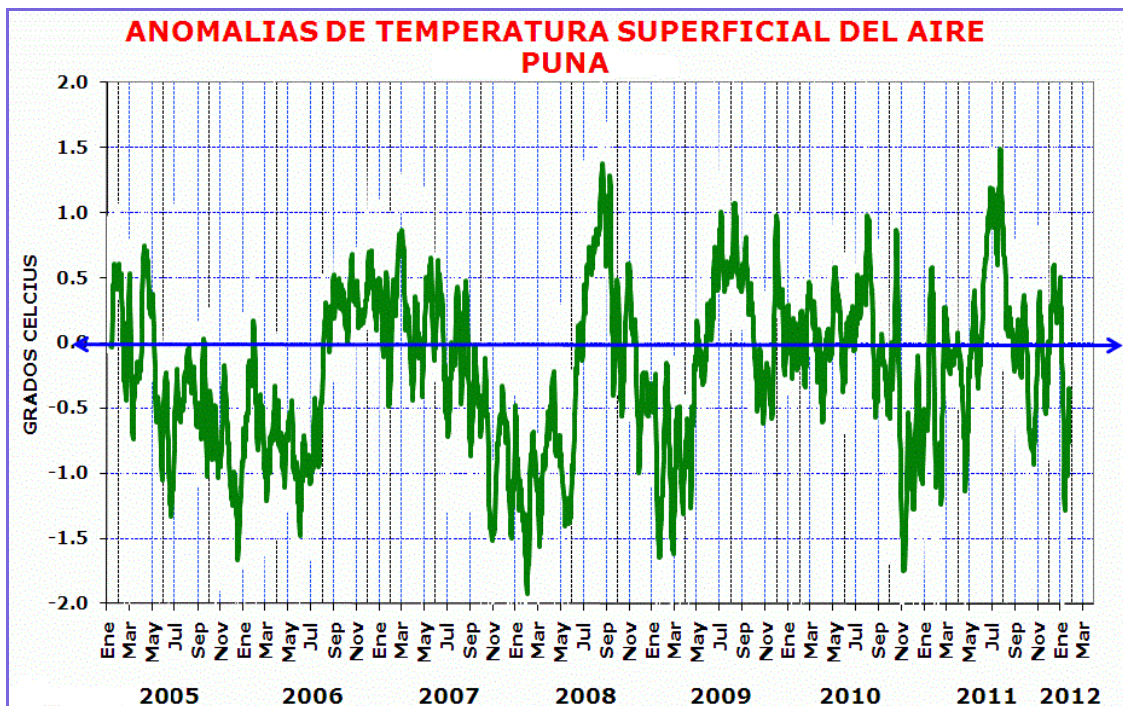
Figura 9. Anomalías de Temperatura Superficial del aire - Guayaquil



Fuente: INOCAR, 2012

En la Isla Puna las mayores anomalías positivas se presentaron en agosto del 2008 y julio del 2011, con anomalías de 1,4°C y 1,5°C respectivamente. Mientras, que las anomalías negativas más representativas se registraron en el mes de febrero del 2008 y noviembre del 2010, como se observa en la siguiente figura.

Figura 10. Anomalías de Temperatura Superficial del aire - Puna

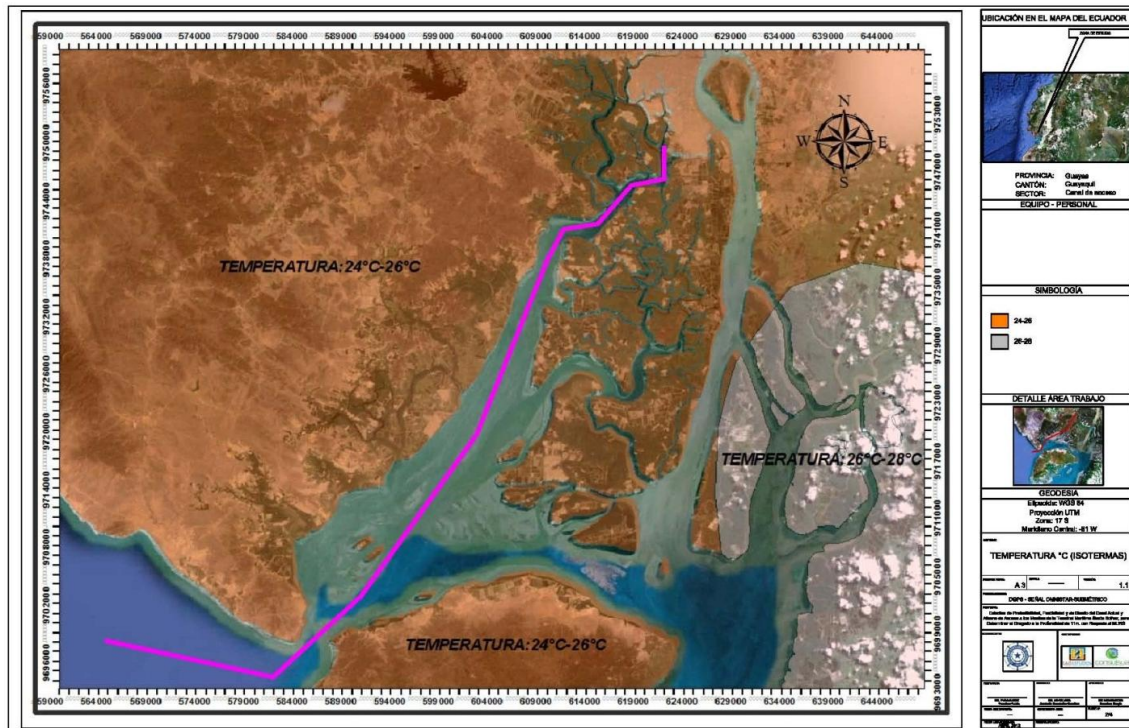


Fuente: INOCAR, 2012

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-19

En el siguiente mapa temático se muestra información del Infoplan 2007, donde se tiene que en el área del proyecto las temperaturas oscilan entre 24°C y 26 °C.

Figura 11. Mapa de Isotermas en el área del proyecto



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

14.3.1.2 Precipitación

14.3.1.2.1 Precipitaciones Acumuladas

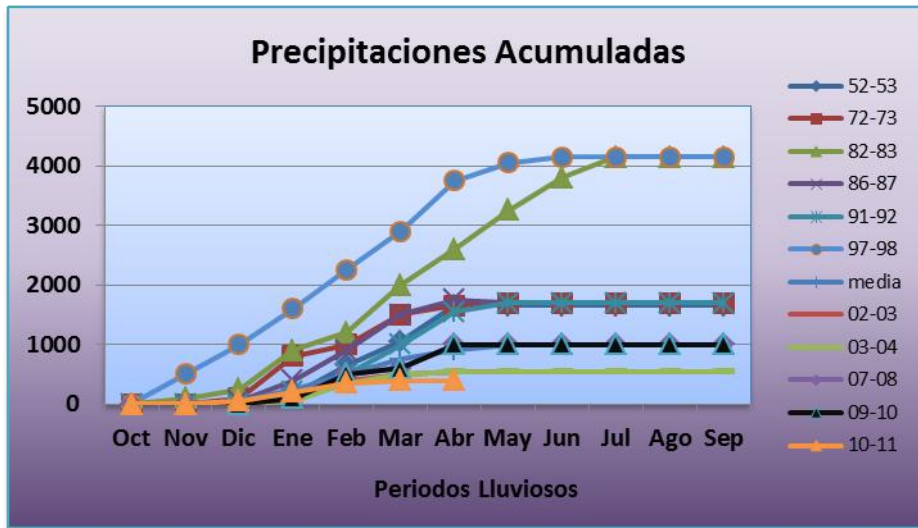
La intensidad y volumen de precipitación dependen del contenido de humedad y velocidad vertical de la masa de aire, por ello nos podemos dar cuenta que es a inicios del año donde hay mayor precipitación (enero, febrero y marzo).

De la estación meteorológica del INOCAR ubicada en Guayaquil, se tiene datos de precipitaciones acumuladas desde 1952 hasta el 2011, observándose que las mayores precipitaciones se presentaron en los años 1982-1983 y 1997-1998, que correspondieron a eventos Niño.

En la estación meteorológica ubicada en la Isla Puná se tiene registros desde 1982 hasta el 2011, así mismo la mayor cantidad de precipitaciones se presentaron en los años Niño.

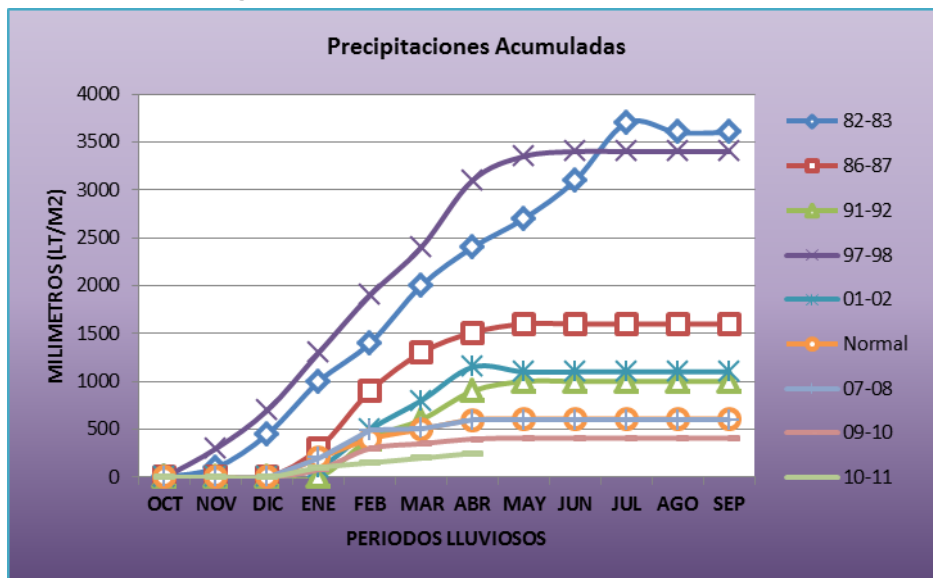
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-20

Figura 12. Precipitaciones Acumuladas - Guayaquil



Fuente: INOCAR 2012

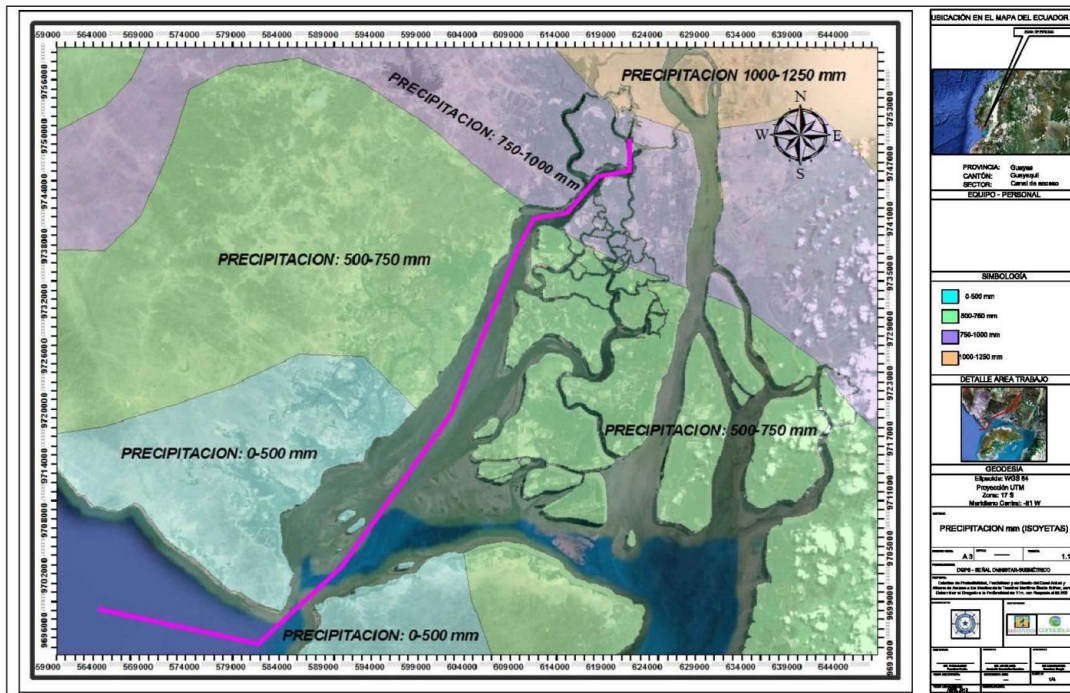
Figura 13. Precipitaciones Acumuladas - Puná



Fuente: INOCAR, 2012

A continuación se muestra un mapa con información del Infoplan 2007, donde se indica que en el área del proyecto la precipitación promedio se encuentra entre 750 a 1000mm, 500 a 750 mm y 0 a 500mm, para mayor referencia se puede observar en la figura a continuación.

Figura 14. Mapa de Isoyetas en el área de estudio

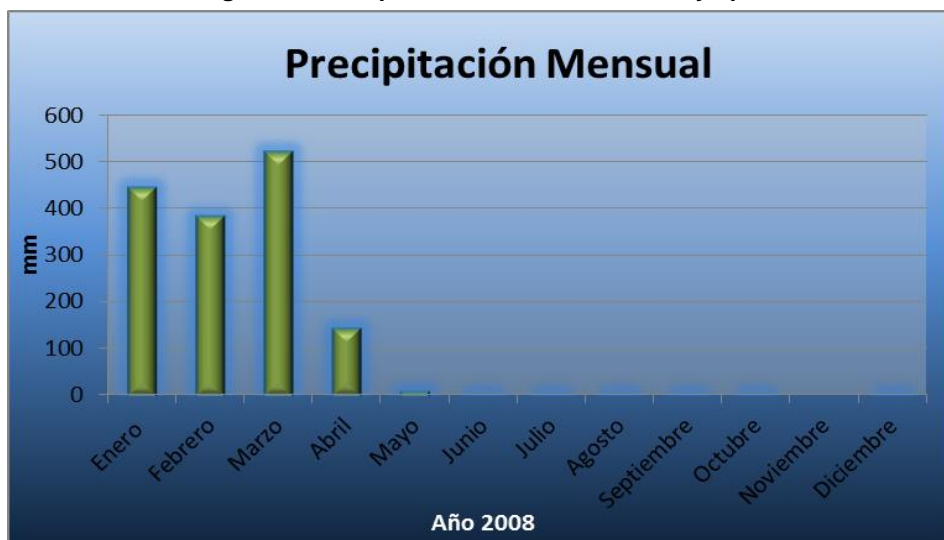


Elaborado: Asociación Geostudios Consulsua, 2012

14.3.1.2.2 Precipitación mensual

De la estación meteorológica del INAMHI, se tiene un registro de precipitaciones mensuales correspondientes al año 2008, en el cual se observó que los meses más lluviosos son: enero, febrero y marzo, siendo este último el de mayor precipitación con 521,7 mm, decayendo a partir del mes de mayo, hasta registrar en el mes de noviembre una ausencia total de precipitaciones, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 15. Precipitaciones Mensuales - Guayaquil



Fuente: ANUARIO METEOROLÓGICO INAMHI, 2008

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geostudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-22

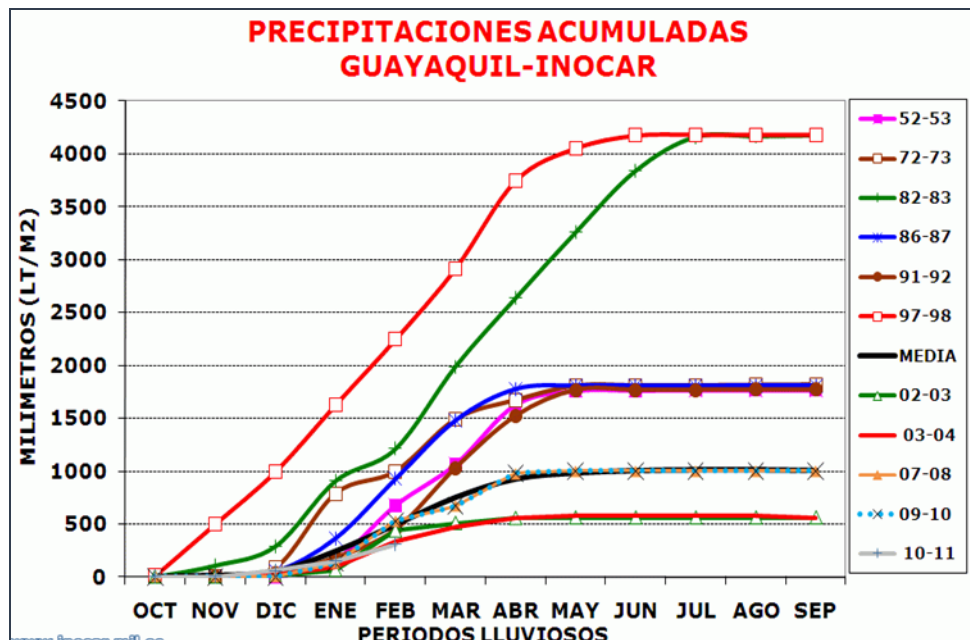
14.3.1.2.3 Condición El Niño vs Precipitaciones

El evento ENSO (El Niño-Oscilación Sur) es una variación interanual que se manifiesta frente a este régimen climático. El ENSO se presenta en forma aleatoria y consiste en la invasión masiva de aguas cálidas al Pacífico Oriental Tropical, particularmente a las Costas de Ecuador y Perú. Estas circunstancias conllevan a que la temperatura del agua y el nivel medio del mar sufran un incremento significativo; de igual forma las precipitaciones presentan un aumento sustancial que pueden alcanzar valores extraordinarios en los eventos extremos como el de los años 1982-83 y 1997-98.

En términos Oceanográficos, se puede considerar a este evento como la respuesta dinámica del Océano Pacífico tropical a las fluctuaciones de los sistemas de presión en la atmósfera y por tanto del régimen de vientos. En condiciones normales, la diferencia de presión entre el Centro de Alta Presión del Pacífico Sur-Oriental y el Centro de Baja Presión de Indonesia y norte de Australia, gobiernan los vientos alisios ecuatoriales que soplan hacia el oeste, siendo éstos más fuertes cuanto mayor es la diferencia de presión entre los dos centros.

Durante los eventos ENOS, la acumulación de agua cálida a lo largo de la costa ecuatoriana es excesiva y el litoral ecuatoriano sufre fuertes precipitaciones debido principalmente a un anormal desplazamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT); esto produce un incremento desmesurado de las precipitaciones y por lo tanto daños en los cultivos de la región, deslaves, desastrosas inundaciones. En la figura 16, se presenta la precipitación de Guayaquil en los últimos 54 años, (1948 – 2002), se puede observar que las mayores lluvias se presentan en el año 1983, y 1998, que coinciden con los Eventos El Niño del 82–83 y del 97–98. Se puede observar también que el rango que se considera normal está por debajo de los 1000 mm de precipitación anual.

Figura 16. Precipitación Anual promedio - Guayaquil

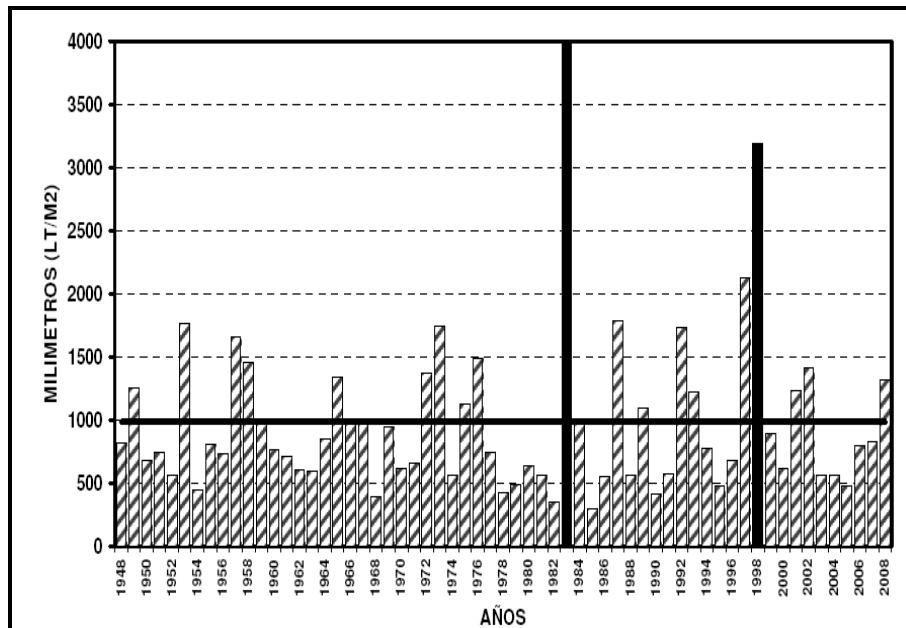


Fuente: INOCAR, 2011

En la Figura 17 se nota cómo en los años 1983 y 1998, (años Niño) los acumulados anuales sobrepasan en mucho al promedio anual de 1000 mm. La temperatura durante estos eventos presenta un comportamiento similar, al presentarse anomalías positivas.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-23

**Figura 17. Acumulado anual de precipitación período 1948 – 2008
(Estación Guayaquil – Precipitaciones Anuales)**

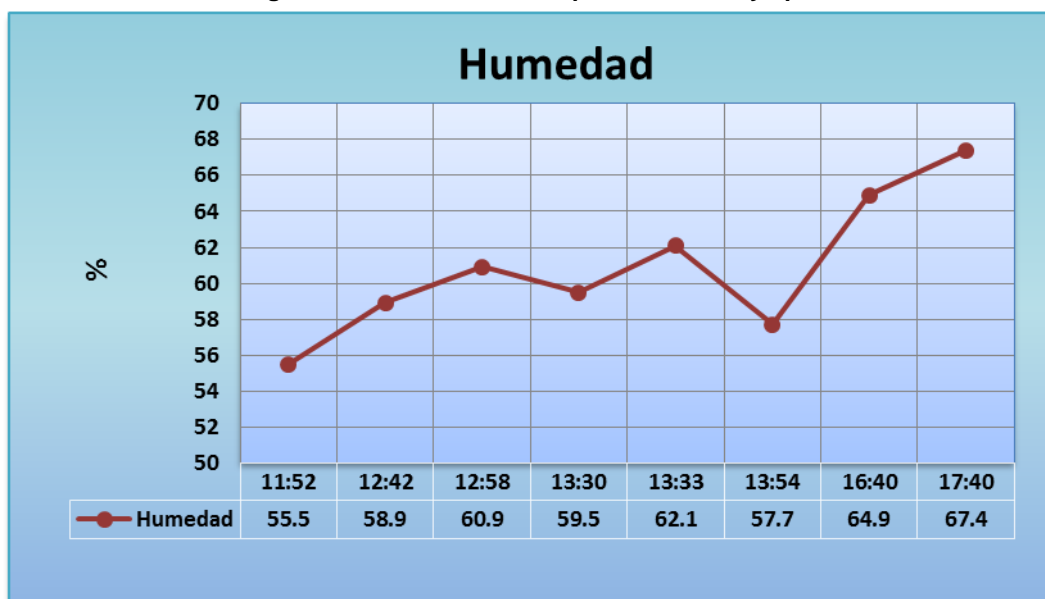


Fuente: INOCAR, 2008

14.3.1.3 Humedad Relativa

La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a igual temperatura. En el área de estudio se encuentra un valor mínimo de 66% que se presentó en el mes de Diciembre y un valor máximo de 84% en el mes de Enero, se presentan disminuciones en la humedad a partir del mes de Abril con 74% y desde ahí una subida poco considerable en el mes de Mayo con un aumento del 2% a partir de este mes empieza a disminuir la humedad hasta llegar al mes de Diciembre con el 66%.

Figura 18. Humedad relativa promedio - Guayaquil

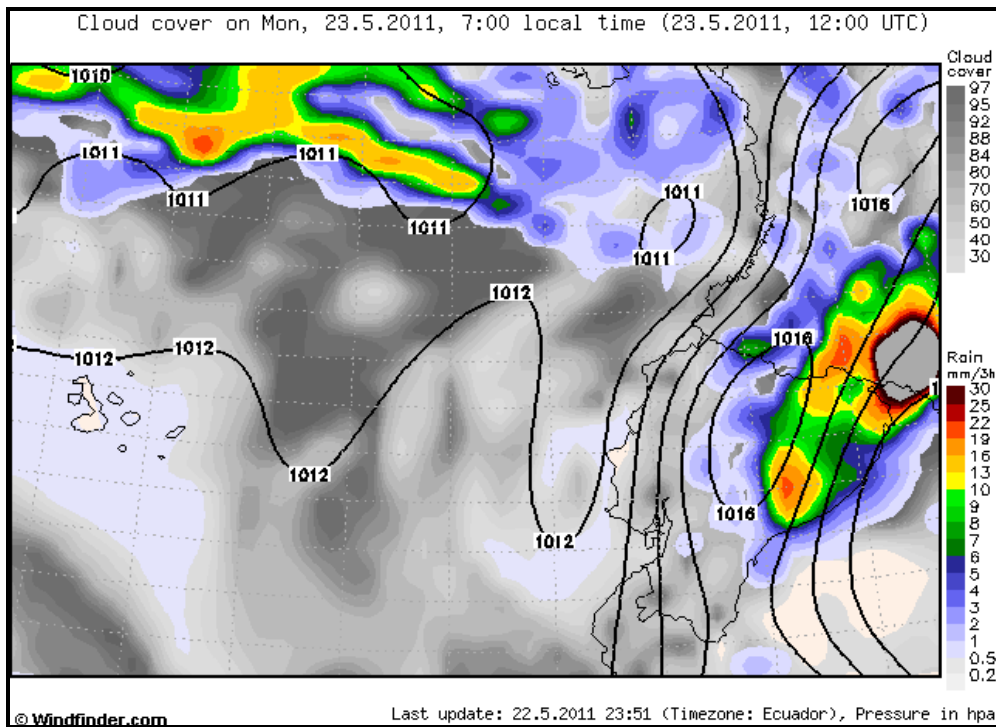


Fuente: Anuario Meteorológico INAMHI 2008

14.3.1.4 Nubosidad

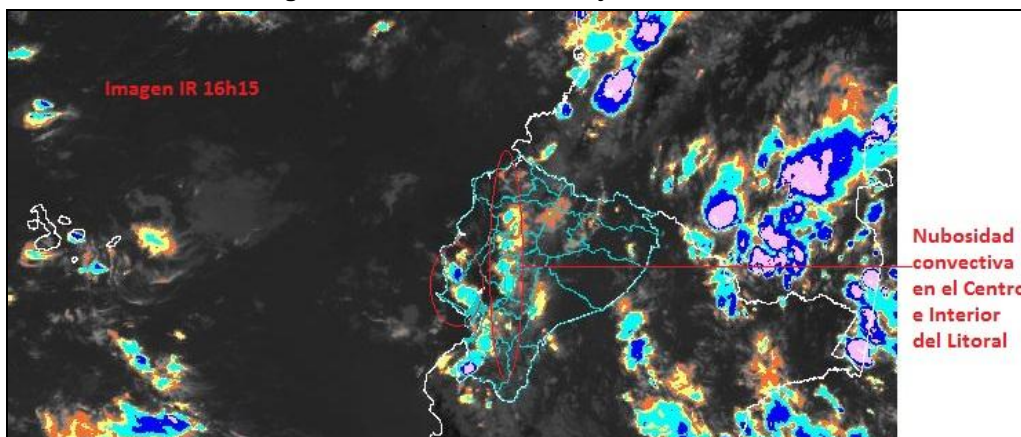
Se estimó el porcentaje de cobertura de nubosidad mediante un mapa desarrollado con información actual de la estación meteorológica del aeropuerto de Guayaquil, donde se muestra que para el mes de mayo la cobertura de nubosidad se hallaba dentro del rango del 60 y 84% de cobertura (figura 19). Generalmente los meses de enero, junio y septiembre son los de mayor nubosidad, siendo este parámetro importante para identificar el inicio de la estación lluviosa por la presencia de cierto tipo de nubes, aparte que influencia a otro parámetro como es la heliofanía. En la figura 20 se puede observar la nubosidad convectiva que existe en área del proyecto en el mes de marzo de 2012.

Figura 19. Cobertura de nubes, mayo 2011



Fuente: AEROPUERTO DE GUAYAQUIL

Figura 20. Nubosidad infrarrojo – Marzo 2012



Fuente: INAMHI, 2012

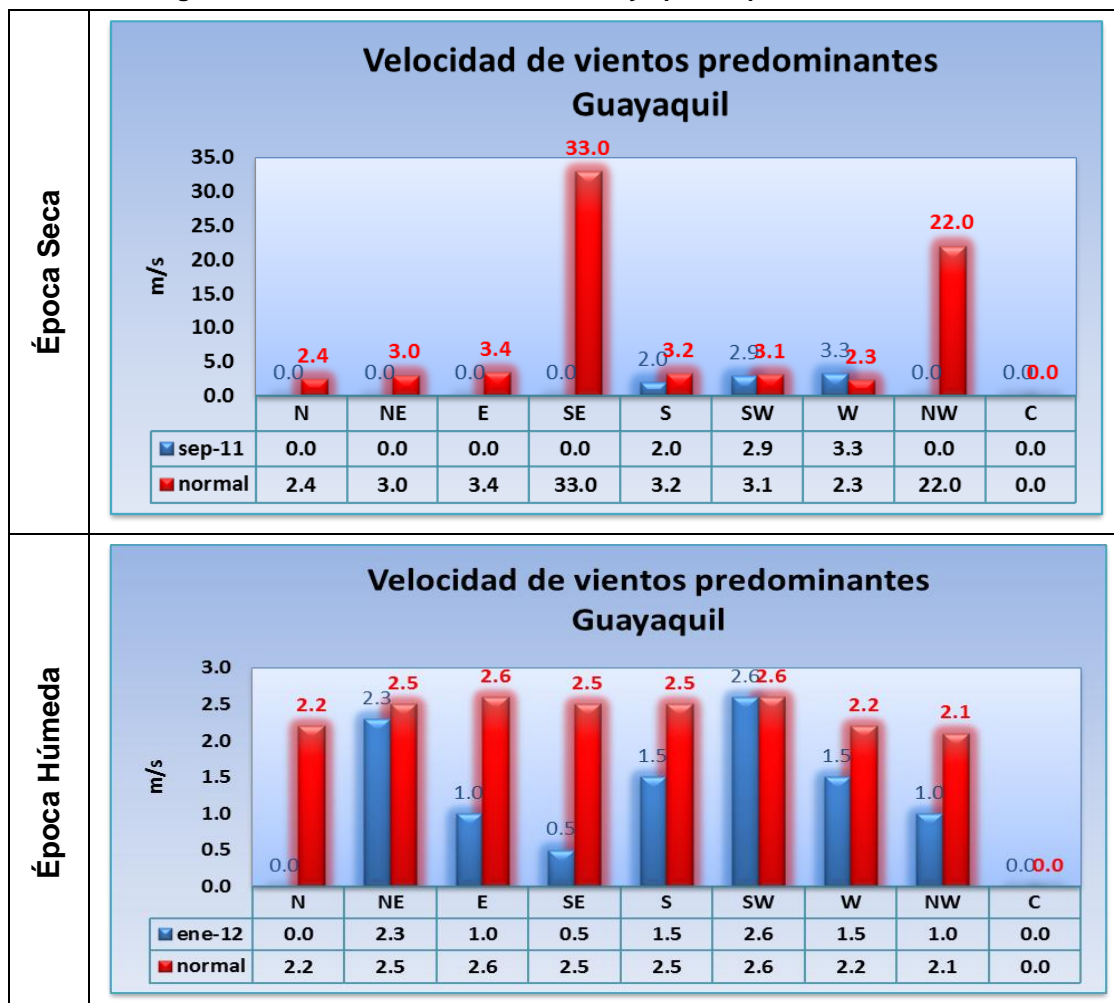
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-25

14.3.1.5 Velocidad y dirección de Vientos en el área del Proyecto.

El análisis de vientos para el presente proyecto se realizó con la información disponible de las estaciones meteorológicas del INOCAR ubicadas en Guayaquil y la Isla Puná, así como la información de la estación meteorológica en el aeropuerto de Guayaquil.

El INOCAR cuenta con datos mensuales de velocidad del viento, de esta serie se seleccionaron datos del mes de septiembre del 2011 que corresponde al verano o época seca; y datos de enero del 2012 que corresponde al invierno o época húmeda. En Guayaquil las velocidades del viento en septiembre y enero no superaron a la normal; en las siguientes figuras se muestran las velocidades de viento registradas durante el mes de septiembre y enero del 2011 y 2012, respectivamente.

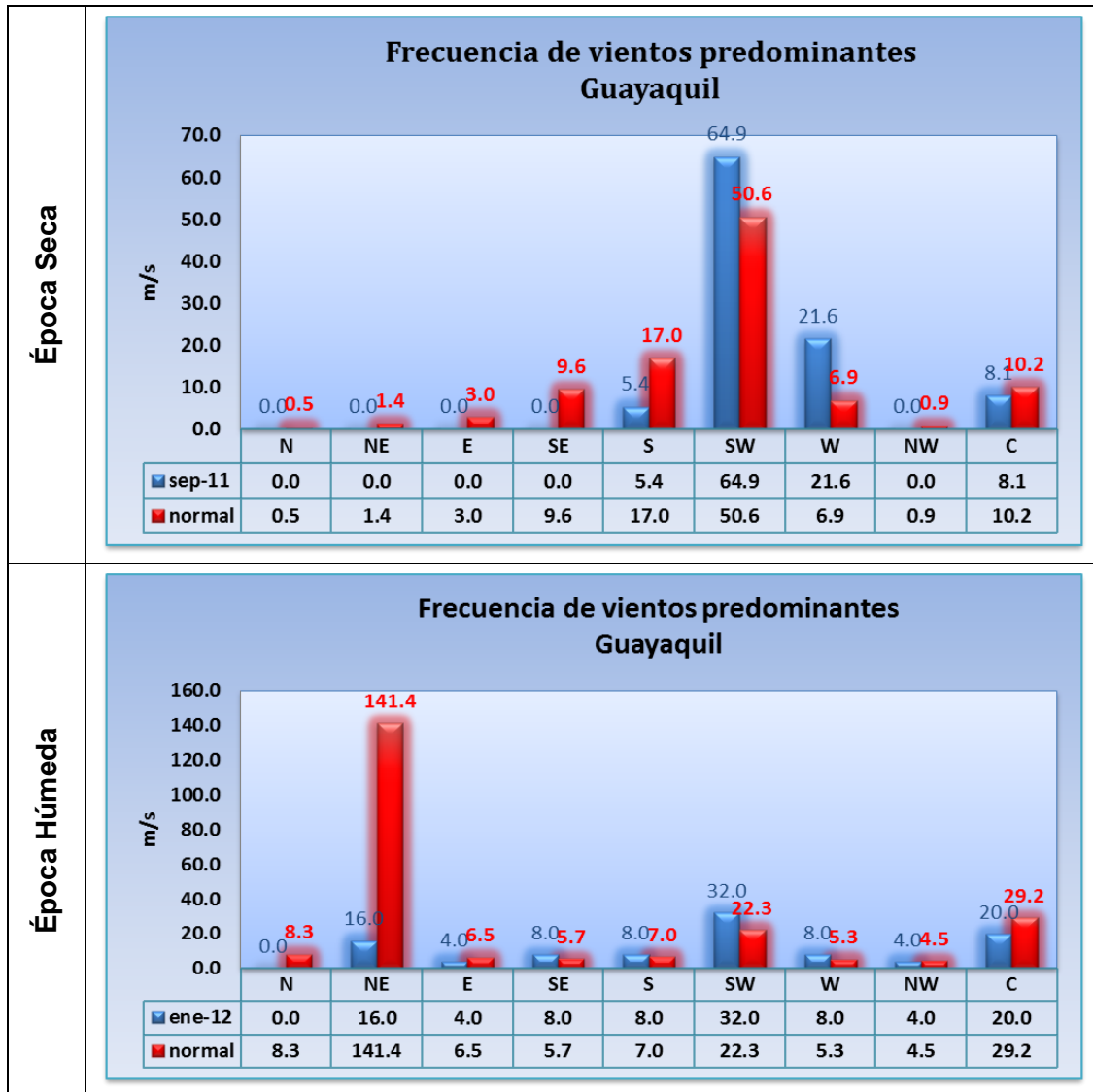
Figura 21. Velocidades de vientos en Guayaquil / Septiembre-Enero



Fuente: INOCAR, 2012

La estación meteorológica de Guayaquil, perteneciente al INOCAR indica que los vientos predominantes vienen del sur-oeste (SW) y un menor porcentaje del sur (S) y oeste (W), así también periodos de calma (C); para enero del presente año los vientos vienen mayormente del (SW) seguido de vientos del NE, y también periodos de calma. En las siguientes figuras se muestra la frecuencia de dirección de vientos para Guayaquil.

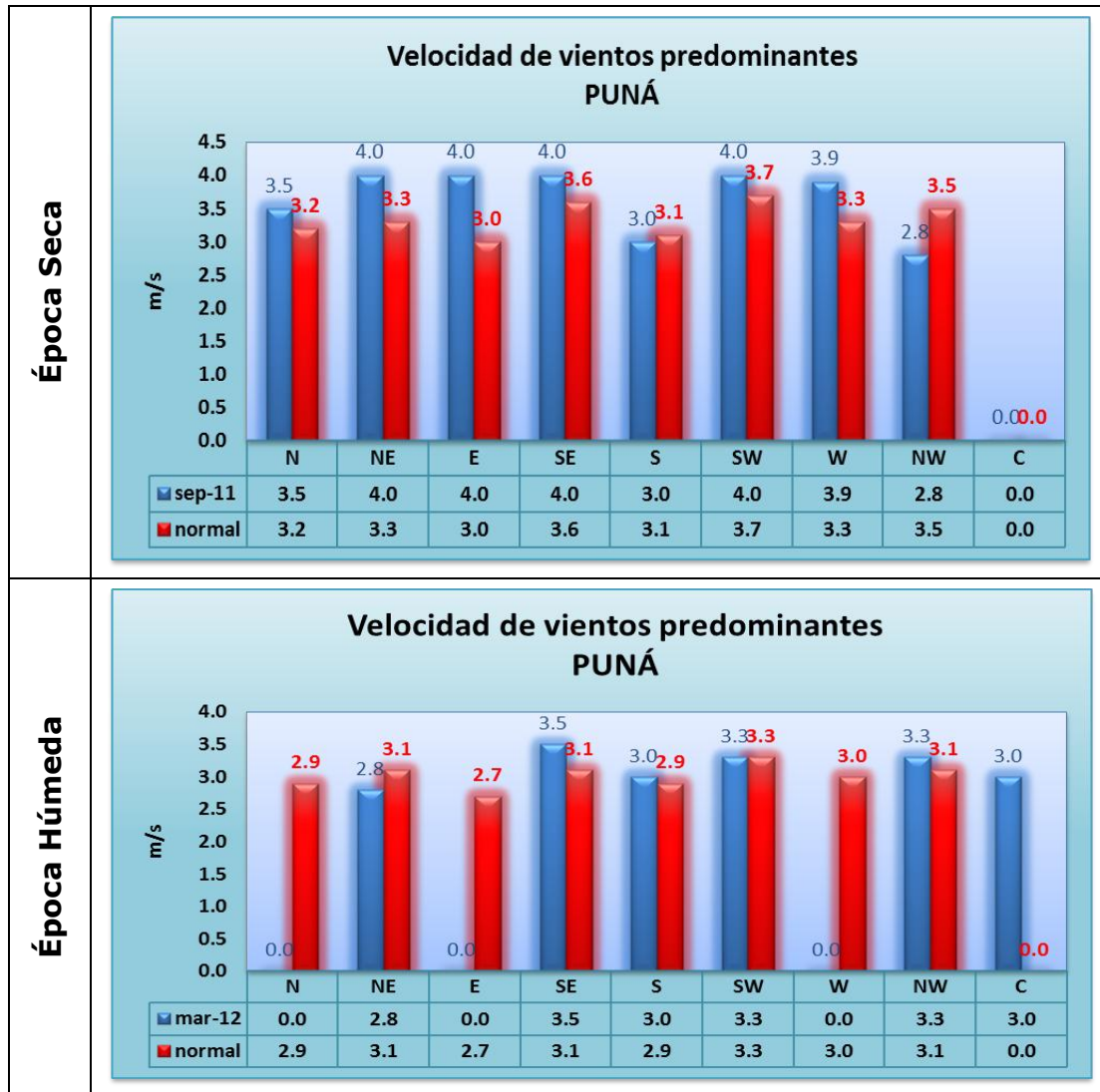
Figura 22. Frecuencia de vientos en Guayaquil / Septiembre-Enero



Fuente: INOCAR, 2012

En la estación meteorológica ubicada en la Isla Puná, el registro de vientos mostró valores por encima de la normal durante ambos meses; en septiembre del 2011 la máxima velocidad registrada fue 4,0 m/s, en tanto que para marzo del 2012 la máxima velocidad fue de 3,5 m/s; en las siguientes figuras se muestran las velocidades de viento registradas en septiembre y marzo del 2011 y 2012, respectivamente.

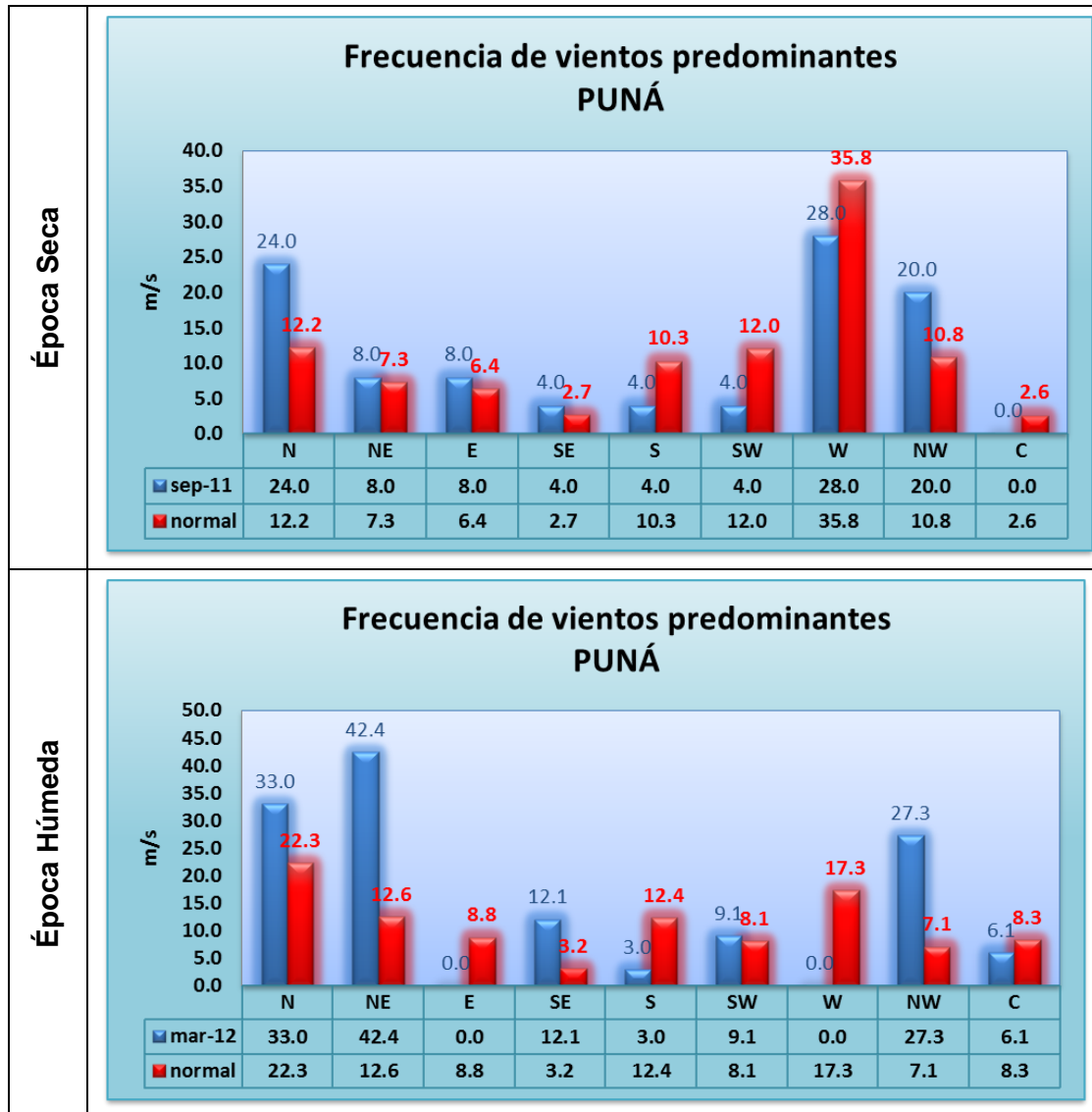
Figura 23. Velocidades de vientos en Puná / Septiembre-Enero



Fuente: INOCAR 2011

En la estación meteorológica de Puná, para el mes de septiembre los vientos predominantes vienen desde el N, W y NW, superando los registros normales en las direcciones N y NW. En el mes de marzo los vientos provienen del N, NE, NW, un menor porcentaje del SE y SW, estos registros se encontraron por encima de la normal. En las siguientes figuras se muestra la frecuencia de dirección de vientos.

Figura 24. Frecuencia de vientos (velocidad y dirección) en Puná / Septiembre-Enero



Fuente: INOCAR, 2012

De la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto de Guayaquil, se tiene datos de velocidad y dirección del viento correspondiente a un registro de un año (2010), del mismo se observa que durante los meses de agosto y noviembre se presentan valores máximos de 3,09 m/s, mientras durante los meses de febrero a junio se observan magnitudes de 2,06 m/s, como se observa en la siguiente figura.

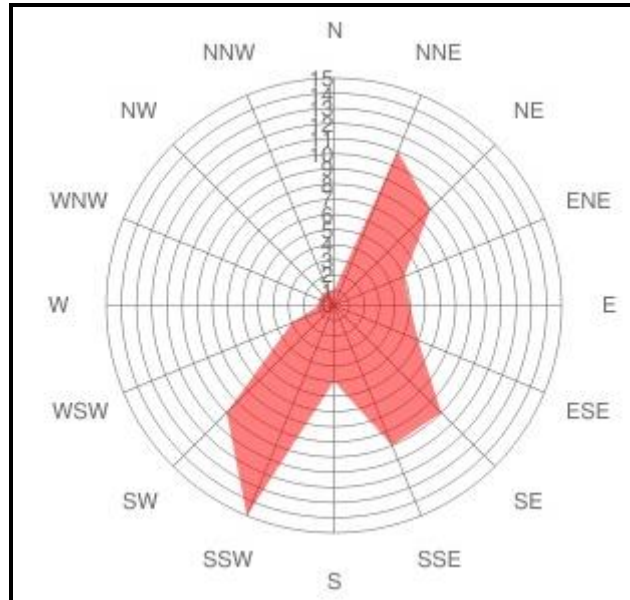
Figura 25. Velocidades de vientos, 2010



Fuente: AEROPUERTO DE GUAYAQUIL, 2010

Las direcciones del viento, registradas por la estación meteorológica del aeropuerto de Guayaquil durante el año 2010, nos indica la presencia de vientos con dirección NNE, NE, SE, SSE, SW y la dirección que más incidencia mantuvo fue con dirección SSW (Sursuroeste) aproximadamente con dirección 202,5°, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 26. Direcciones de vientos, 2010



Fuente: AEROPUERTO DE GUAYAQUIL, 2010

De acuerdo a la escala de Beaufort, los vientos presentes a los alrededores del área del proyecto se pueden identificar como *brisa muy leve*, presentando movimiento de hojas de los árboles como un efecto en tierra.

14.3.1.6 Heliofanía

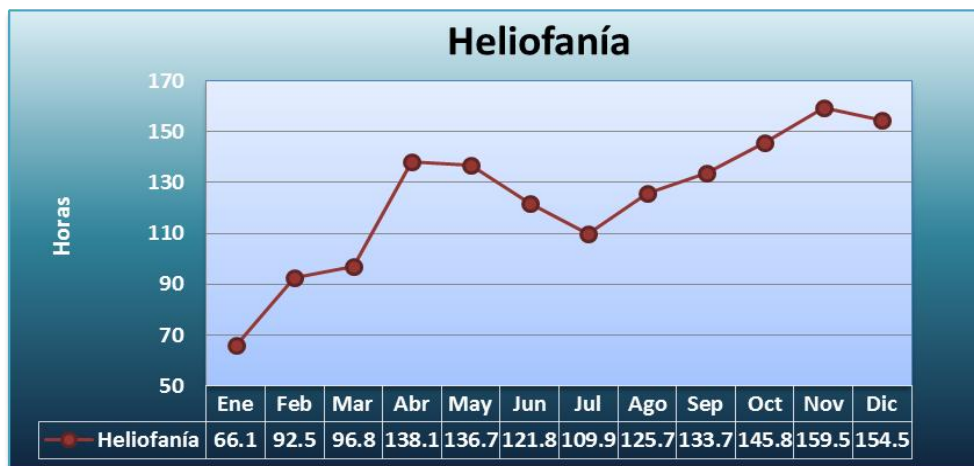
En la meteorología, la medición de la heliofanía contribuye al estudio de los cambios energéticos, espaciales y temporales en el sistema Tierra-atmósfera. Para determinar la duración de la heliofanía efectiva, se utiliza un instrumento llamado heliógrafo o

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-30

heliofanógrafo, el cual determina el brillo solar; al ser la medida de la cantidad de horas que el suelo recibe radiación solar directa, tiene aplicaciones prácticas que incumben a una gran variedad de disciplinas. La energía solar es un recurso natural, por lo que el conocimiento de su disponibilidad diaria por distribución geográfica y a lo largo del año permite la adecuada planificación de actividades relacionadas con ella, así como su uso racional (Castro 1986).

De la estación meteorológica de INAMHI, se ha determinado que para la ciudad de Guayaquil se encuentra un valor mínimo de 66,1 horas que se presentó en el mes de Enero y va en aumento hasta llegar el mes de Diciembre con el que se encuentra un valor máximo de 155 horas.

Figura 27. Heliofanía Guayaquil

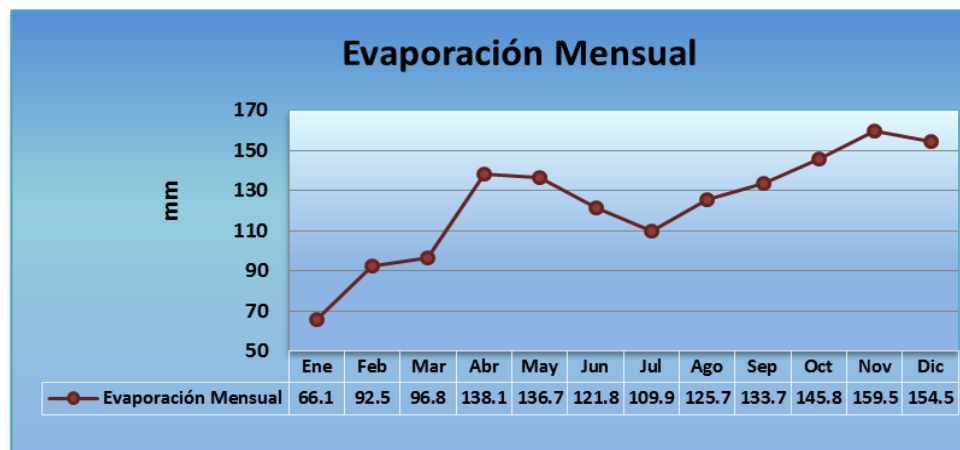


Fuente: Anuario Meteorológico INAMHI 2008

14.3.1.7 Evaporación Mensual

Los índices de evaporación del agua dependen de varios factores tales como: la radiación solar, la temperatura, la humedad y el viento. Hay que considerar que es el océano la fuente más grande de agua que se evapora directamente a la atmósfera. La evaporación en Guayaquil es mayor en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre presentando valores de 145,8mm, 159,5 y 154,5mm respectivamente, el mes que tiene menor evaporación es el mes de Enero con 66,1mm.

Figura 28. Evaporación Mensual de Guayaquil



Fuente: Anuario meteorológico INAMHI 2008

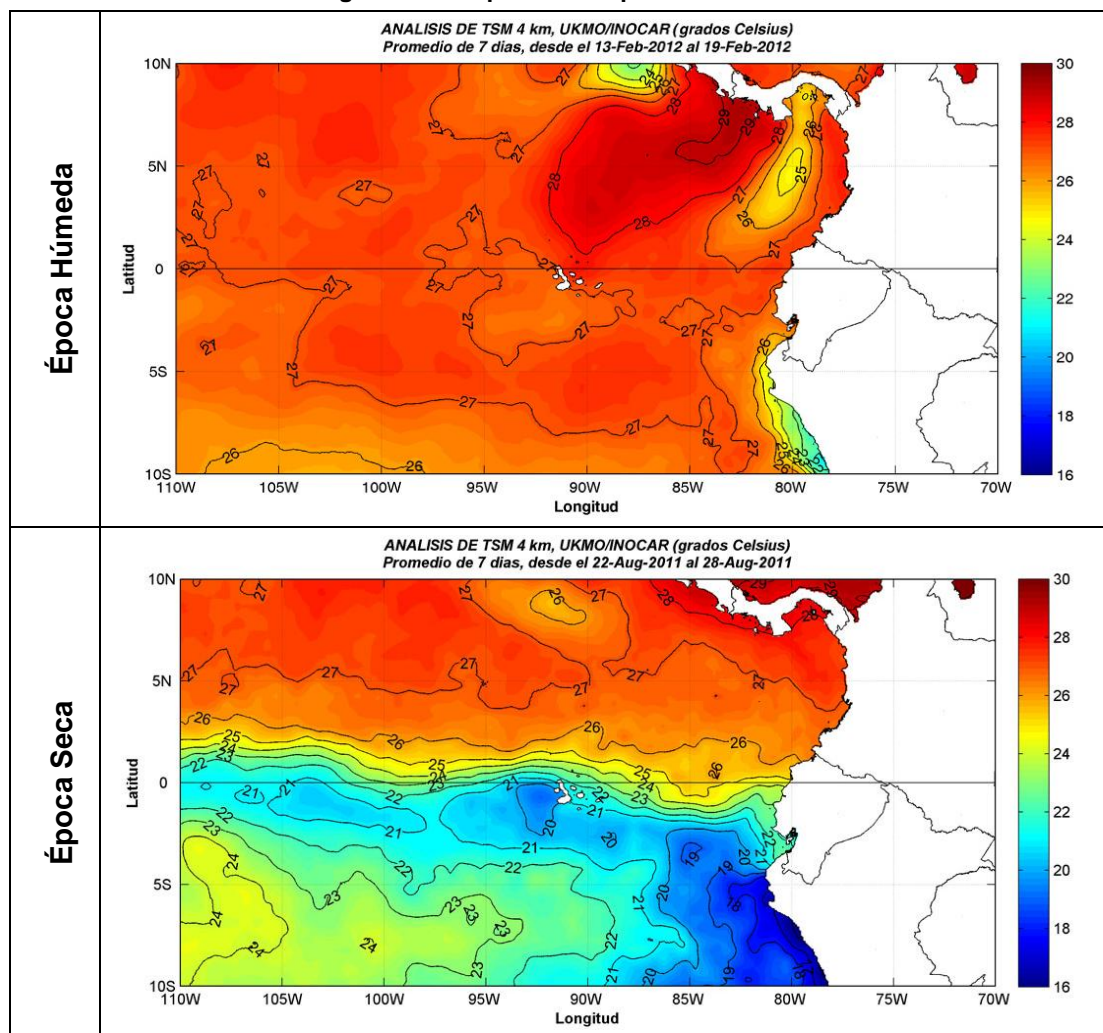
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-31

14.3.1.8 Temperatura Superficial del Mar

INOCAR, haciendo uso de datos de temperatura superficial del mar (TSM) provistos por el Servicio Meteorológico del Reino Unido (UKMO), correspondientes al Sistema de Análisis de Temperatura Superficial del Mar y Hielo Marino (OSTIA), los mismos que son datos de una combinación de satélites infrarrojos y de microondas, así como datos in-situ que permiten ejecutar un efectiva corrección de sesgo. El error RMS estimado es de 0.6K en alta resolución, en tiempo cuasi-real (Stark et al., 2007).

Estos datos diarios son post-procesados a una resolución de 4Km, y genera como producto oceanográfico cartas de TSM promediadas de 7 días en el dominio del Pacífico Sureste, considerando una semana de análisis desde un lunes hasta un domingo. Teniendo como resultado registros de temperatura superficial del mar para un periodo determinado, los cuales nos ayudan a obtener una tendencia estacional del año. Para el área donde se desarrolla el proyecto se tiene al mes de Febrero como el más cálido, con un promedio de 27,0°C; mientras que el mes de agosto es el representativo de la época seca con 22,0°C. En la figura 29 que se muestra a continuación se observa la temperatura superficial promedio del mar para un año normal.

Figura 29. Temperatura Superficial del Mar

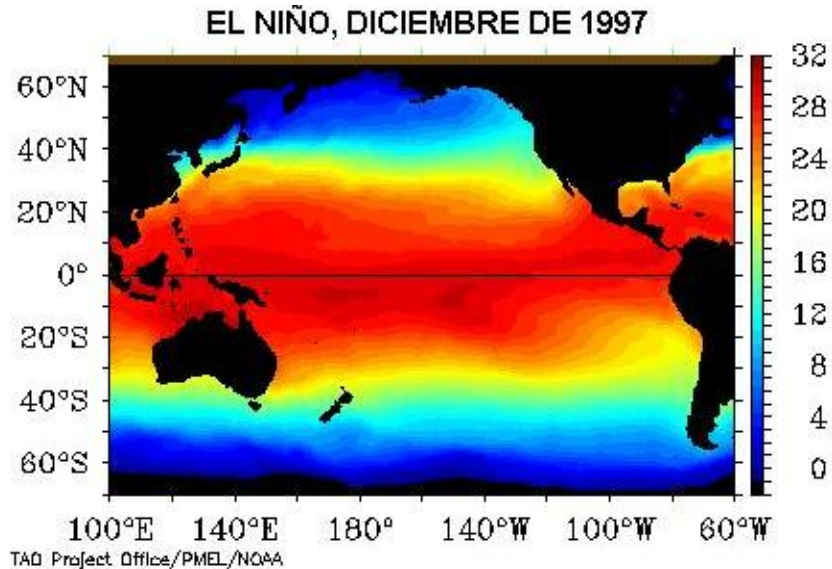


Fuente: INOCAR, 2012

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-32

Los años más cálidos corresponden al evento El Niño 1997 y 1998, en los cuales la temperatura promedio anual fueron de 27.1 y 27.0°C, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 30. Temperatura Superficial del Mar durante El Niño 1997 - 1998



Fuente: NOAA, 2000

14.4 Oceanografía

14.4.1 Olas

14.4.1.1 Oleaje en las Costas Ecuatorianas

De acuerdo a estudios realizados por Cardin y Allauca (1988), las olas frente a las costas ecuatorianas corresponden a olas generadas en lugares distantes, conocidas como mar de fondo. Las olas de mar de fondo o tipo swell, presentan en el océano abierto un perfil casi sinusoidal, son olas largas de crestas suaves, las cuales al entrar a aguas someras sufren transformaciones, que empiezan cuando sienten el fondo.

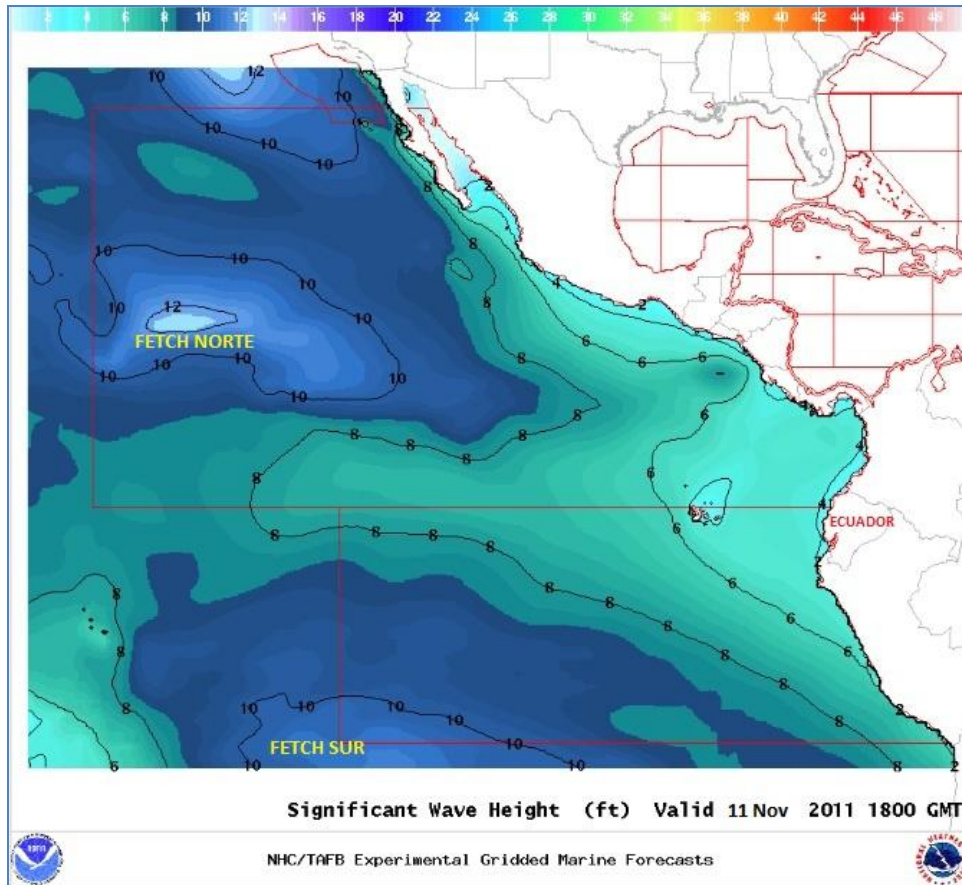
En aguas profundas, tratándose de mar de viento, únicamente rompen las olas que son inestables, o lo que es lo mismo las muy abruptas, la de pendiente suficientemente acusada para que la velocidad de las partículas de agua en las crestas sea mayor que la de propagación de la ola, entonces se escapa el agua de la cresta hacia adelante originándose el quiebre.

Las olas que inciden sobre la costa del Ecuador son generadas en los fetch, centros de altas presiones atmosféricas, que en el hemisferio norte se ubica en los 35°N-140°W y en el hemisferio sur en los 30°S-50°W. La NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration, es una agencia científica encargada del monitoreo climático de las costas americanas, dentro de su portal web cuenta con varios modelos climáticos para la zona del Océano Pacífico. El modelo NHC/TAFB nos muestra las zonas de generación de olas provocadas por la incidencia de los llamados Fetch, proceso por el cual las olas crecen y alcanzan un balance que depende de la fuerza o velocidad del viento, de su duración y de la distancia sobre la cual el viento sopla. Las olas producidas por el viento son olas irregulares, sucesivas, que difieren en altura, y tienden a viajar en grupos de olas altas y bajas. En la siguiente figura se muestra dos zonas de generación Fetch localizadas al norte y sur del Ecuador, teniendo que para

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-33

las costas del ecuador arriban olas de 1,22 m (4 Ft¹), una altura promedio para el mes de noviembre.

Figura 31. Generación de Zonas de Fetchs en el Océano Pacífico



Fuente: NOAA, 2011

Entre los meses de enero a mayo los frentes del norte tienen mayor incidencia sobre las costas ecuatorianas y en los meses de junio a diciembre los frentes dominantes son del sur. A continuación se muestra la incidencia de oleajes en Ecuador según la época del año.

Figura 32. Incidencia de oleajes en Ecuador



Fuente: El Universo, 2011

¹ Ft= 0.3048 m

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-34

14.4.1.2 Olas en aguas profundas

Las mediciones de Olas en aguas profundas se las realizó frente a la localidad de Data de Posorja, en el mismo punto donde INOCAR en el año 2007 instaló un ológrafo. Para las mediciones actuales (diciembre 2011 - enero 2012) se tomó registros de olas con la ayuda de un S4A y un ADCP Aquadopp. En la siguiente tabla se muestra las coordenadas en UTM de la estación de olas.

Tabla 5. Ubicación de la estación de medición de olas, sistema WGS84

ESTACION	LATITUD	LONGITUD
EW	9696022,59	570460,89

Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

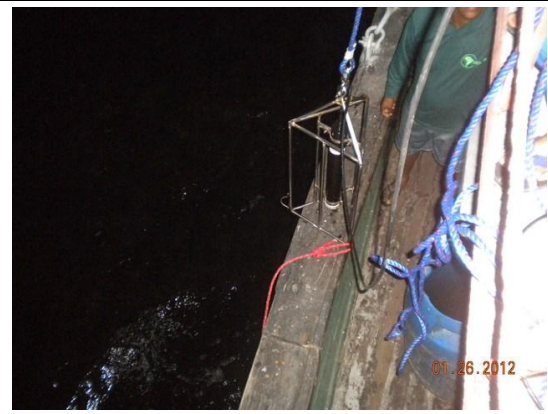
Para la época seca se realizó una campaña de medición el 1 de diciembre del 2011, por un periodo de 9 horas, para lo cual se empleó un correntómetro autocontenido S4A, el mismo que fue configurado para que realice un registro de datos cada 10 minutos. De este modo se abarcó ambos estados de marea reflujo (antes de 14h40) y flujo (después de las 14h40). Se debe mencionar que las mediciones además corresponden la fase de cuadratura.



Durante la época húmeda se realizó una campaña de medición entre el 25 y 26 de enero del 2012, por un periodo de 10 horas, para lo cual se empleó un ADCP, el mismo que fue configurado para que realice un registro de datos cada hora. De este modo se abarcó ambos estados de marea reflujo (antes de 00h16) y flujo (después de las 00h16). Se debe mencionar que las mediciones además corresponden la fase de sicigia.



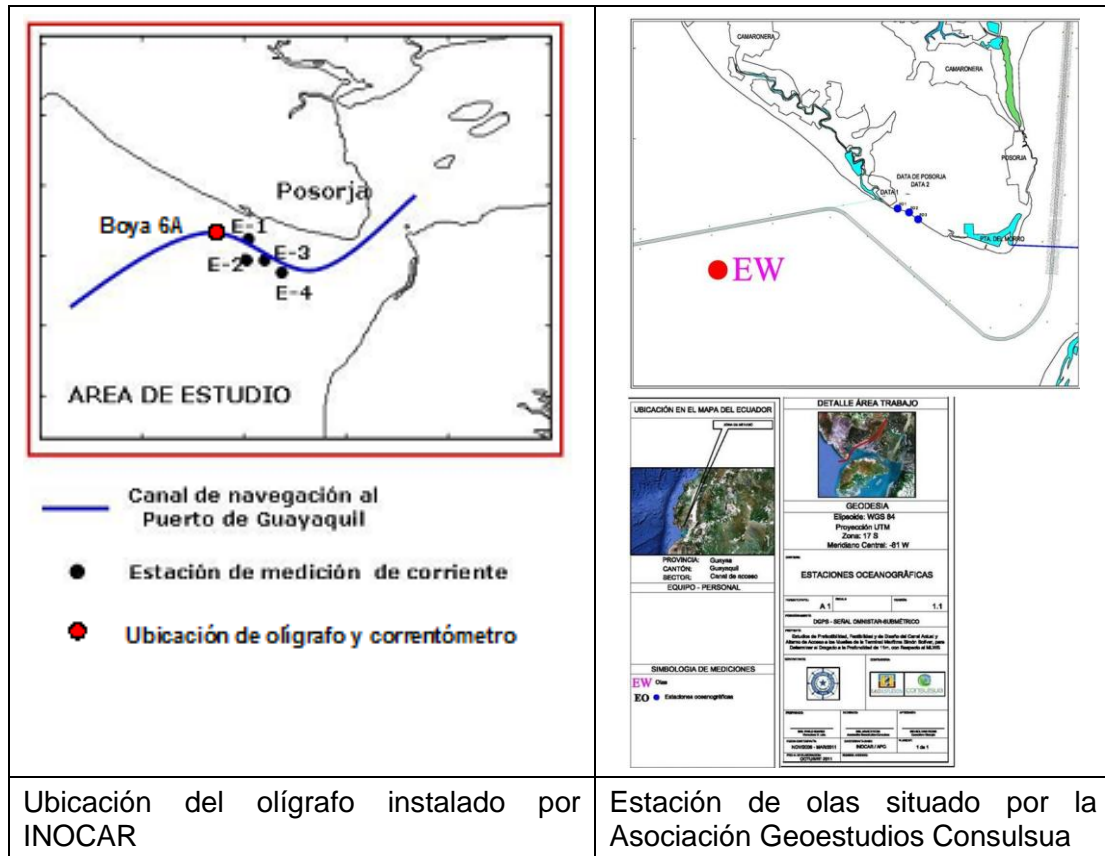
Pantalla del software de programación del ADCP para registro de oleaje



Preparación del perfilador Aquadopp en la EW

En la siguiente figura, se puede observar la ubicación de los equipos utilizados (olígrafo, S4A y ADCP) para la medición de oleaje profundo; como se puede apreciar, los equipos están ubicados frente a la localidad de Data de Posorja. Lo mismo que será de utilidad para una comparación histórica de la data registrada en periodos diferentes.

Figura 33. Ubicación de la estación de olas INOCAR y Asociación Geoestudios Consulsua



Ubicación del ológrafo instalado por INOCAR

Estación de olas situado por la Asociación Geoestudios Consulsua

Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

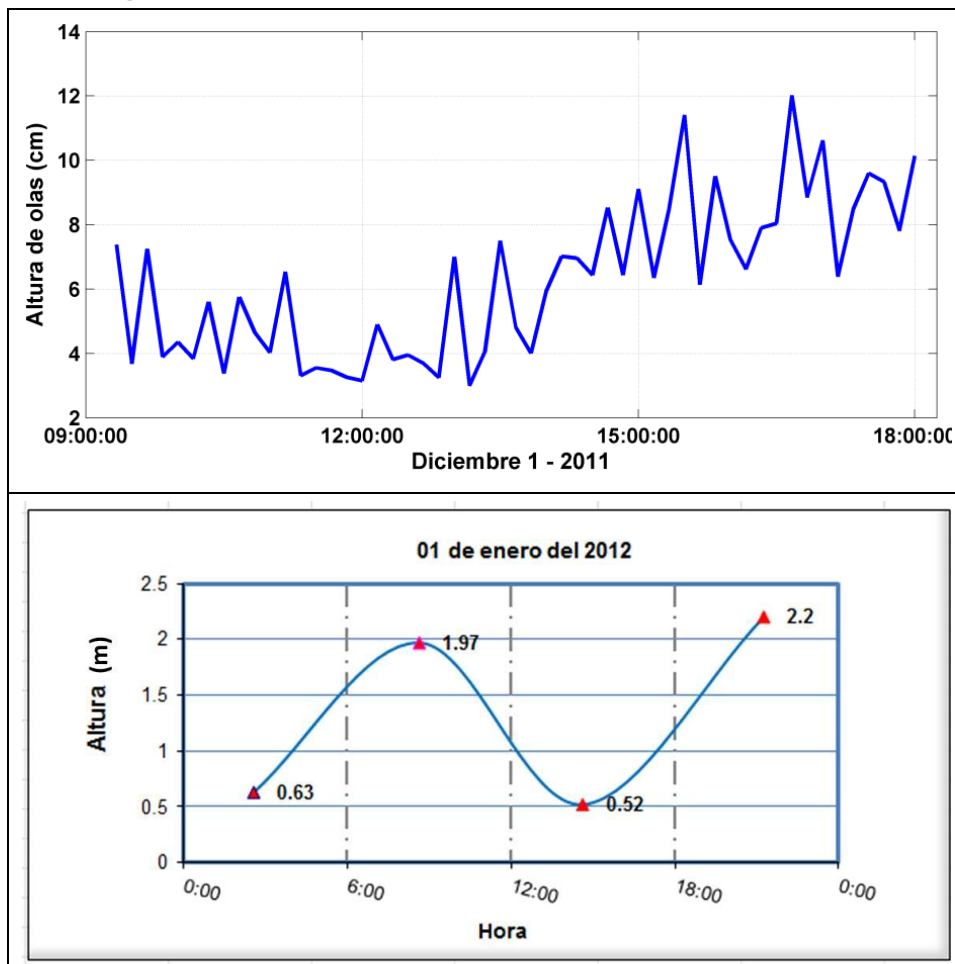
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-36

14.4.1.2.1 Resultados Época Seca

Altura de Olas

En la serie de tiempo de las alturas de olas podemos observar que existe una variación bien marcada, que podría atribuirse al cambio de marea, teniendo así alturas mayores (promedio 7,8 cm) durante el estado de flujo y alturas menores durante el estado de reflujo (promedio 4,8 cm).

Figura 34. Seri de tiempo de las alturas de olas vs la onda de marea

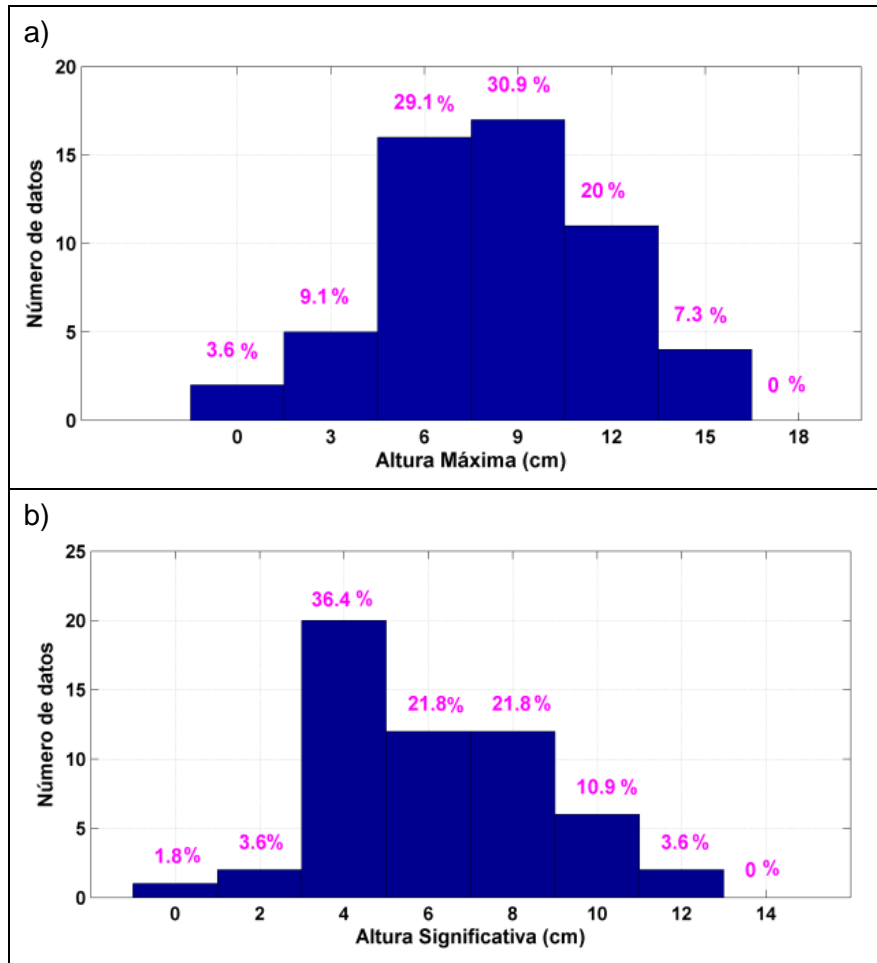


Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Las alturas significativas corresponden al promedio de la tercera parte más alta de un registro de olas y la altura máxima es 1,5 veces la altura significativa, e indica las máximas alturas que podrían registrarse, con esta consideración las alturas significativas, son los que representan mejor el registro, teniéndose que las alturas predominantes están en el orden de 4 centímetros (36,4%) seguidas de alturas de 6 y 8 centímetros (21,8% c/u).

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-37

Figura 35. Altura de olas registradas con el S4A, a) altura máxima y b) altura significativa



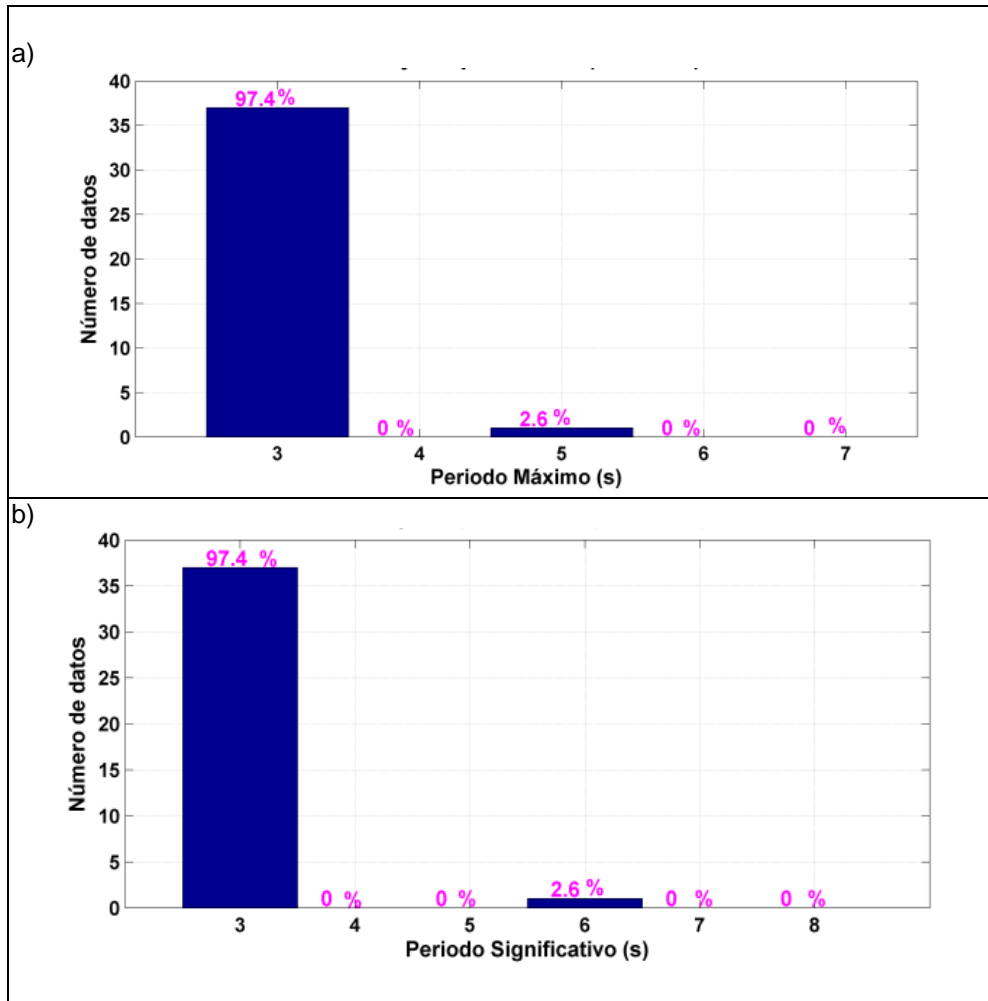
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Periodo de Olas

Se realizaron histogramas de frecuencia para los datos de periodo de olas, con la serie completa, incluyendo ambos estados de marea.

Los histogramas a continuación se elaboraron con los datos de periodos significativos, y periodos máximos. Los periodos significativos, son los que representan mejor el registro, teniéndose que el 92,7% de los datos de periodos se encuentran dentro de los 3 segundos.

Figura 36. Periodo de olas predominantes del NE - E



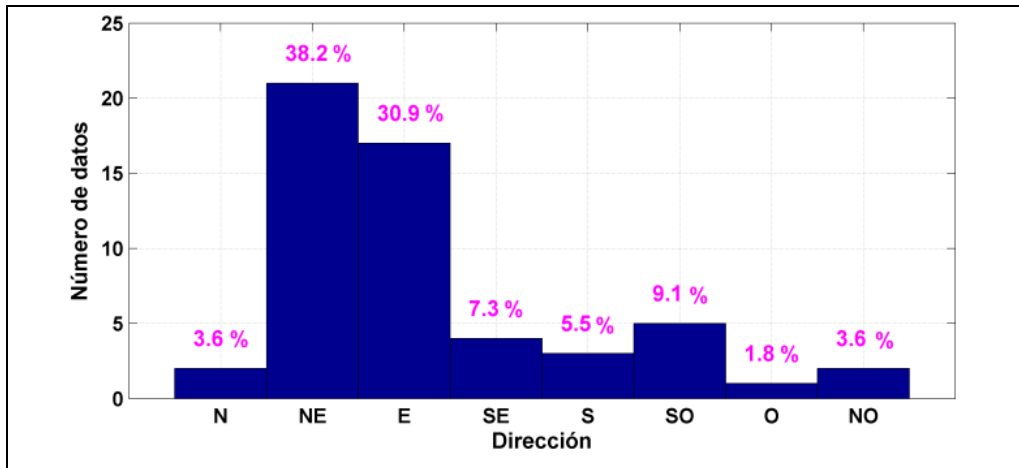
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Dirección de Olas

Se realizaron histogramas de frecuencia para los datos de dirección de las olas, con la serie completa, incluyendo ambos estados de marea. El histograma de dirección mostró que las olas se dirigen mayormente hacia el NE – E, indicando que el oleaje está influenciado predominantemente por oleaje proveniente del NO – O. Esta gran predominancia hacia el NE – E indicaría además que el oleaje no se ve afectado por la dinámica del estuario.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-39

Figura 37. Dirección de olas predominantes del NE - E



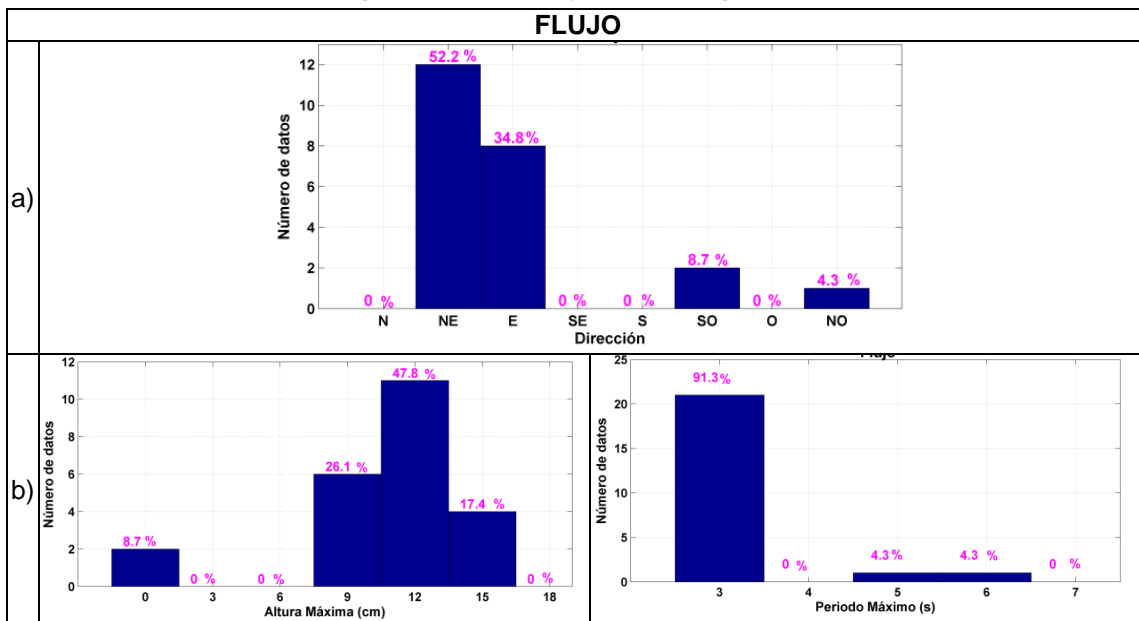
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

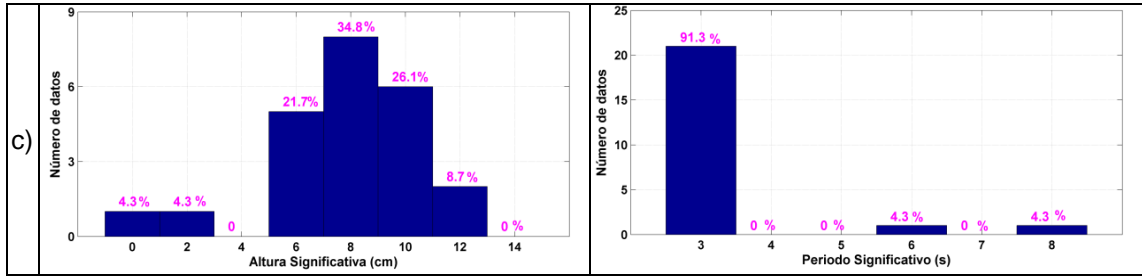
Altura, Periodo y Dirección durante el Flujo

Con el fin de establecer si existe alguna variación de estos parámetros durante los estados de flujo y reflujos, se realizó un análisis individual a cada estado. Los histogramas de direcciones, tanto para flujo como reflujos, mostraron el mismo patrón de predominancia hacia el NE - E.

Para el estado de flujo se encontraron alturas predominantes de 6, 8 y 10 cm (21,7%, 34,8% y 26,1% respectivamente); en tanto que la dirección durante el flujo fue NE-E (87%). Para los datos de periodos, se mantiene la predominancia de 3 segundos, con variaciones entre 3,2 y 3,3 segundos.

Figura 38. Parámetros de oleaje cerca de la Boya de mar, correspondiente a la fase de flujo. a) Histograma de direcciones predominantes, b) Histogramas de alturas y periodos máximos, c) Histogramas de alturas y periodos significativos.



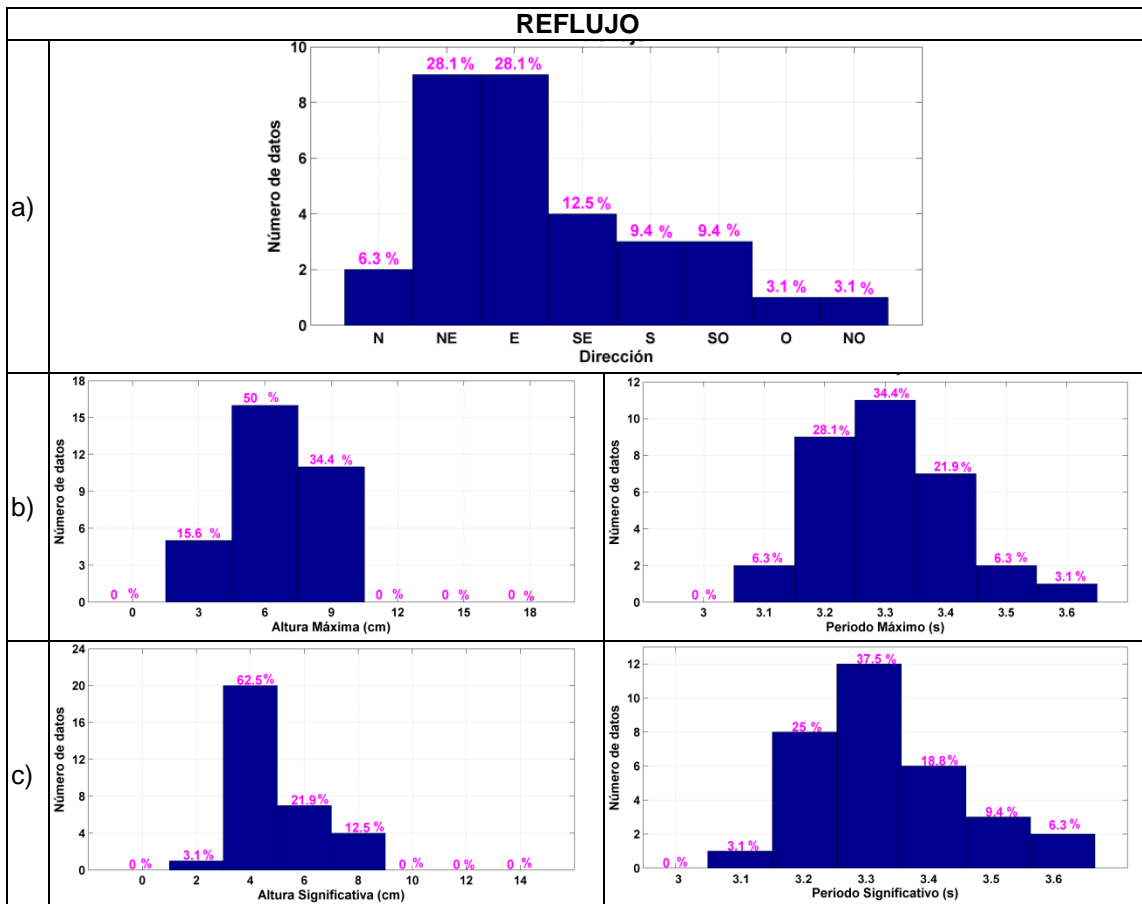


Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Altura, Periodo y Dirección durante el Reflujo

En tanto que una altura predominante de 4 cm se encontró en el estado de reflujo (62,5%), los datos de periodos, se mantiene la predominancia de 3 segundos para todos los escenarios, con variaciones entre 3,2 y 3,3 segundos, con dirección NE-E (62,5%).

Figura 39. Parámetros de oleaje cerca de la Boya de mar, correspondiente a la fase de reflujo. a) Histograma de direcciones predominantes, b) Histogramas de alturas y períodos máximos, c) Histogramas de alturas y períodos significativos.



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

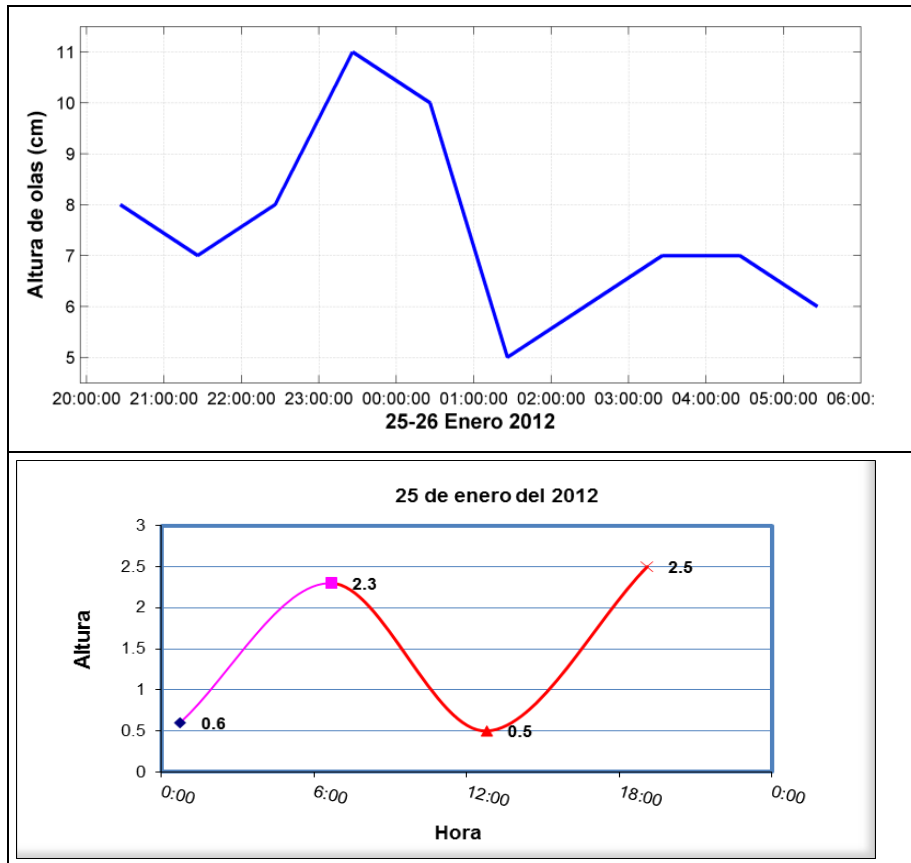
14.4.1.2.2 Resultados Época Húmeda

Se realizaron histogramas de frecuencia para los datos de altura, periodo y dirección de las olas. El histograma de dirección mostró que el 30% de las olas provienen mayormente desde el SO, así mismo se tiene un 20% del oleaje proveniente del NO.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-41

Este 50% del oleaje estaría influenciando por oleaje que se origina en el Pacífico. También se encontró que un 20% del oleaje proviene del NE; debido a la pobre densidad de los datos, no se pudo tener un nivel de confianza suficiente para caracterizar el sector en la época húmeda.

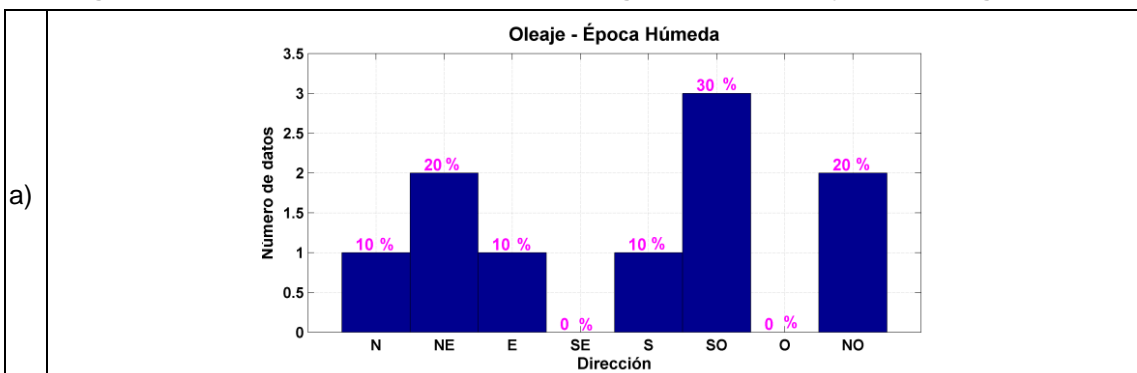
Figura 40. Serie de tiempo de las alturas de olas vs la onda de marea

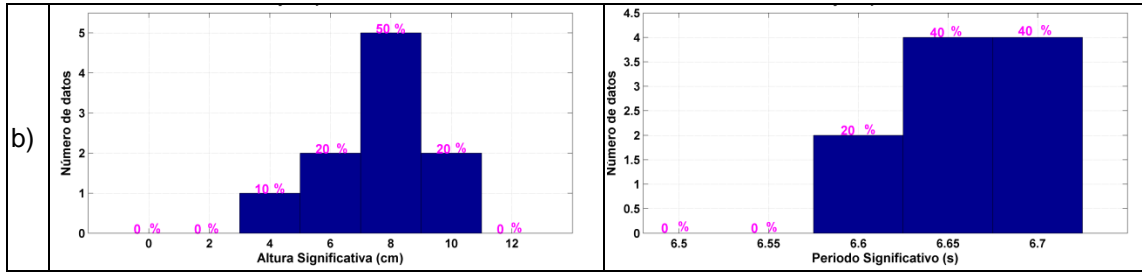


Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Se encontró que las alturas predominantes están en el orden de 8 centímetros (50 %) seguidas de alturas de 6 y 10 centímetros (20 % c/u). El 80 % de los datos de periodos se encuentran entre 6,65 y 6,7 segundos.

Figura 41. Parámetros de oleaje cerca de la Boya de mar, correspondiente a la época húmeda. a) Histograma de direcciones predominantes, b) Histogramas de alturas y periodos significativos.





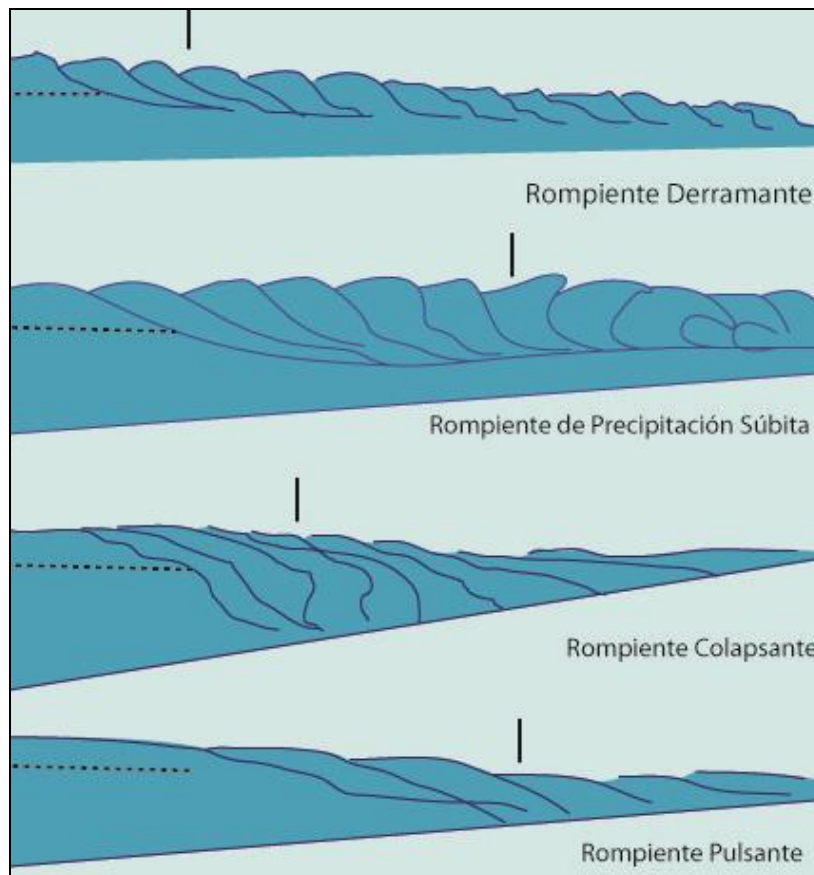
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

14.4.1.3 Olas rompientes o visuales

Cuando el oleaje se aproxima a la playa, llega un momento en que la profundidad es 1,3 veces la altura de la ola, en este punto se produce el fenómeno denominado "rompiente". Según Galvin, de acuerdo a la esbeltez de la ola (relación entre altura y longitud), existen 4 tipos de rompientes:

- De precipitación súbita (plunging, breaker): Adelanto en cada cresta respecto a su base, pérdida de sustentación y enroque, ocasionando un vacío o "voluta", con desintegración posterior y fuertes turbulencias.
- Derramante (spilling, breaker): Movimiento progresivo de atenuación en una onda y paso a la traslación; llegan a presentar rupturas encadenadas.
- Colapsante (collapsing, breaker): Caso mixto entre vuelco y ondulada.
- Pulsante (surging, breaker): Formación de una cresta que no llega al "vuelco" y se diluye, al tiempo que es adelantada por su base en avance hacia la zona de batida.

Figura 42. Tipos de rompientes según Galvin



FUENTE: MACDONEL, 1999

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-43

La Asociación Geoestudios-Consulsua realizó observaciones de olas rompientes en tres estaciones oceanográficas ubicadas en el sector de Data de Posorja. La siguiente tabla y figura muestra las coordenadas UTM y ubicación de las estaciones.

Tabla 6. Ubicación geográfica de las Estaciones Oceanográficas

Estación Oceanográfica	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
EO1	578269	9698696
EO2	578769	9698526
EO3	579161	9698226

Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 43. Ubicación de las estaciones oceanográficas



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

14.4.1.3.1 Metodología de estimación de Olas rompientes

Al no existir en muchos de los lugares de la costa ecuatoriana equipos de medición continua, la caracterización del oleaje en los sitios de implantaciones de obras costeras se determina visualmente y se hace referencia a diferentes estudios similares realizados en las áreas de ubicación del proyecto.

Con lo mencionado, el equipo CONSULTOR realizó mediciones visuales horarias de altura, período y dirección de las olas incidentes, utilizando una brújula o compás de bote y un cronómetro, además se realizaron mediciones de dirección y magnitud de viento.

El tipo de rompiente fue determinado visualmente clasificándolas de acuerdo con las normas internacionales para rompientes. El ángulo de aproximación del oleaje fue determinado con el uso de una brújula.

La determinación horaria del ancho de la zona de rompiente fue realizada de manera visual en cada una de las observaciones por hora, para lo que se estimó la distancia a la cual se encontraba la rompiente en el momento de la medición y la longitud sobre la cual rompían las olas.

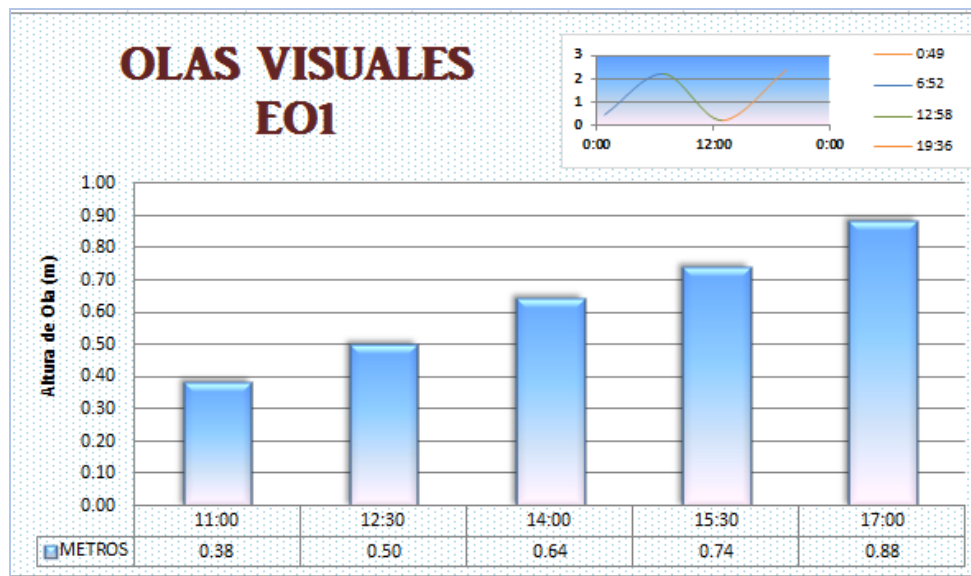
14.4.1.3.2 Resultados Época Seca

Estación Oceanográfica 1

Altura de Ola

La Asociación Geoestudios Consulsua realizó mediciones de olas visuales durante 5 horas en la estación oceanográfica 1, que la altura de ola tiende a aumentar su altitud en las horas de la tarde, llegando a registrarse una altura de 0,88 m, mientras la mas baja se la midió en horas de la mañana con un valor de 0,38 m..

Figura 44. Altura de olas, Data de Posorja/E1

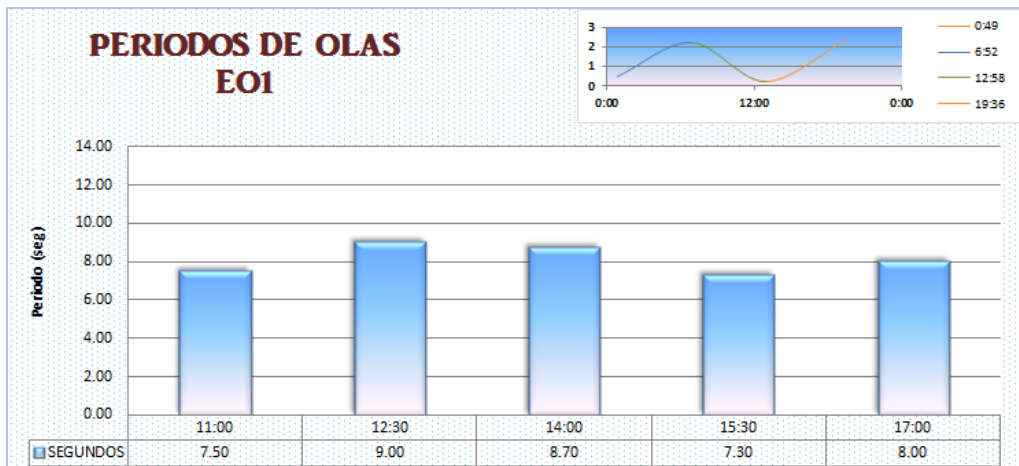


Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Periodo de Ola

Los periodo en la EO1 fluctuaron entre 7,30 y 9,00 segundos, lo cual nos da la idea que esta playa recibe oleaje constante, lo cual fue observado por la persona en tomar el dato de olas, así mismo se observa que a lo largo de la playa hay presencia de enrocados, siendo un indicativo que esta playa está siendo afectada directamente por el oleaje, en este caso por el del SO.

Figura 45. Periodo de olas, Data de Posorja/E1



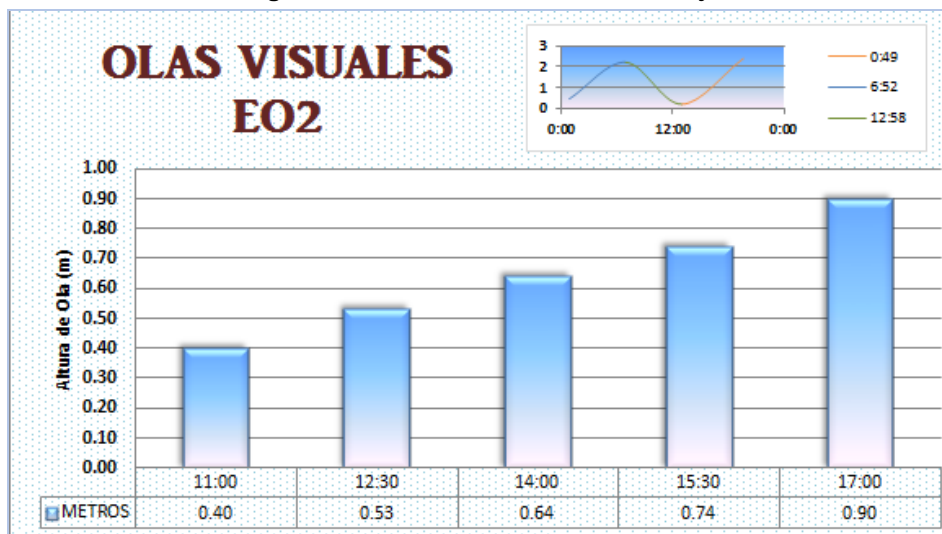
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Estación Oceanográfica 2

Altura de Ola

En la EO2 se observa que el patrón de incremento de altura de ola se repite, teniendo que en horas de la tarde se registran las mayores alturas, con un valor de 0,90 m, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 46. Altura de olas, Data de Posorja

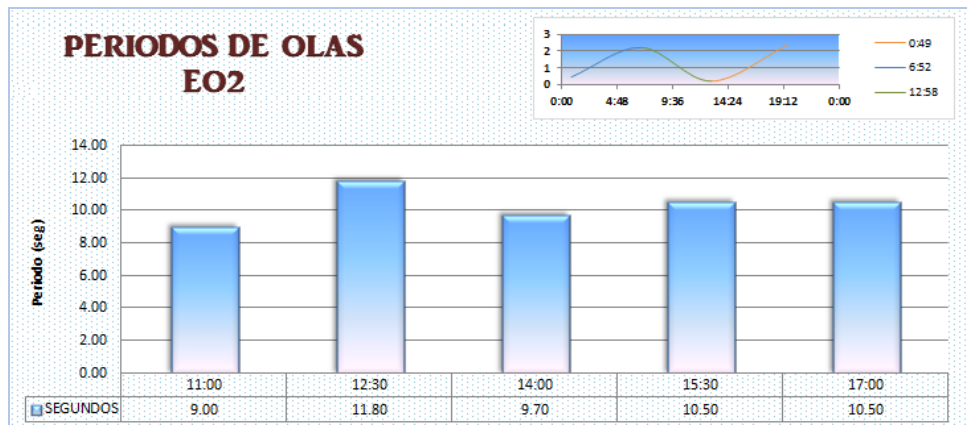


Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Periodo de Ola

Los periodos en la EO2 se encuentran en un rango de 9 a 11,80 segundos, teniendo que a diferencia de la EO1, en esta se registraron mayores periodos. Así mismo estos siguen estando dentro de los periodos que más afectan a una playa.

Figura 47. Periodo de olas, Data de Posorja



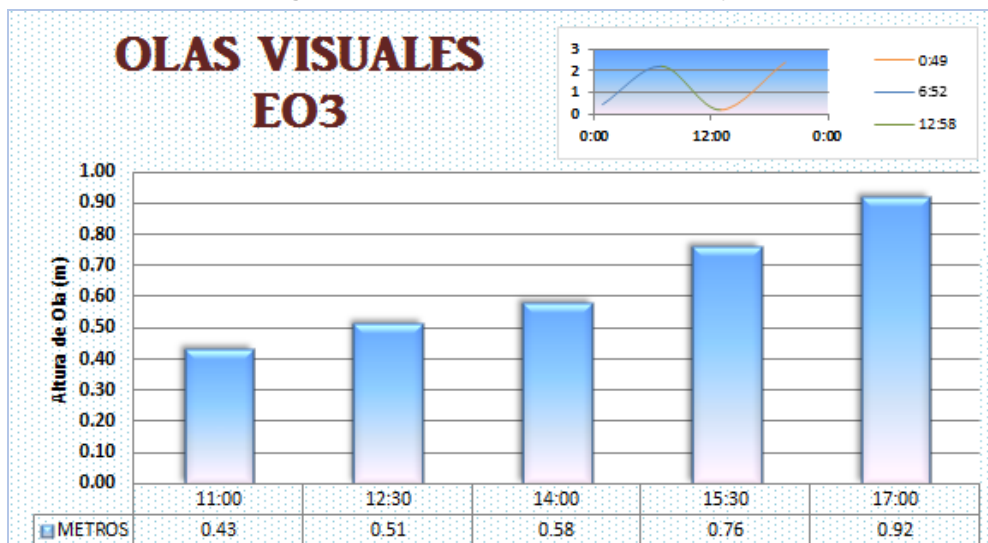
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Estación Oceanográfica 3

Altura de Ola

Las alturas de olas en la EO3 se registraron en un rango de 0,43 m y 0,92 m, teniendo las menores durante la mañana y las más altas durante la tarde, factor que estaría referenciado a las velocidades de viento, las mismas que tienden aumentar su velocidad en las horas de la tarde.

Figura 48. Altura de olas, Data de Posorja

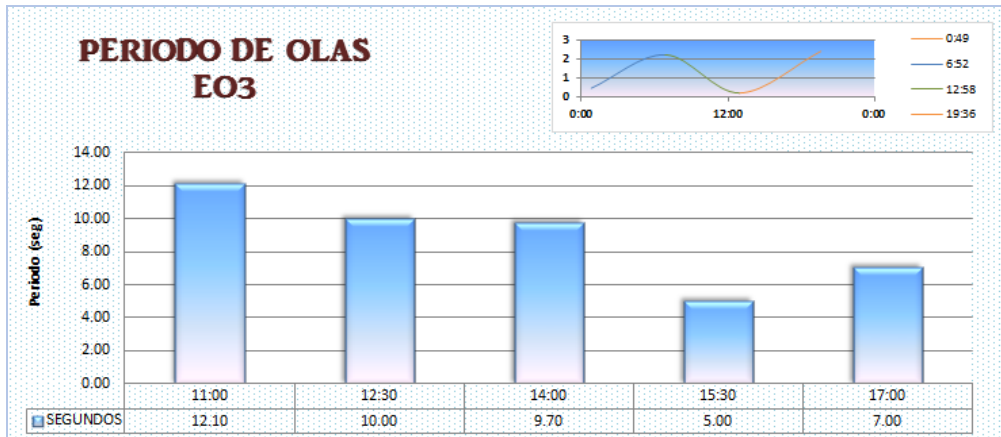


Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Periodo de Ola

Los periodos de ola que se registraron en la EO3 se muestran mayores durante la mañana con un valor de 12,10 segundos, mientras que al concluir la jornada de trabajo se midió 7 segundos, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 49. Periodo de olas, Data de Posorja



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

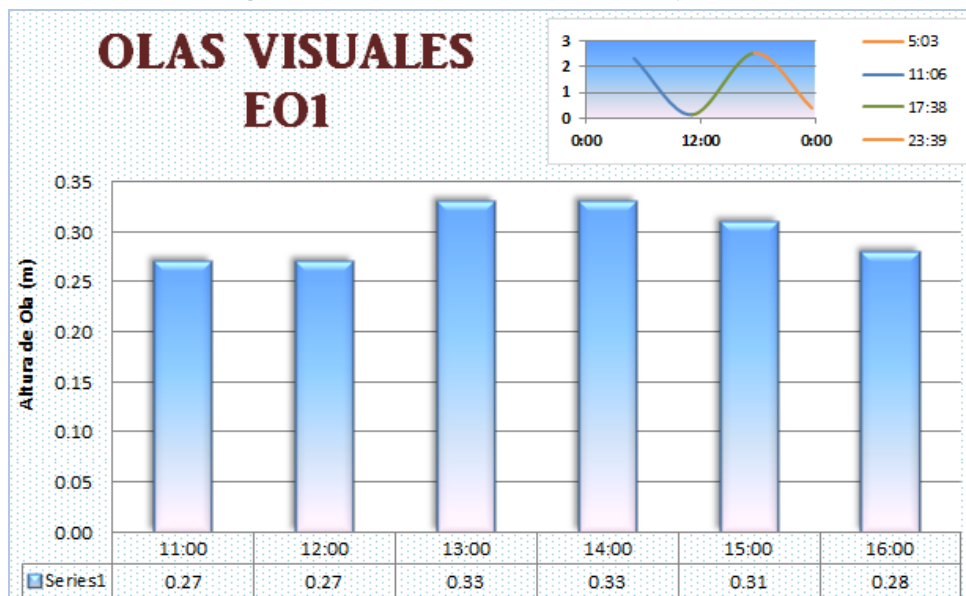
14.4.1.3.3 Resultados Época Húmeda

Estación Oceanográfica 1

Altura de Ola

Las alturas de olas registradas durante la segunda campaña se muestran menores en comparación con las tomadas en la primera campaña. Teniendo alturas que fluctúan entre 0,27 y 0,33. Teniendo las mayores alturas en las horas del medio día, en la siguiente figura se muestra el comportamiento de la altura de ola durante el día de medición.

Figura 50. Altura de olas, Data de Posorja / EO1

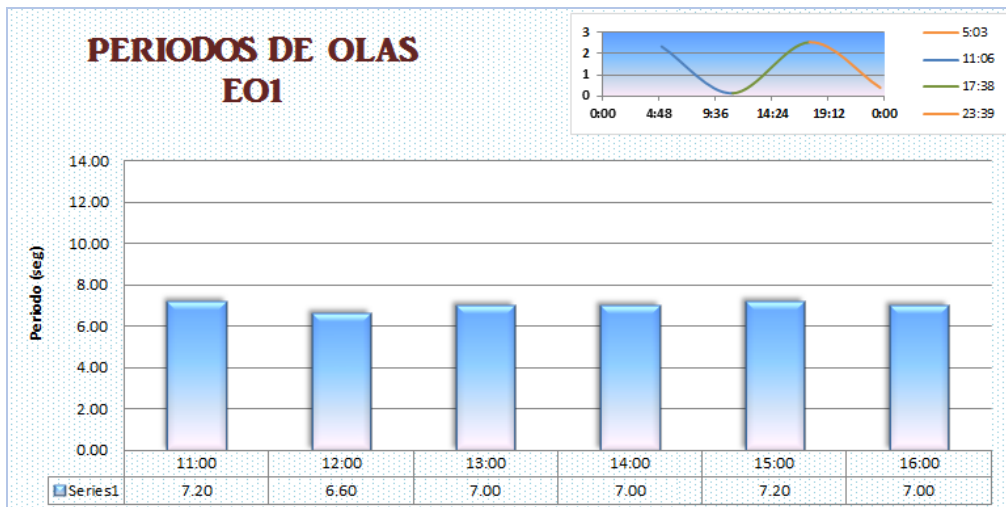


Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Periodo de Ola

Los periodos registrados en esta campaña se muestran muy similares a los medidos durante la primera campaña, teniendo periodos que van desde 6,60 segundos a 7,20 segundos, como se muestra a continuación.

Figura 51. Periodo de olas, Data de Posorja / EO1



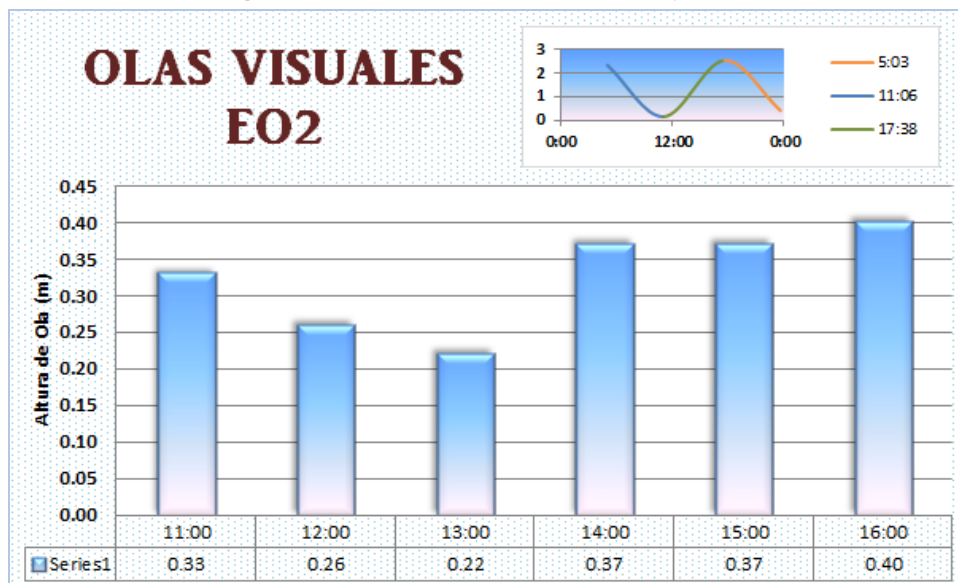
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Estación Oceanográfica 2

Altura de Ola

Las alturas de olas visuales tomadas en esta estación tienen un comportamiento diferente al percibido en la primera campaña, teniendo que en horas de la mañana se registró una altura de 0,33 m, y en la tarde las alturas fluctuaron entre 0,37 y 0,40m, en la siguiente figura se muestra el comportamiento de la altura de ola visual durante el día de medición.

Figura 52. Altura de olas, Data de Posorja / EO2

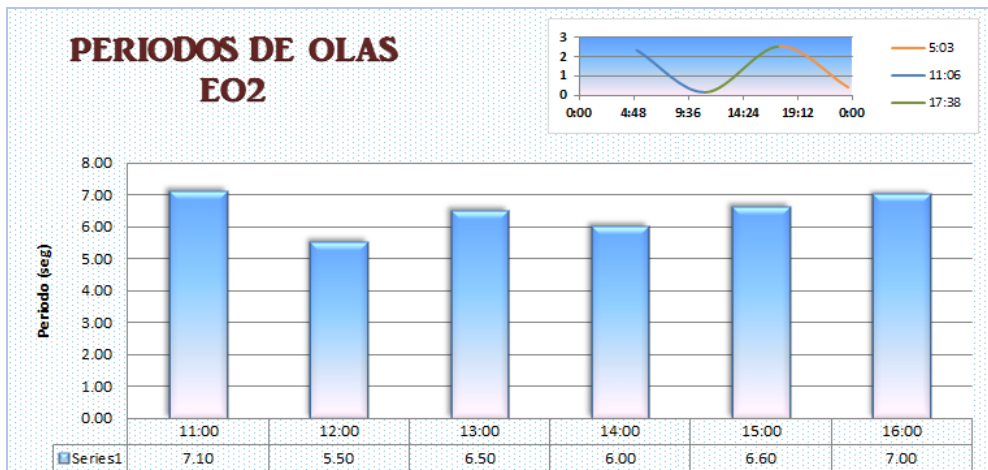


Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Periodo de Ola

En esta campaña se registraron periodos de olas mayores a los registrados durante la primera campaña, teniendo valores que oscilaron entre 5,50 y 7, 10 segundos, siendo periodos cortos. En la figura siguiente se muestra los periodos medidos.

Figura 53. Periodo de olas, Data de Posorja / EO2



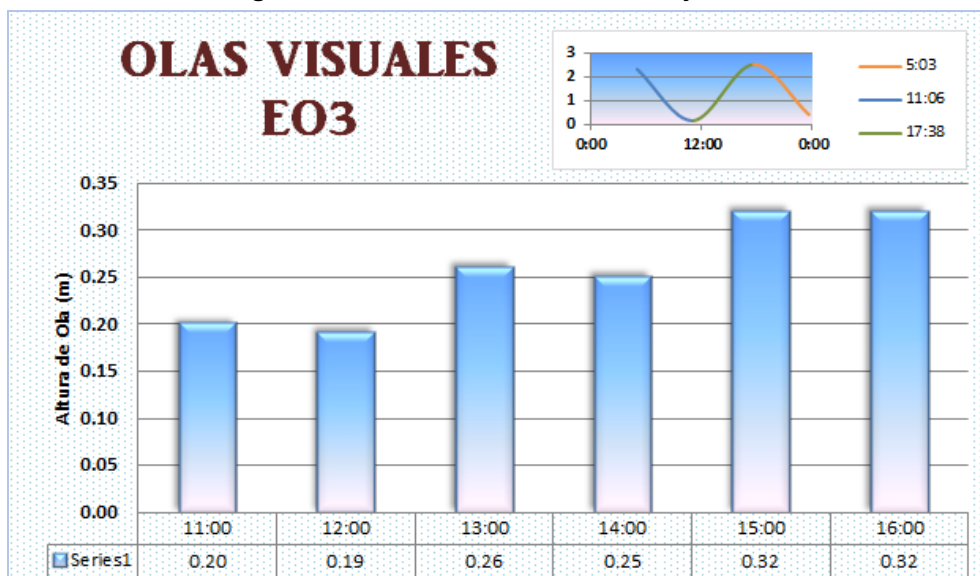
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Estación Oceanográfica 3

Altura de Ola

Las alturas de olas observadas durante esta campaña se muestran menores a las registradas durante la primera campaña, teniendo alturas que oscilan entre 0,19 y 0,32 m, teniendo las de mayor altura en horas de la tarde, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 54. Altura de olas, Data de Posorja / EO3

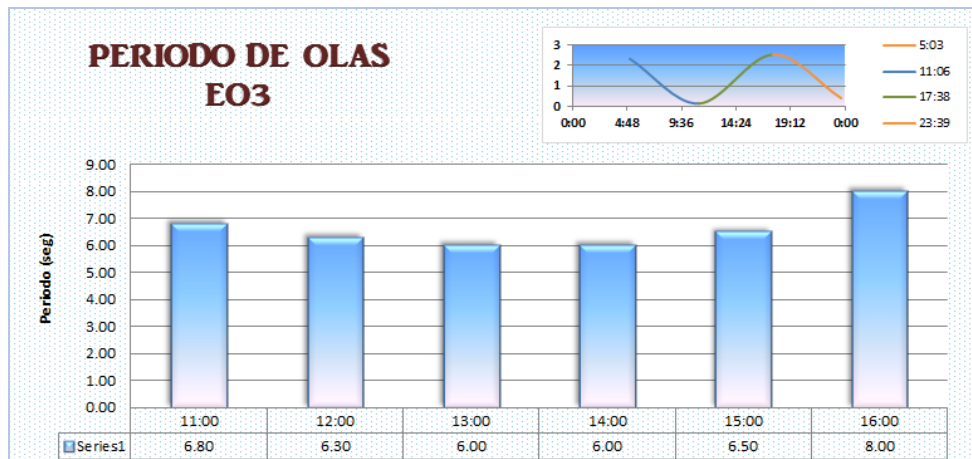


Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Periodo de Ola

Durante esta campaña los periodos registrados son menores en comparación con los medidos durante la primera campaña, teniendo periodos de 6 y 8 segundos, como se muestra a continuación.

Figura 55. Periodo de olas, Data de Posorja



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

14.4.1.4 Refracción de los frentes de onda

La refracción es un fenómeno que se produce cuando las olas comienzan a “sentir” fondo al entrar a aguas intermedias y rasas; la parte de la ola que se halla en agua más profunda se desplaza más rápidamente que la parte que se halla en agua menos profunda, lo cual hace que la cresta sea paralela a las líneas de nivel de fondo.

El análisis de la refracción de ondas es una parte muy importante dentro del desarrollo de proyectos marítimos, porque permite determinar las características del oleaje y sus acciones. Por medio de este estudio conoceremos la altura de ola, el ángulo de incidencia de la ola en la playa y sitios de concentración de energía, etc.

Los principales métodos que se usan para el estudio de refracción de onda son los numéricos y gráficos, para el presente estudio se ha escogido el método gráfico de las ortogonales. Para el cálculo del Coeficiente de Refracción, se empleará el Método Gráfico de Refracción por Batimetría conocido también como el Método de las Ortogonales. La metodología es establecida en el Manual de Protección Costera (Shore Protection Manual, Cuerpo de Ingenieros de Ejército Estadounidense USACE, 1975).

El procedimiento establecido por USACE (1975) está basado, principalmente, en la ley de Snell, y parte de las siguientes asunciones:

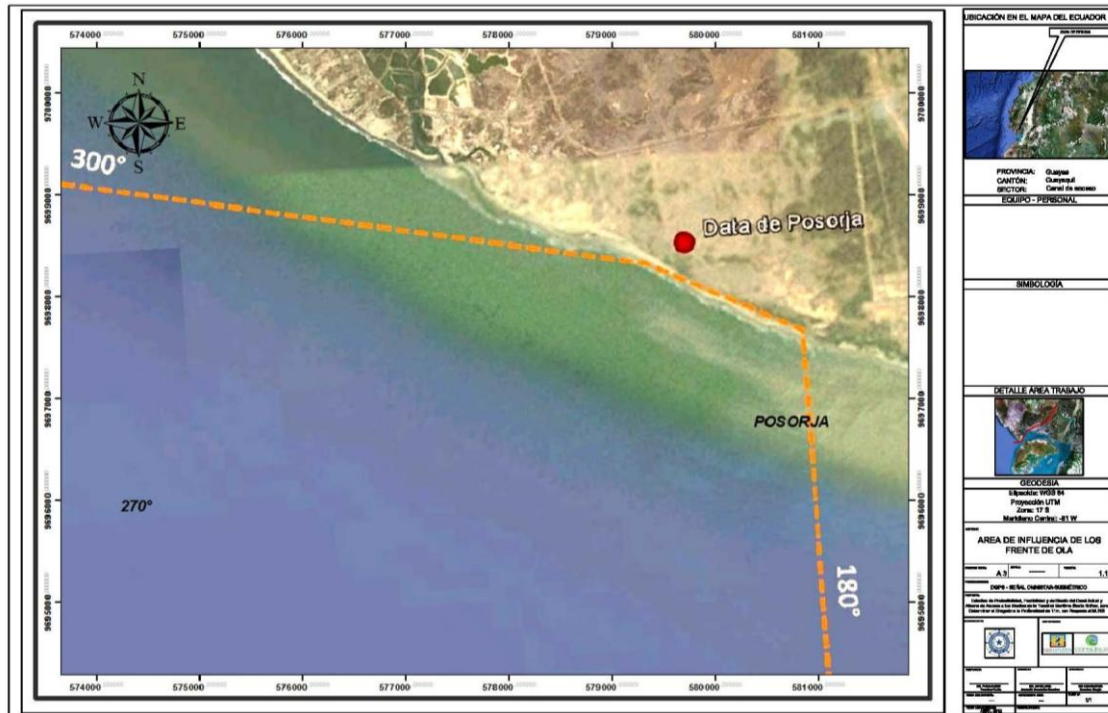
- La energía de la onda entre olas ortogonales permanece constante.
- La dirección del avance del tren de onda es perpendicular a la cresta de la onda, esto es, en dirección de la ortogonal.
- La velocidad de una onda a un periodo dado en un lugar determinado depende sólo de la profundidad de la locación.
- Los cambios en la topografía de fondo son graduales.
- Los efectos de la corriente, vientos y reflexión de la playa, y las variaciones de la topografía submarina, son considerados insignificantes.
- donde la celeridad de la ola depende de la profundidad en la zona donde se propaga. Así, si la profundidad decrece, la celeridad de la onda y por consiguiente su longitud decrece, mientras que el periodo se mantiene constante en todo momento.
- Para establecer la refracción en el área de estudio se determinó primeramente los principales frentes de onda que incidirían en el área determinada, los cuales

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-51

podrían estar entre los 300° NO y 180° S y se los grafico con la ayuda de la carta náutica IOA 1070 diseñadas por el INOCAR.

En la figura 56 se muestra el área de influencia.

Figura 56. Área de influencia de los Frentes de Ondas para Data de Posorja



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

14.4.1.4.1 Metodología para la refracción de ondas

Los ángulos de aproximación fueron trazados tomando como eje de inicio el veril de 40 metros. Los veriles usados para el cálculo de los coeficientes C1/C2 y C2/C1 fueron determinados en base a la carta náutica IOA 1070, siendo luego “suavizados” para el ajuste de la técnica empleada.

Una vez determinado los valores Kr (coeficiente de refracción) basados en el espaciamiento entre ortogonales de agua profunda y aguas rasas, es posible hallar la altura de ola H a una profundidad determinada, es decir, pasar la altura de ola en aguas profundas a aguas rasas. La expresión es la siguiente:

$$\frac{H}{H_o} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{n}\right)\left(\frac{C_o}{C}\right)} \sqrt{\frac{b_o}{b}}$$

En donde el término $[(1/2)(1/n)(C_o/C)]^{1/2}$ se refiere al coeficiente de shoaling o de fondo Ks, y $(b_o/b)^{1/2}$ el coeficiente de refracción Kr, que es función de b_o espaciamiento ortogonal en aguas profundas, y de b espaciamiento ortogonal en aguas rasas. H_o es altura de ola en aguas profundas y H es altura de ola en aguas rasas.

Entonces, la transformación del oleaje de aguas profundas a aguas rasas va a estar dado por la siguiente expresión:

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-52

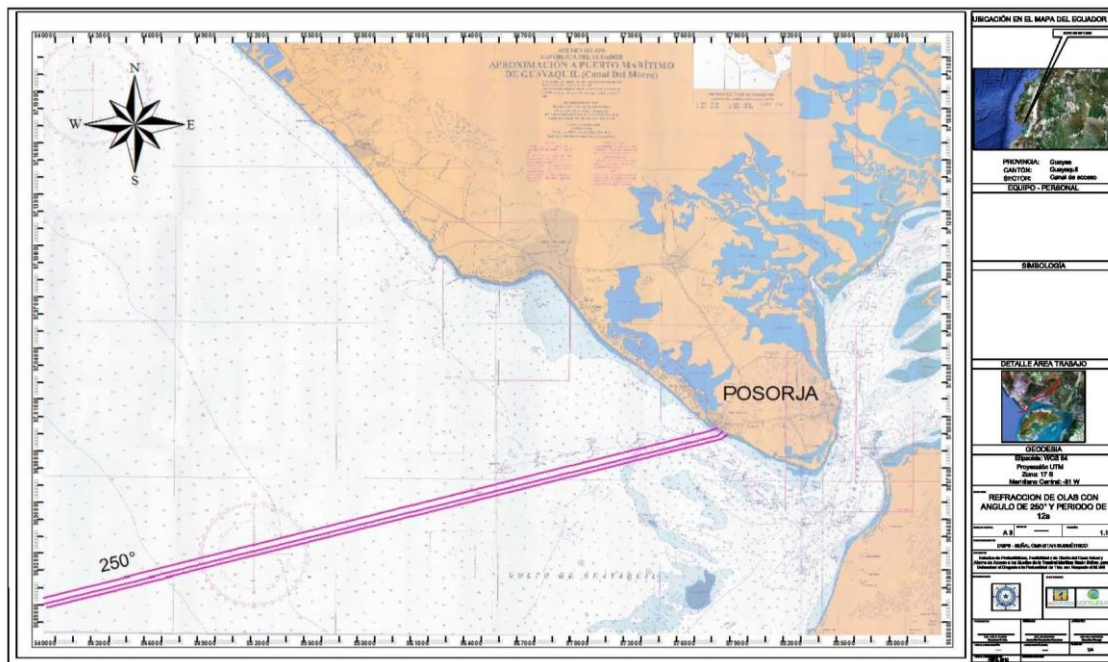
$$H = K_s K_r H_o$$

Los coeficientes K_r varían de acuerdo al ángulo de aproximación de la ola y el período de la misma, mientras que K_s lo hace solamente de acuerdo al período. La profundidad escogida en aguas rasas para acercar la ola desde aguas profundas es de 6 m.

14.4.1.4.2 Resultados

El análisis de refracción en Data de Posorja se hizo basado en datos históricos, datos de campo correspondientes a las dos épocas (noviembre 2011 y enero 2012) y utilizando la carta náutica IOA 1070 del INOCAR, así como períodos y direcciones características de la zona, con lo cual hemos calculado y graficado los diagramas de refracción que corresponden a olas con direcciones del 250° y 270° , y con períodos de 12 y 16 segundos. En las figuras 57, 58, 59 y 60 se muestran los diagramas de refracción correspondientes para estas direcciones y períodos.

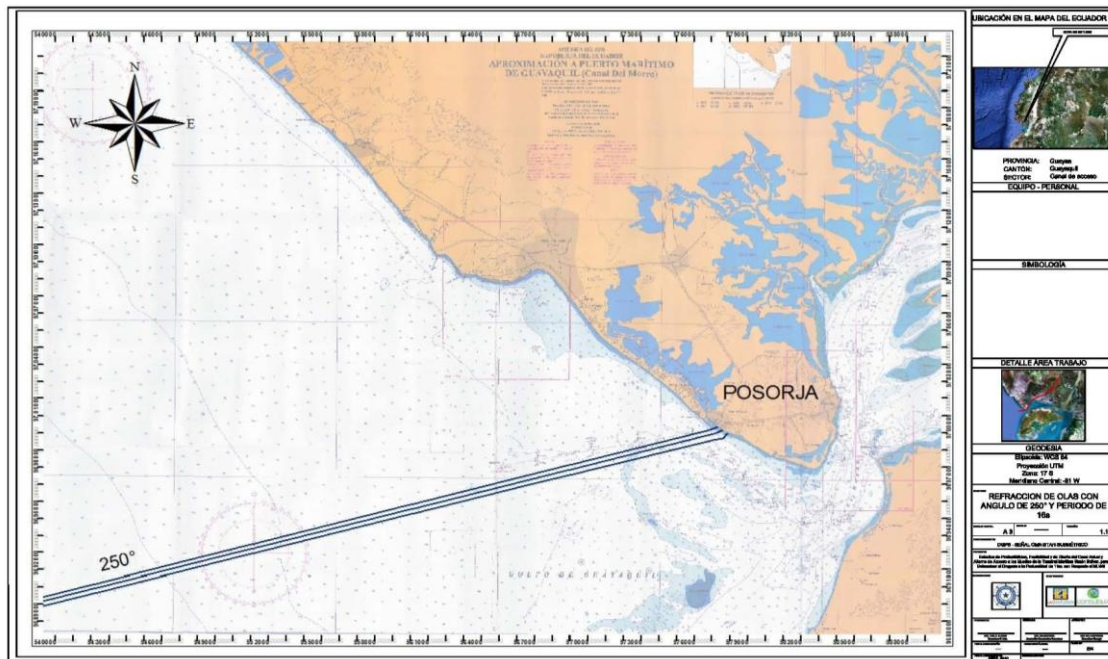
Figura 57. Refracción de los Frentes de Ondas 250° con periodo de 12 s para Data de Posorja



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

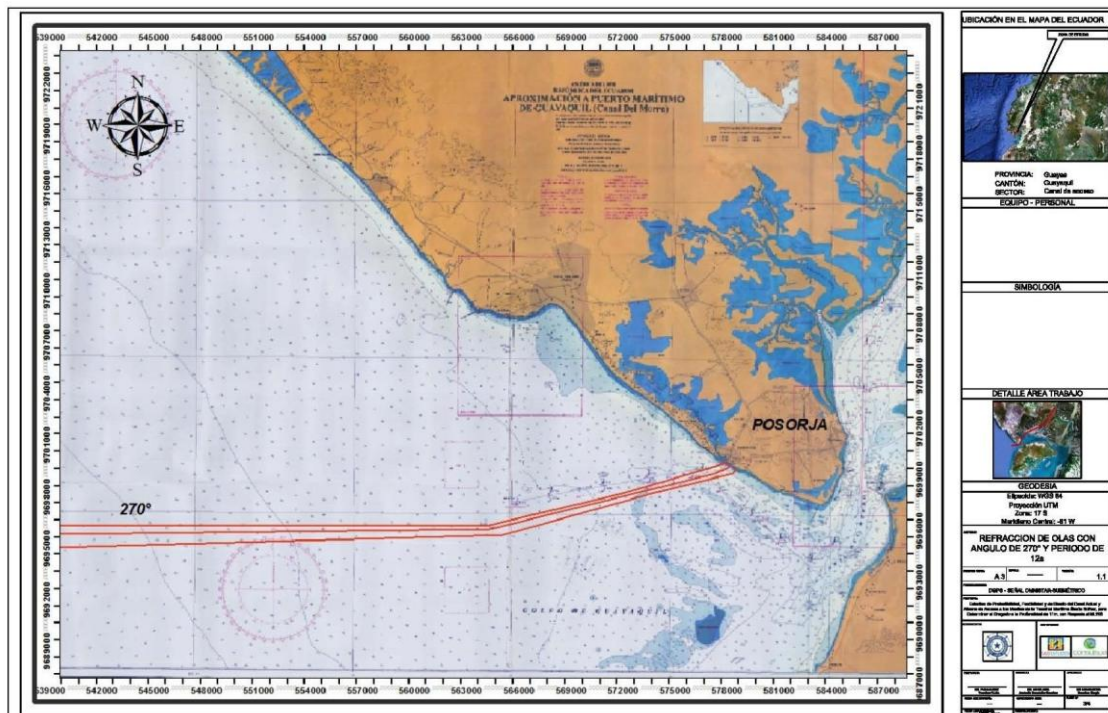
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-53

Figura 58. Refracción de los Frentes de Ondas 250° con periodo de 16 s para Data de Posorja



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

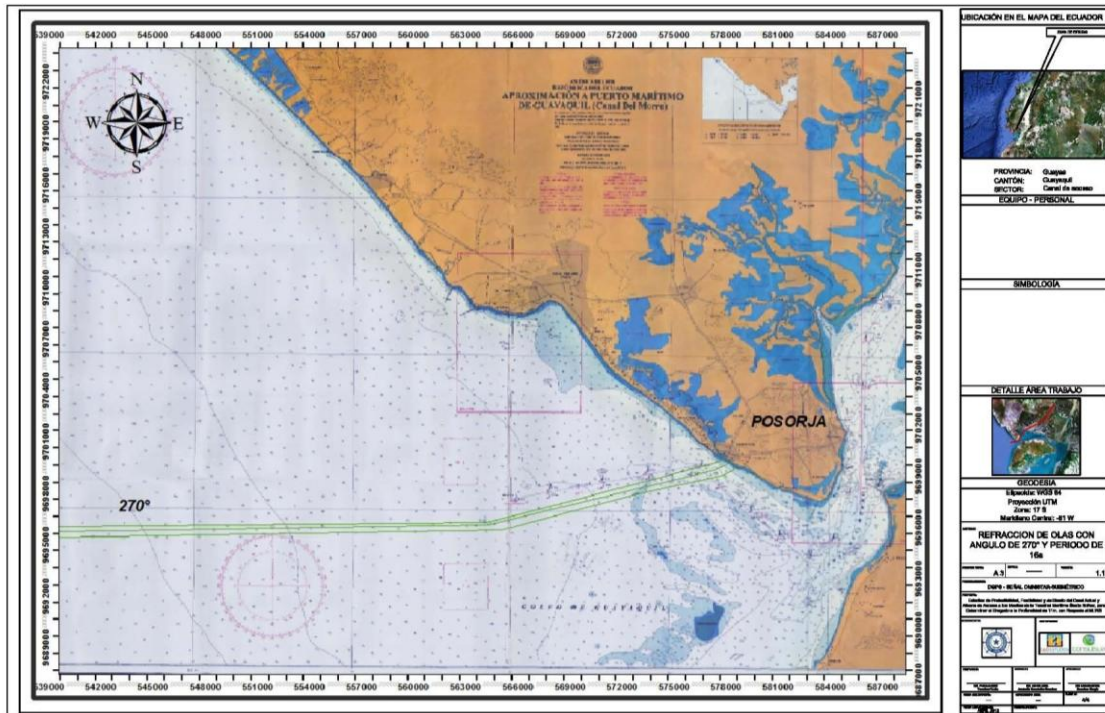
Figura 59. Refracción de los Frentes de Ondas 270° con periodo de 12 s para Data de Posorja



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-54

Figura 60. Refracción de los Frentes de Ondas 270° con periodo de 16 s para Data de Posorja



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

En el área de Data de Posorja por la geomorfología y batimetría que presenta se observa que los rayos provenientes del 250° y 270° son los que mayor ingreso tienen hacia el área de interés. Analizando los diagramas y los coeficientes de refracción se observa de manera general que, la zona costera de Data de Posorja recibe oleaje proveniente del W y SW, influenciado de manera significativa por el efecto de refracción.

Los valores de los coeficientes de refracción (K_r) del sector de estudio se entregan en la siguiente Tabla.

Tabla 7. Coeficientes de refracción para Data de Posorja

Dirección del Oleaje	Periodos	K_r
250	12	0,76
	16	0,67
270	12	0,76
	16	0,75

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Estos coeficientes K_r , permiten cuantificar el fenómeno de la refracción: valores cercanos a la unidad ($k_r=1.0$), indican poca influencia en la modificación de las alturas de olas. Un valor mayor a $k_r=1.0$ indica que las alturas de olas aumentarán, en cambio, un valor menor a $K_r=1.0$ significa que la ola oceánica disminuirá su altura en ese sector. (Fuente: Shore Protection Manual, 1975)

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-55

Con los resultados obtenidos con el método de las ortogonales, se observa que en el área de Data de Posorja las olas tienden a disminuir su altura debido a la batimetría del área. Situación que es evidente en esa área donde el oleaje es medianamente fuerte y durante la tarde tienden a presentarse las mayores alturas.

14.4.2 Mareas

14.4.2.1 Análisis armónico de mareas

Análisis armónico es básicamente la aplicación sucesiva de una serie de “filtros” numéricos a un conjunto de datos ordenados en tiempo. Cada filtro numérico corresponde a la frecuencia (o periodo) de uno de los constituyentes armónicos que se desea aislar de los datos. El filtro deja pasar sin cambio ese constituyente, pero bloquea el resto de los constituyentes.

Los principales componentes “armónicos” de marea lo conforman los movimientos diarios y semidiarios seguidos por la variabilidad quincenal, mensual, semestral y anual. Encontrar las constantes armónicas de marea en un lugar permite predecir las mareas en ese sitio, existen componentes de marea que son de origen astronómico, y otros que incluyen componentes de aguas poco profundas, efectos friccionales del fondo y términos no lineales en las ecuaciones de movimiento, inclusive como componentes de irradiación que se originan por efectos atmosféricos.

Los principales componentes de marea que contribuyen a la marea astronómica se presentan en la Tabla 8. Un análisis armónico perfecto debería generar como marea residual una línea recta; sin embargo, debe considerarse los diferentes factores, que intervienen en aguas poco profundas. Estos factores pueden ser la forma de propagación de la onda en la costa, interacción de la marea con la variación en la topografía; y también, en el caso de grandes estuarios, cambios en la respuesta dinámica debido a variaciones de salinidad y flujo (Wong, 2011).

Tabla 8. Principales componentes de marea

Nombre	Descripción del componente	W (grados/hora solar)
Componentes principales que determinan el tipo de marea		
M2	Lunar Principal semidiurna	28.894
S2	Solar Principal semidiurna	30
N2	Elíptica lunar mayor semidiurna	28.44
K1	Lunisolar declinacional diurna	15.041
O1	Lunar declinacional diurna	13.943
Componentes para aguas someras		
M4	Primer overtide de M2	28.894 x 2
M6	Segundo overtide de M2	28.894 x 3
S4	Primer overtide de S2	30.000 x 2
MS4	Marea compuesta de M2 y S2	28.894 + 30.000
Otras componentes de marea, no descritas en la presente tabla, son el resultado de las combinaciones de dos o más componentes principales.		
Fuente: http://web.vims.edu/physical/research/TCTutorial/tideanalysis.htm		

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-56

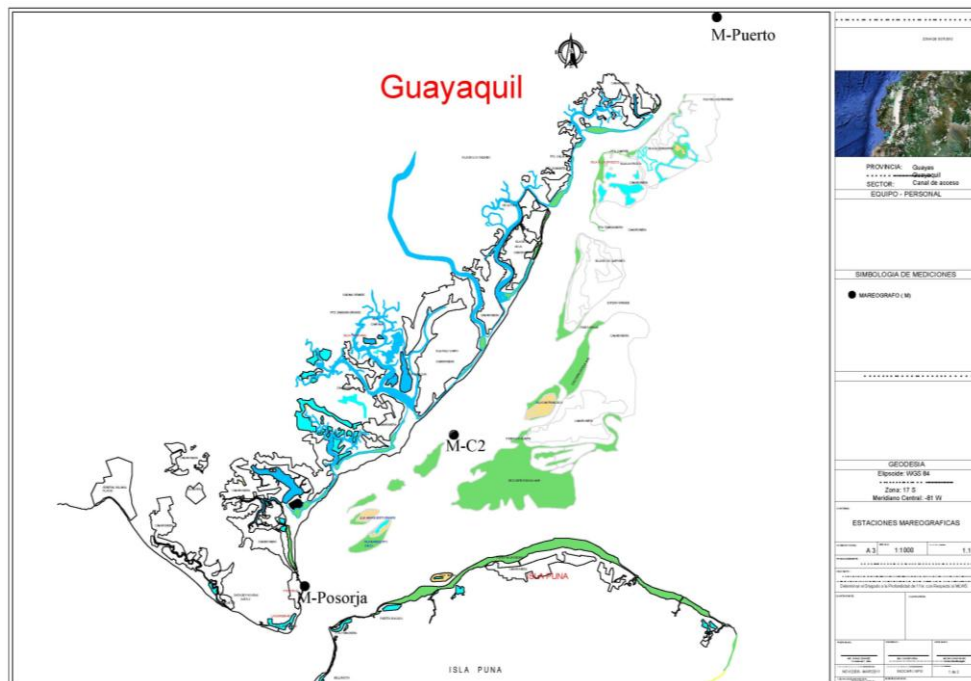
Se cuenta con registro horario de altura de marea que va desde el 26 Dic/11 al 26 Ene/12, periodo que corresponde a la época húmeda; esta información fue obtenida de estaciones mareográficas ubicadas a lo largo del canal, las mismas que encontraban en los sectores: Posorja (desembocadura), Enfilada C2 (a la mitad del canal) y Puerto de Guayaquil, como se observa en la siguiente tabla y figura.

Tabla 9. Estaciones Mareógrafos

Estación	Tipo de Mareógrafo	Ubicación	Coordenadas x; y (m) (WGS 84)	
Posorja	TGR 1050 (RBR)	Muelle Discolda	584121,062	9701194,098
Enfilada C2	TGR 2050 (RBR)	Enfilada C2	597479,2	9'714093,6
Guayaquil	Valenport	Puerto de Guayaquil	621540,9	9'748297,6

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 61. Ubicación de Estaciones Mareográficas



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

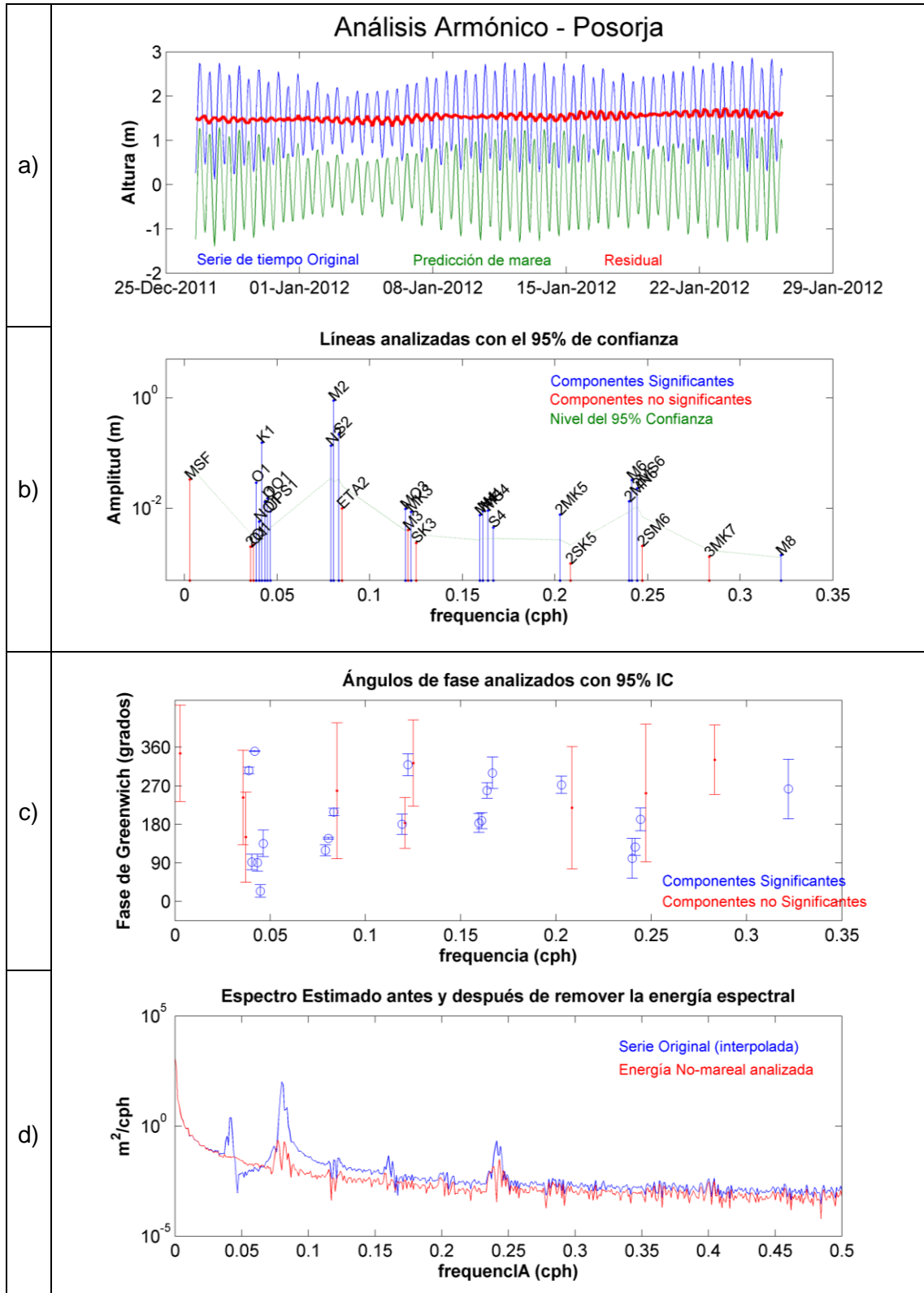
Para encontrar las componentes armónicas presentes con su respectiva amplitud y fase se empleó la función `t_tide` de la librería de Matlab. Al correr la mencionada rutina se obtuvieron gráficos para el pronóstico de marea y la marea residual; además se obtuvieron los gráficos correspondientes a las amplitudes de los componentes armónicos y sus respectivos ángulos de fase, por último se generó también un espectro del registro de marea (Figuras 62-64).

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-57

14.4.2.2 Resultados

14.4.2.2.1 Posorja

Figura 62. Análisis armónico de mareas de Posorja



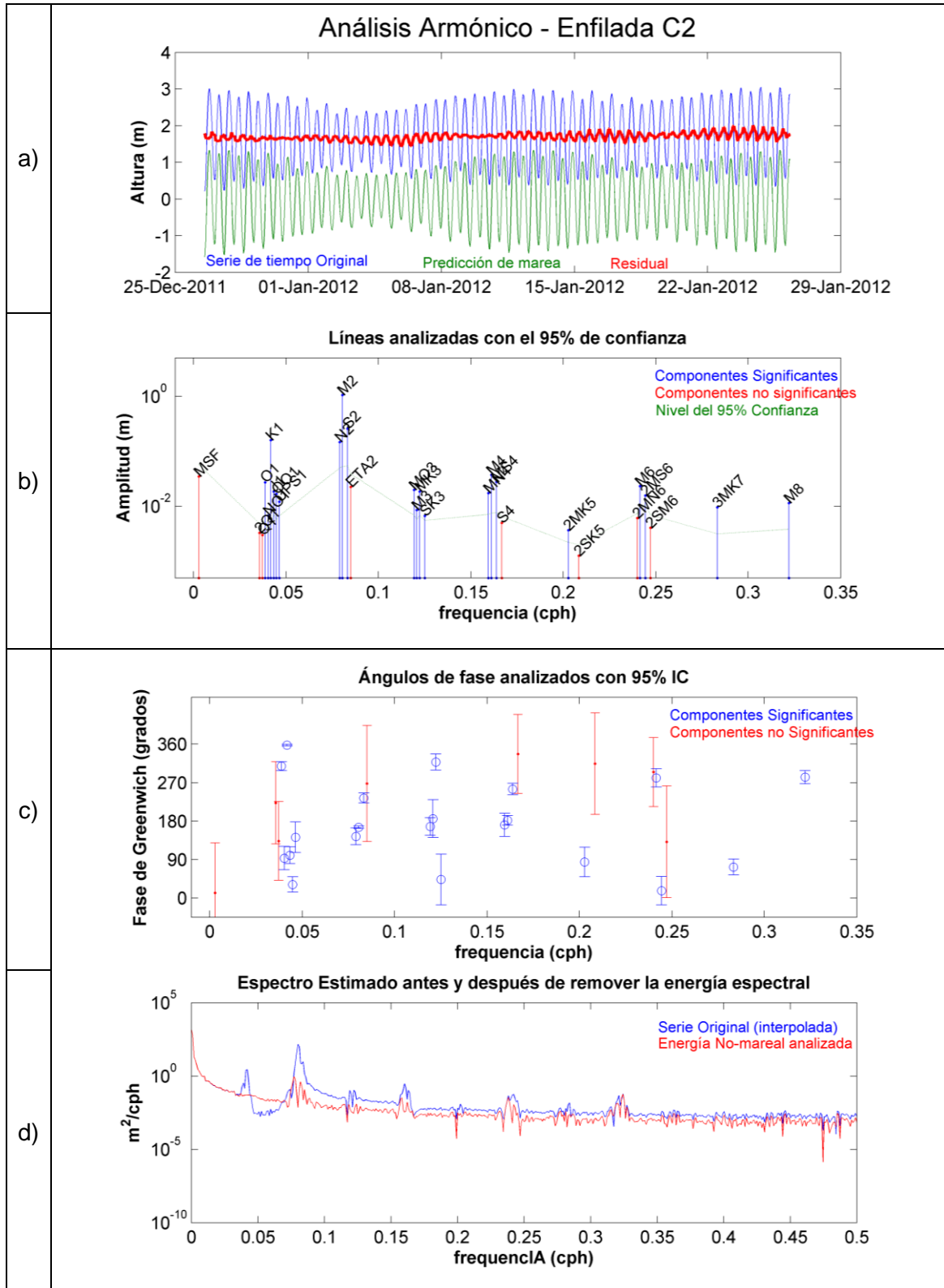
*IC= Intervalo de Confianza

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-58

14.4.2.2 Enfilada C2

Figura 63. Análisis armónico de mareas de la enfilada C2



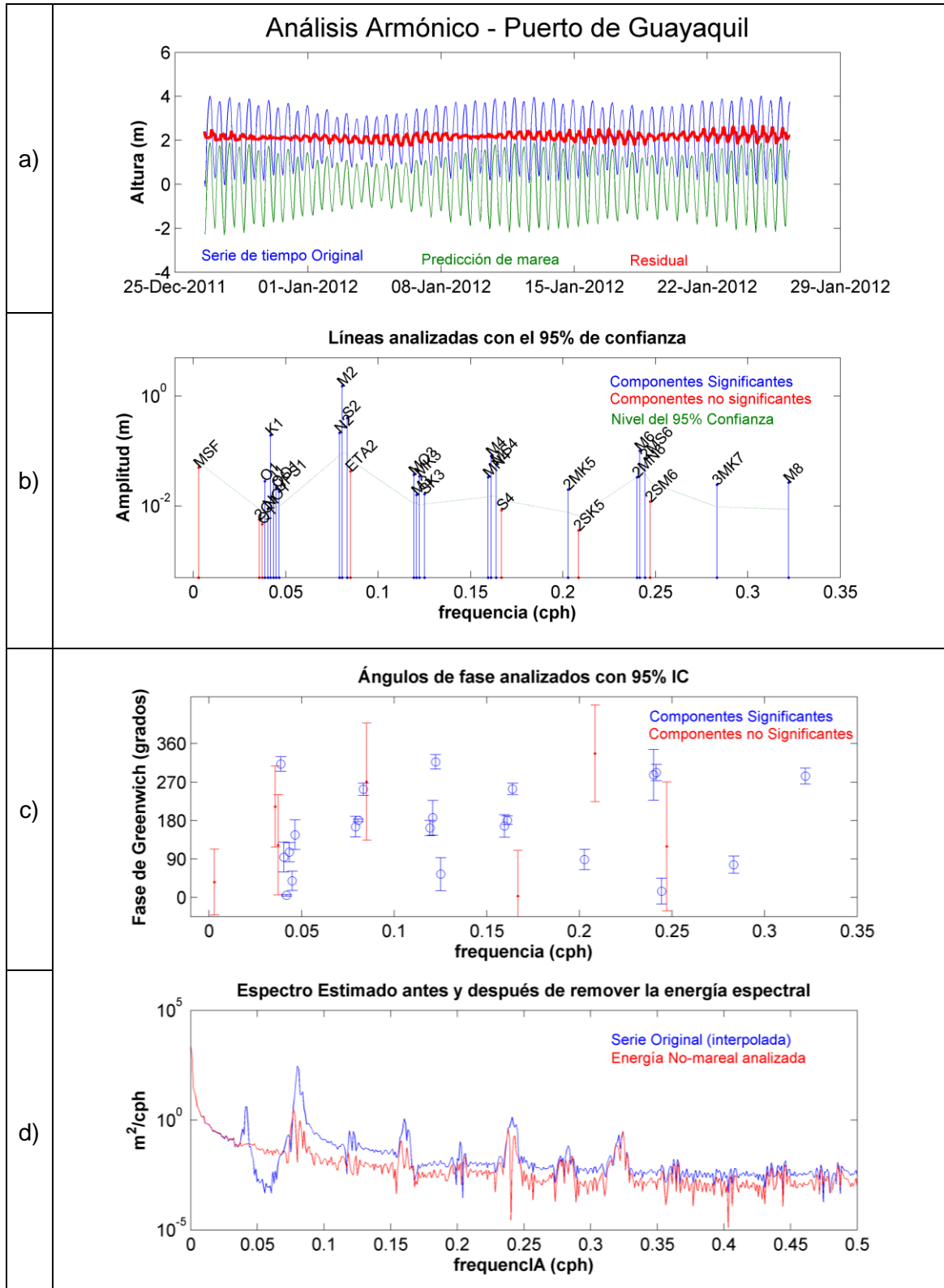
*IC= Intervalo de Confianza

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-59

14.4.2.2.3 Guayaquil

Figura 64. Análisis armónico de mareas del Puerto de Guayaquil



*IC= Intervalo de Confianza

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-60



Del análisis armónico realizado con la función t_tide , con un nivel de confianza del 95%, se obtuvieron 29 componentes para las 3 estaciones de los cuales 22, 21 y 20 componentes fueron significativos para Pto. Guayaquil, Enfilada y Posorja respectivamente, para que un componente armónico sea considerado significativo debe tener un valor de SNR mayor a 1; el SNR es la relación al cuadrado entre la amplitud y el error de amplitud.

En las Figuras 62-64, literal a), como resultado de la intervención de los factores no-astronómicos que intervienen en los estuarios y zonas costeras, se observa que la marea residual presenta una ligera variación y no es una línea recta según lo mencionado en la teoría de análisis armónico, esto indicaría que existe un desfase entre la serie original y la predicha debido a la influencia de factores locales.

En las Figura 62-64, literales b) y c), se puede ver la representación gráfica del análisis armónico calculado para todas las estaciones. La frecuencia de oscilación significativa que presenta mayor amplitud para las cuatro estaciones es 0.0805114 cph (periodo de 12h 25min), y corresponde a M2 que es la componente Lunar principal semidiurna, con una amplitud entre 0.89 y 1.5 metros y ángulo de fase entre 147 y 180 grados. Luego se tienen las frecuencias 0.0833333, 0.0789992 y 0.0417807 cph (periodos de 12h00, 12h 40min y 23h 56min respectivamente) que corresponden a los armónicos S2, N2 y K1 que corresponden a Solar principal semidiurna, Elíptica Lunar mayor semidiurna y Lunisolar declinacional diurna respectivamente; con amplitudes entre 0.14 y 0.4 metros, los ángulos de fase para estos armónicos varían entre 119 y 253 grados y un par de excepciones de 5 y 350 grados aproximadamente. En la tabla 10, se encuentran el listado de las 29 componentes armónicas obtenidas del registro de marea de las estaciones.

En los gráficos del espectro para cada estación (Figura 62-64, literal d)) se observa que, para las tres estaciones, las frecuencias que presentan una mayor densidad espectral corresponden a M2 y K1 que son las componente Lunar principal semidiurna y Lunisolar declinacional diurna respectivamente. Una mayor densidad espectral indicaría que dichas componentes son las más frecuentes de las series. Des estas dos componentes, la M2 que es semidiurna es la que gobierna el tipo de marea en el estuario; tal como era de esperarse, se tienen dos pleamares y dos bajares en casi 25 horas.

Tabla 10. Componente armónico de Posorja

COMPONENTES ARMÓNICOS DE POSORJA	
date: 12-Apr-2012	
nobs = 740, ngood = 739, record length (days) = 30.83	
start time: 26-Dec-2011 13:18:00	
rayleigh criterion = 1.0	
Greenwich phase computed with nodal corrections applied to amplitude \ln and phase relative to center time	
x0= 1.53, x trend= 0	
var(x)= 0.46961 var(xp)= 0.4636 var(xres)= 0.0054667	
percent var predicted/var original= 98.7 %	
tidal amplitude and phase with 95% CI estimates	

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-61



tide ²	freq ³	amp ⁴	amp_err ⁵	pha ⁶	pha_err ⁷	snr ⁸
MSF	0.0028219	0.0333	0.065	346	131.88	0.26
2Q1	0.0357064	0.002	0.003	242.54	115.32	0.45
Q1	0.0372185	0.0022	0.003	150.04	110.53	0.44
*O1	0.0387307	0.0291	0.003	305.83	7.07	78
*NO1	0.0402686	0.0057	0.002	91.9	19.28	8.8
*K1	0.0417807	0.1535	0.003	350.83	1.27	2.20E+03
*J1	0.0432929	0.0131	0.005	90.38	20.35	7.8
*OO1	0.0448308	0.0151	0.003	24.03	14.76	20
*UPS1	0.046343	0.0089	0.005	135.33	28.54	3.6
*N2	0.0789992	0.1355	0.033	119.23	13.5	17
*M2	0.0805114	0.8895	0.034	147.19	1.78	6.70E+02
*S2	0.0833333	0.2191	0.029	208.84	7.25	59
ETA2	0.0850736	0.0101	0.022	258.27	160.66	0.21
*MO3	0.1192421	0.0098	0.004	180.2	26.63	5.9
*M3	0.1207671	0.0041	0.004	183.41	58.39	1.2
*MK3	0.1222921	0.0086	0.004	319.1	28	4.3
SK3	0.1251141	0.0024	0.003	323.26	98.91	0.46
*MN4	0.1595106	0.0076	0.003	182.98	21.25	7.4
*M4	0.1610228	0.009	0.003	188.3	18.56	11
*MS4	0.1638447	0.0092	0.003	259.19	16.23	13
*S4	0.1666667	0.0045	0.003	300.2	33.04	2.7
*2MK5	0.2028035	0.0077	0.003	272.15	17.55	8.1
2SK5	0.2084474	0.001	0.002	218.84	147.97	0.24
*2MN6	0.2400221	0.0134	0.009	100.67	44.68	2
*M6	0.2415342	0.0328	0.01	127.23	19.77	11
*2MS6	0.2443561	0.0229	0.012	191.48	28.47	3.8
2SM6	0.2471781	0.0021	0.007	252.78	200.96	0.084
3MK7	0.2833149	0.0013	0.002	330.77	89.71	0.69
M8	0.3220456	0.0014	0.002	262.66	65.5	0.77

Nota: * = componentes Significativos

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

² Marea

³ Frecuencia

⁴ Amplitud

⁵ Error en la amplitud

⁶ Ángulo

⁷ Error en ángulo

⁸ "relación señal / ruido de la fuente" (signal-to-noise power ratio)

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-62



Tabla 11. Componente armónico de Enfilada C2

COMPONENTES ARMÓNICOS ENFILADA C2

date: 12-Apr-2012
 nobs = 740, ngood = 739, record length (days) = 30.83
 start time: 26-Dec-2011 13:18:00
 rayleigh criterion = 1.0
 Greenwich phase computed with nodal corrections applied to amplitude \ln and phase relative to center time
 $x_0 = 1.7$, x trend = 0
 $\text{var}(x) = 0.64806$ $\text{var}(xp) = 0.63739$ $\text{var}(xres) = 0.0089416$
 percent var predicted/var original = 98.4 %

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
MSF	0.0028219	0.0348	0.057	12.16	116.82	0.37
2Q1	0.0357064	0.0033	0.005	222.38	96.16	0.45
Q1	0.0372185	0.003	0.005	133.48	92.17	0.32
*O1	0.0387307	0.0272	0.005	308.54	10.53	26
*NO1	0.0402686	0.0067	0.003	93.26	27.25	4.2
*K1	0.0417807	0.16	0.005	357.63	1.79	1.00E+03
*J1	0.0432929	0.0185	0.007	100.02	19.82	6.7
*OO1	0.0448308	0.0168	0.006	31.7	18.01	8.9
*UPS1	0.046343	0.0121	0.007	142.13	35.94	3.2
*N2	0.0789992	0.1469	0.05	144.06	19.87	8.8
*M2	0.0805114	1.048	0.053	165.56	2.83	3.90E+02
*S2	0.0833333	0.2586	0.054	234.19	11.4	23
ETA2	0.0850736	0.0225	0.039	267.78	135.59	0.34
*MO3	0.1192421	0.02	0.007	167.25	21.02	8.5
*M3	0.1207671	0.0085	0.006	185.67	44.3	2.1
*MK3	0.1222921	0.0185	0.007	318.1	19.03	7.4
*SK3	0.1251141	0.0066	0.006	43.22	59.36	1.4
*MN4	0.1595106	0.0173	0.007	170.96	26.98	5.9
*M4	0.1610228	0.0375	0.008	181.64	11.25	25
*MS4	0.1638447	0.0277	0.008	254.77	13.47	13
S4	0.1666667	0.005	0.007	336.97	92.22	0.57
*2MK5	0.2028035	0.0037	0.002	84.23	34.65	2.8
2SK5	0.2084474	0.0013	0.002	314.6	118.89	0.4
2MN6	0.2400221	0.0061	0.007	294.71	80.8	0.68
*M6	0.2415342	0.0233	0.01	281.25	21.36	5.6
*2MS6	0.2443561	0.0158	0.011	17.14	33.24	2.2
2SM6	0.2471781	0.0041	0.007	131.39	130.79	0.34
*3MK7	0.2833149	0.0096	0.003	72.53	18.43	9.2
*M8	0.3220456	0.0114	0.004	282.7	15.3	8.9

Nota: * = componentes Significativos

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-63



Tabla 12. Componente armónico del Puerto de Guayaquil
COMPONETES ARMÓNICOS PUERTO DE GUAYAQUIL

date: 12-Apr-2012
 nobs = 740, ngood = 739, record length (days) = 30.83
 start time: 26-Dec-2011 13:18:00
 rayleigh criterion = 1.0
 Greenwich phase computed with nodal corrections applied to amplitude \ln and phase relative to center time
 $x_0 = 2.15$, x trend = 0
 $\text{var}(x) = 1.3646$ $\text{var}(xp) = 1.3339$ $\text{var}(xres) = 0.024824$
 percent var predicted/var original = 97.7 %

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates						
tide	freq	Amp	amp_err	Pha	pha_err	snr
MSF	0.0028219	0.0502	0.062	35.86	77.19	0.66
2Q1	0.0357064	0.0056	0.009	212.52	94.93	0.41
Q1	0.0372185	0.0047	0.007	122.89	117.37	0.43
*O1	0.0387307	0.0281	0.009	312.4	17	11
*NO1	0.0402686	0.009	0.006	94.47	34.74	2.3
*K1	0.0417807	0.1919	0.009	5.1	2.03	4.40E+02
*J1	0.0432929	0.0286	0.011	106.09	22.4	6.6
*OO1	0.0448308	0.0215	0.009	39.1	22.55	5.6
*UPS1	0.046343	0.0182	0.01	146.68	34.71	3.5
*N2	0.0789992	0.2131	0.082	165.61	24.33	6.8
*M2	0.0805114	1.5093	0.092	180.35	3.35	2.70E+02
*S2	0.0833333	0.3957	0.091	253.21	14.12	19
ETA2	0.0850736	0.0426	0.068	270.85	137.22	0.39
*MO3	0.1192421	0.037	0.011	162.58	18.09	11
*M3	0.1207671	0.0158	0.012	186.47	40.37	1.8
*MK3	0.1222921	0.0345	0.01	317.76	17.03	12
*SK3	0.1251141	0.0164	0.011	54.55	38.66	2.3
*MN4	0.1595106	0.0332	0.015	167.22	26.15	5.1
*M4	0.1610228	0.0815	0.015	180.64	10.02	29
*MS4	0.1638447	0.0568	0.015	253.79	13.28	14
S4	0.1666667	0.0084	0.013	3.16	106.71	0.43
*2MK5	0.2028035	0.0198	0.008	88.46	23.86	6.7
2SK5	0.2084474	0.0036	0.007	337.16	112.8	0.3
*2MN6	0.2400221	0.0334	0.033	287.06	59.24	1
*M6	0.2415342	0.1006	0.034	292.56	18.81	8.5
*2MS6	0.2443561	0.0708	0.038	14.63	30.35	3.4
2SM6	0.2471781	0.0119	0.027	119.54	150.96	0.2
*3MK7	0.2833149	0.0244	0.01	76.79	20.02	6.4
*M8	0.3220456	0.0267	0.009	284.14	18.64	9.4

Nota: * = componentes Significativos

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-64

14.4.3 Estudio de Dinámica Litoral

14.4.3.1 Corriente Litoral

El rompimiento de las olas en forma oblicua a la línea de costa es la principal fuerza generadora de las llamadas corrientes litorales, las cuales a su vez provocan el transporte del sedimento entre la zona de rompiente y la línea de playa; esto representa un importante papel en el diseño geomorfológico de la línea de costa.

Las corrientes litorales constituyen el principal agente formador y destructor de playas, las cuales se producen cuando las olas se aproximan a la costa formando un ángulo, y son un factor principal en la dirección y magnitud del movimiento de sedimentos. (Sánchez 1978). Esta corriente fluye paralela a la línea de costa y está restringida a la zona entre la rompiente y la línea de costa y aunque es de velocidades bajas, (Shore Protection Manual 1984) es muy importante en los procesos costeros al viajar a lo largo de la costa, transportando sedimento levantado por las rompientes.

14.4.3.1.1 Medición de Corriente Litoral en Data de Posorja

Las mediciones de corrientes litorales se realizaron en las mismas tres estaciones oceanográficas mencionadas anteriormente.

Para medir corrientes litorales se utilizó una botella flotadora que se colocaba en la zona de rompiente, dejándola recorrer una distancia medida a lo largo de la playa, y midiendo el tiempo de recorrido con la ayuda de un cronómetro. Las observaciones se las efectuaba cada hora, simultáneamente con las de olas rompientes, durante varias horas del día, y los datos fueron anotados en las planillas preparadas para este propósito. Esta metodología ha sido utilizada para estudios previos en varias playas del país (Sánchez 1978).

La dirección fue establecida con relación al observador mirando al mar, hacia la derecha el este y hacia la izquierda el oeste.

	
<p>Lanzamiento de botella derivadora para mediciones de corriente litoral</p>	<p>Deriva de flotador para medir corriente litoral</p>

14.4.3.1.2 Resultados Época Seca

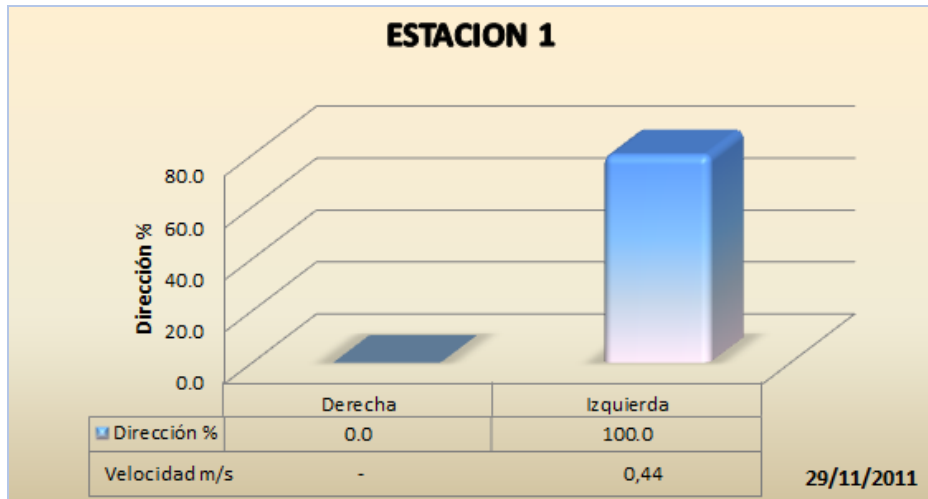
Estación Oceanográfica 1

La Asociación Geoestudios Consulsua realizó mediciones de corriente litoral durante 5 horas en la estación oceanográfica 1, donde se observó que la corriente litoral tiende a

<p>Autoridad Portuaria de Guayaquil</p>	<p>Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.</p>	<p>Revisión: 1</p>	<p>Página</p>
<p>Asociación Geoestudios – Consulsua</p>	<p>Contrato No. 41 – 2011</p>	<p>Fecha: Mayo 2012</p>	<p>14-65</p>

dirigirse hacia la izquierda es decir hacia la Punta de Posorja con mira al mar, con velocidad de corriente litoral de 0,44 m/s.

Figura 65. Corriente litoral, Data de Posorja / EO1



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Estación Oceanográfica 2

Las mediciones realizadas en esta estación muestran que la corriente litoral tiende a dirigirse netamente hacia la izquierda con una velocidad de 0,36 m, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 66. Corriente litoral, Data de Posorja / EO2



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Estación Oceanográfica 3

La corriente litoral en la EO3 se mostró con dirección hacia la izquierda teniendo como referencia con mira al mar, con una velocidad de 0,40m, como se observa en la siguiente figura.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-66

Figura 67. Corriente litoral, Data de Posorja / EO3



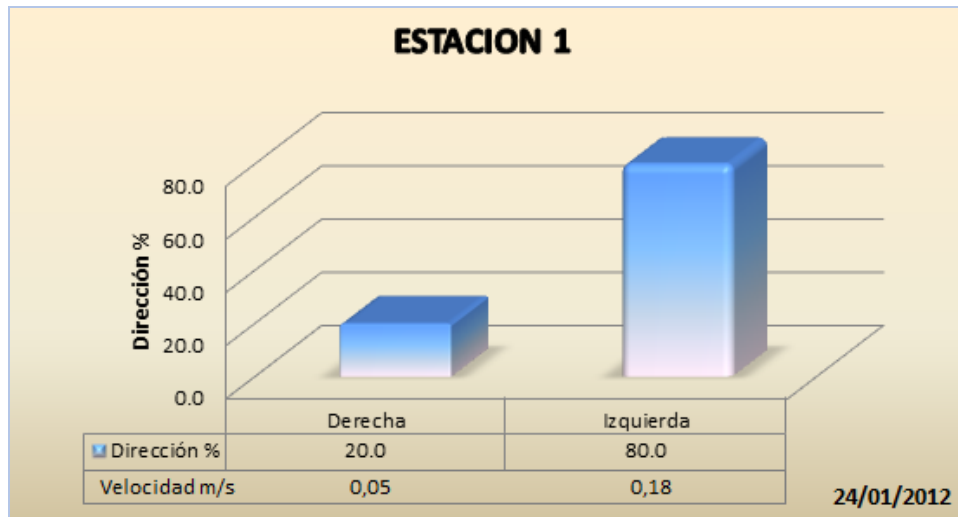
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

14.4.3.1.3 Resultados Época Húmeda

Estación Oceanográfica 1

La velocidad de la corriente litoral para esta campaña se mostró menor en comparación con la primera campaña de medición, teniendo una velocidad de 0,18 m hacia la izquierda, teniendo que se presentó una velocidad con dirección hacia la derecha de 0,05 m, siendo muy pequeña en comparación con la de la izquierda. En la siguiente figura se muestra este comportamiento.

Figura 68. Corriente litoral, Data de Posorja / EO1



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Estación Oceanográfica 2

Para la estación oceanográfica 2 se registró una velocidad de corriente litoral de 0,18 con direccionamiento netamente hacia la izquierda, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 69. Corriente litoral, Data de Posorja / EO2

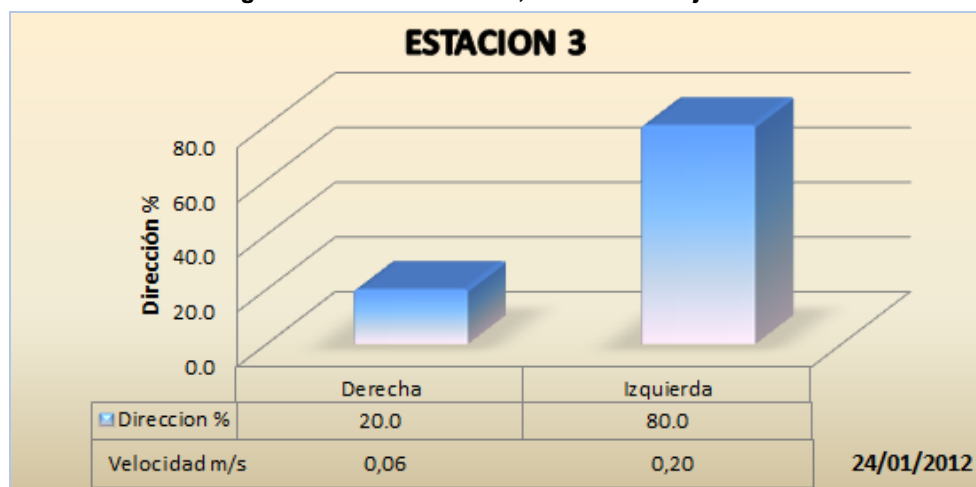


Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Estación Oceanográfica 3

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en la segunda campaña, muestran velocidades menores en comparación con la primera campaña, teniendo una velocidad de 0,20 m con dirección hacia la izquierda, en la siguiente figura se muestra la velocidad de la corriente litoral.

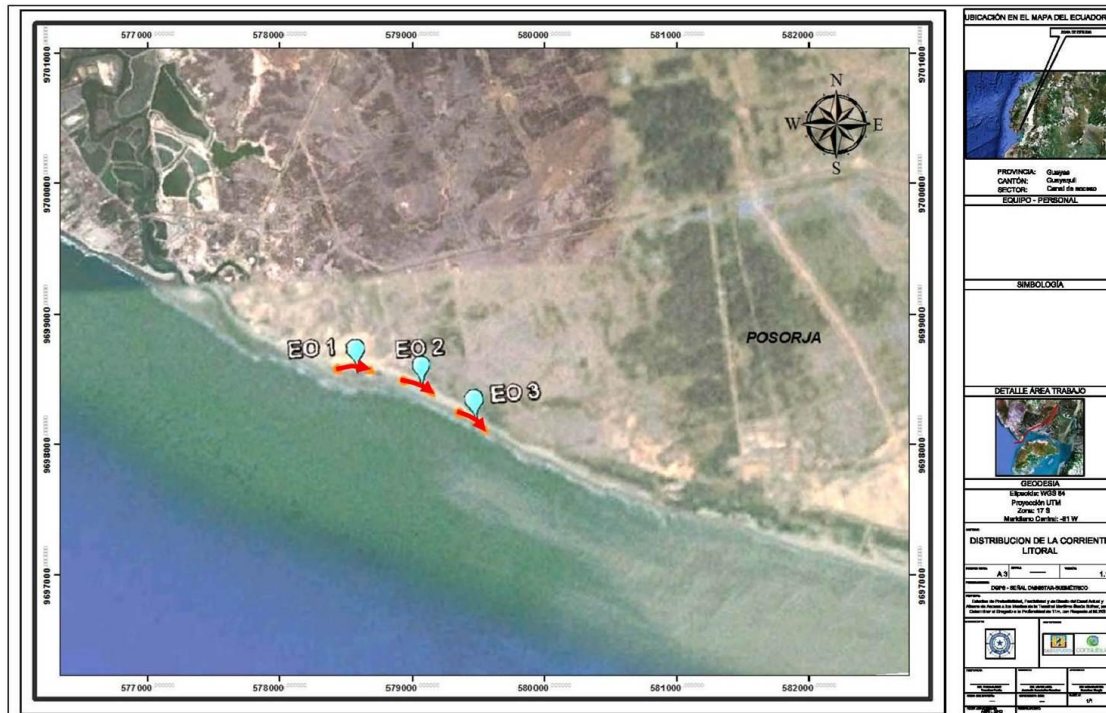
Figura 70. Corriente litoral, Data de Posorja / EO3



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

En todas las estaciones oceanográficas de tierra distribuidas a lo largo de la playa de Data de Posorja se observa que la tendencia general de la corriente litoral es hacia la izquierda de la playa con mira al mar, es decir la corriente litoral tiende a desplazarse hacia el sector conocido como la punta de Posorja.

Figura 71. Corriente Litoral en el área de Data de Posorja



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

14.4.3.2 Transporte de sedimentos

Se denomina transporte de sedimentos al movimiento de partículas en las zonas costeras producido por olas y corrientes (Shore Protection Manual, 1984), se lo ha clasificado de dos formas: transporte perpendicular y transporte paralelo a la línea de costa. En la zona de rompientes gran cantidad de sedimento, sea de fondo o en suspensión, es transportado por la acción de olas y de corrientes litorales; sin embargo, el mecanismo del transporte neto del sedimento no se conoce absolutamente. La acción de las olas sobre la zona litoral es la principal causante de la mayoría de los cambios físicos. Las características del oleaje en un área determinada, dependen de las condiciones del viento del lugar donde han sido generadas y de las condiciones batimétricas del área en estudio, pues se conoce que las olas pueden ser generadas por vientos lejanos o locales. La acción del oleaje, sobre las playas, provoca en mayor o menor medida el movimiento de los sedimentos de un lugar a otro. Las olas que provocan el transporte de sedimentos se las conoce como olas rompientes, las cuales poseen características totalmente diferentes a su estado antes de la ruptura.

La distribución del sedimento se relaciona con los procesos de erosión y depositación, la dirección predominante del transporte también se puede deducir a partir de la distribución del tamaño de los sedimentos a lo largo de la línea de costa, la dirección de la velocidad de la corriente litoral suele ser desde lugares donde el tamaño de los sedimentos es mayor hacia aquellos donde es menor.

14.4.3.2.1 Transporte de arena

El movimiento de arena es un proceso dinámico que puede variar con las condiciones en un momento dado. El desarrollo de una playa o de costa dependerá del equilibrio entre la arena que se desplaza hacia adentro de la zona en cuestión (las fuentes) y la arena que se desplaza hacia fuera (sumideros) en el transcurso del tiempo. Si es más

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-69

la arena removida en una playa que la recibida, la playa decrecerá. Estos cambios pueden ocurrir en las escalas de tiempo de días, estaciones o años.

Los tres principales modos de transporte de arena en la playa hacia dentro o hacia fuera de una determinada sección de la playa son los siguientes:

- **Transporte Longshore:** donde las olas suelen acercarse oblicuamente a la costa movilizándolo y transportando la arena paralelo a la costa con la corriente costera.
- **Transporte Cross-shore:** donde la arena se mueve en tierra o en el mar en respuesta al estado local de las olas.
- **Transporte Eólico:** se refiere al movimiento de arena debido al viento.

Cada uno de estos mecanismos puede considerarse fuentes para una determinada sección de la playa, en caso de que muevan sedimentos a la playa, o si ellos remueven sedimentos de la playa. De estos mecanismos, el transporte longshore es el mecanismo dominante de transporte de arena en la playa y la importancia de su estudio se debe al impacto que se origina cuando se produce una interrupción del mecanismo debido a la presencia de obras costeras.

El transporte longshore ocurre cuando la arena es movilizada por la acción de movimiento de olas en una dirección de costa paralelo con las corrientes generadas en la zona de litoral. Estas corrientes litorales son generadas por las olas que se aproximan oblicuamente a la línea de costa y transportan arena a lo largo de la misma.

El movimiento de las partículas en la zona llamada "offshore", oscila hacia atrás y hacia adelante a medida que las olas se van propagando. Este movimiento oscilatorio provoca el levantamiento del sedimento del fondo, y cuando aquel se invierte, se forma un remolino que agita el sedimento en suspensión, asentándose este a continuación para ser inmediatamente levantado de nuevo por la acción de la siguiente ola.

La magnitud y la dirección del transporte varían con la energía y la dirección del campo de ola. Aproximaciones de olas con alta energía con sus crestas con un ángulo grande con la línea de costa moverán la arena de playa en una mayor relación que las olas pequeñas con sus crestas paralelas a la línea de costa.

	
<p>Visualización de crestas de olas acercándose a la costa</p>	<p>Observación de la rompiente de la ola</p>

14.4.3.2 Tomas de muestras de sedimentos

Las muestras se las tomó durante la bajamar, en tres secciones: baja, media y alta. Para posteriormente ser enviadas a un laboratorio para el análisis granulométrico. En las siguientes fotografías se muestra la recolección de muestras de arena realizadas durante las campañas de la época seca y húmeda.

<p>Recolección de muestra de arena a nivel de alta – Época Seca</p>	<p>Toma de muestra de sedimento a nivel medio – Época Seca</p>
<p>Muestra de arena tomado en EO 2 a nivel alto – Época Seca</p>	<p>Muestra de arena correspondiente a la EO 2 a altura media – Época Seca</p>
<p>Recolección de muestra de arena a nivel bajo – Época Húmeda</p>	<p>Llenado de muestra de arena a nivel medio – Época Húmeda</p>



Toma de muestra de arena a nivel de alta Muestras de arena recogida a tres niveles en la EO 2 – Época Húmeda

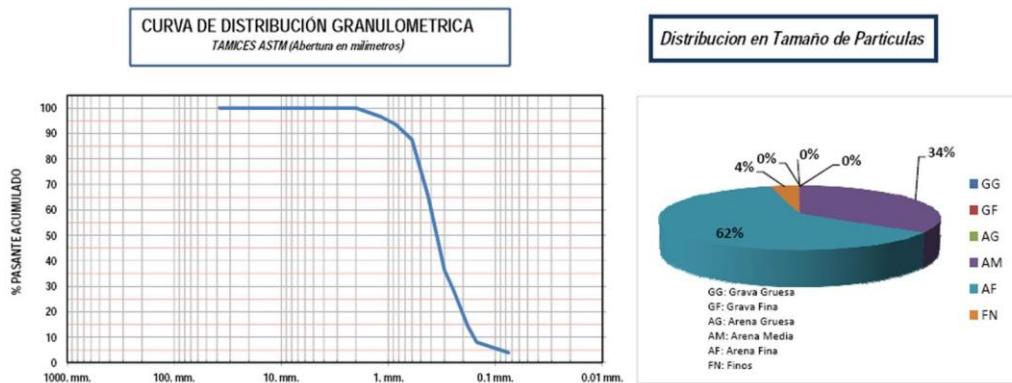
Época Seca

El análisis granulométrico realizado para las estaciones ubicadas en Data de Posorja, durante la época seca concluye que la arena presente en estas estaciones están básicamente conformadas de arena fina, teniendo que a nivel de baja se encuentran porcentajes menores en comparación con los obtenidos para la alta. Esto se puede observar en el Informe de laboratorio en el Anexo E.

Granulometría Estación Oceanográfica 1

Para la EO1, se encuentra un 61,55% de arena fina a nivel de baja, mientras en la media se registra un porcentaje de 87,29% y en la alta un valor de 93,48%, en las siguientes figuras se muestra la distribución en tamaño de partículas.

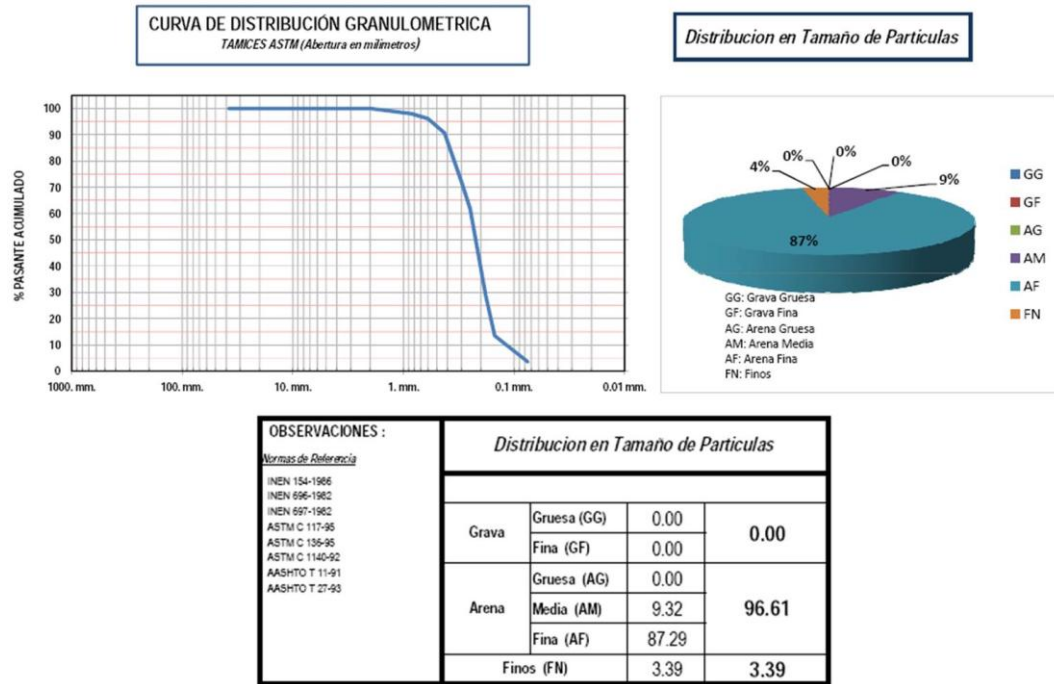
Figura 72. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca



OBSERVACIONES :		Distribución en Tamaño de Partículas	
Normas de Referencia INEN 154-1996 INEN 696-1992 INEN 697-1992 ASTM C 117-96 ASTM C 136-96 ASTM C 1140-92 AASHTO T 11-91 AASHTO T 27-93		Grava	0.00
		Gruesa (GG)	0.00
		Fina (GF)	0.00
		0.00	
		Arena	96.10
		Gruesa (AG)	0.00
		Media (AM)	34.55
		Fina (AF)	61.55
		96.10	
		Finos (FN)	3.90
		3.90	

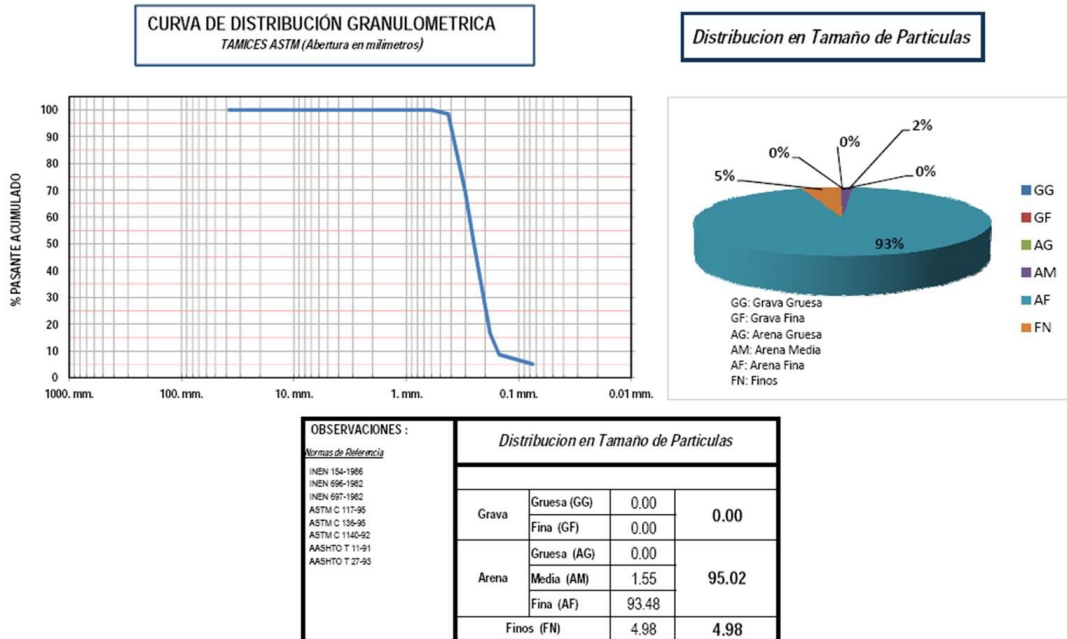
Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 73. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca



Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 74. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca



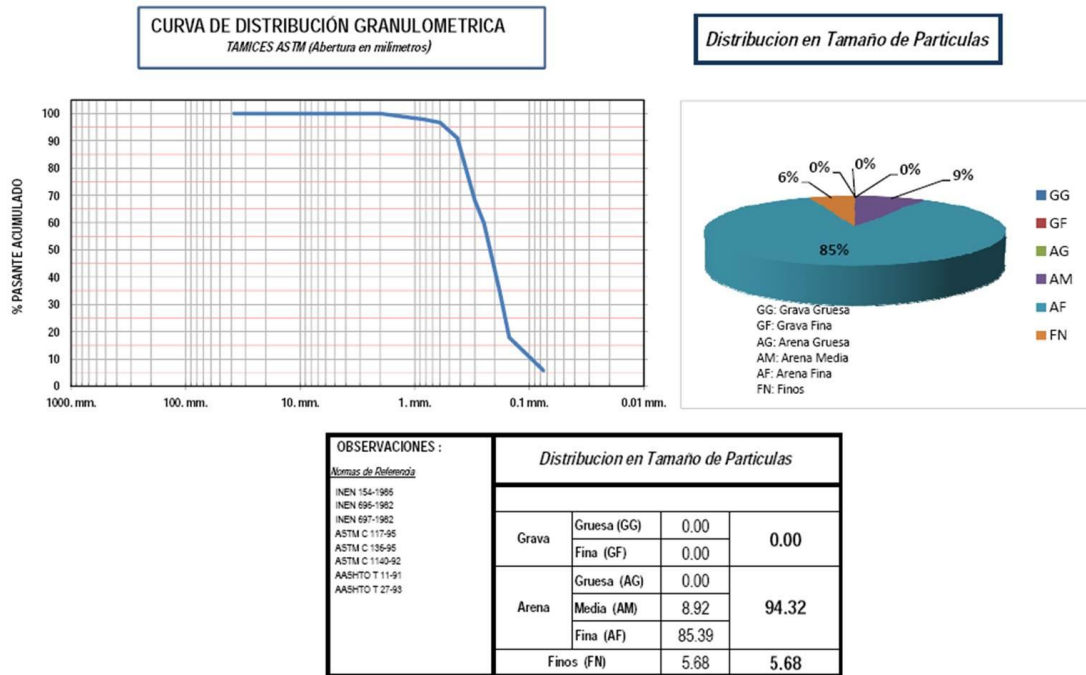
Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Granulometría Estación Oceanográfica 2

Los resultados obtenidos para el EO2, indican que a nivel medio se registro el porcentaje más bajo, teniendo 85,39%, 89,84 para la media y en la alta se reportó el porcentaje mayor con 90,90% en contenido de arena fina.

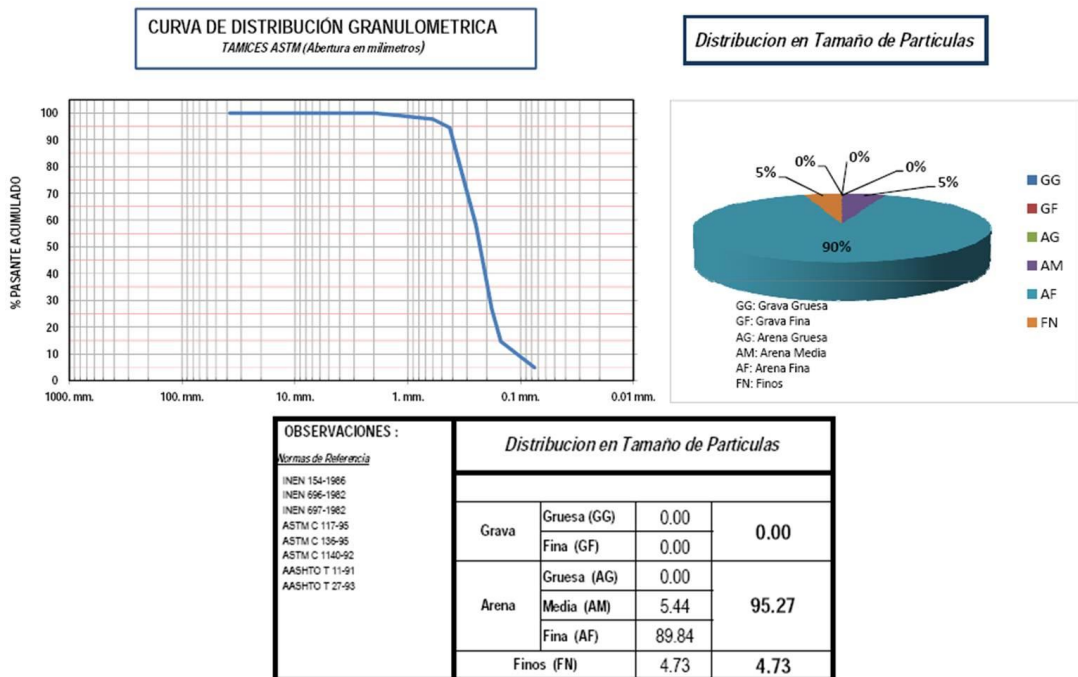
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-73

Figura 75. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca



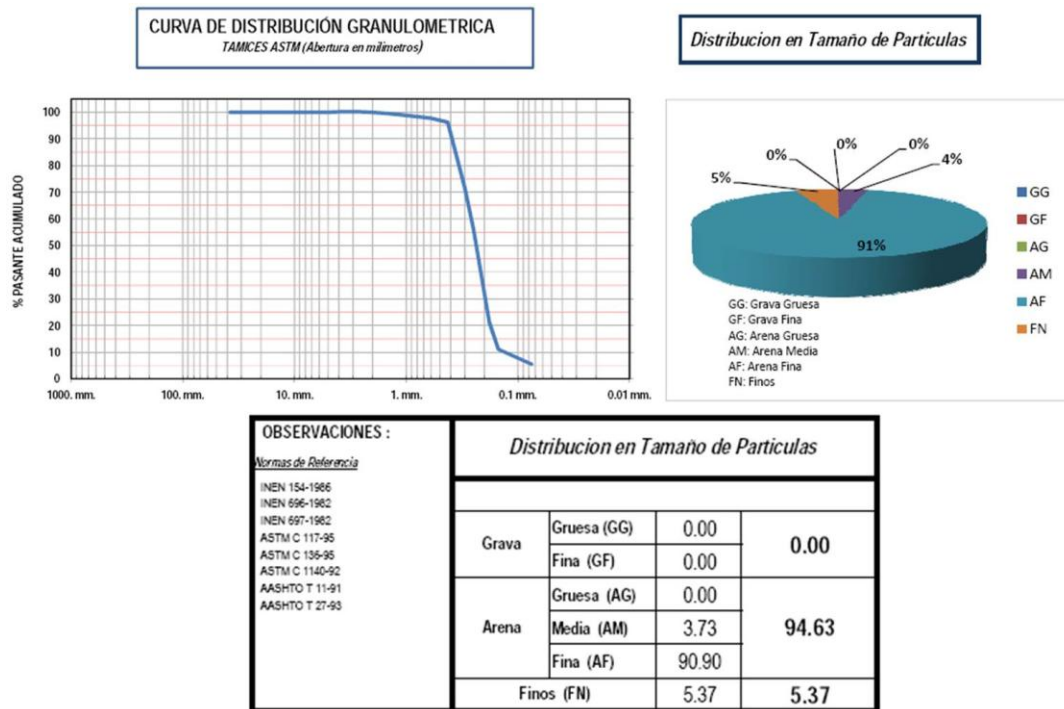
Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 76. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca



Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 77. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca

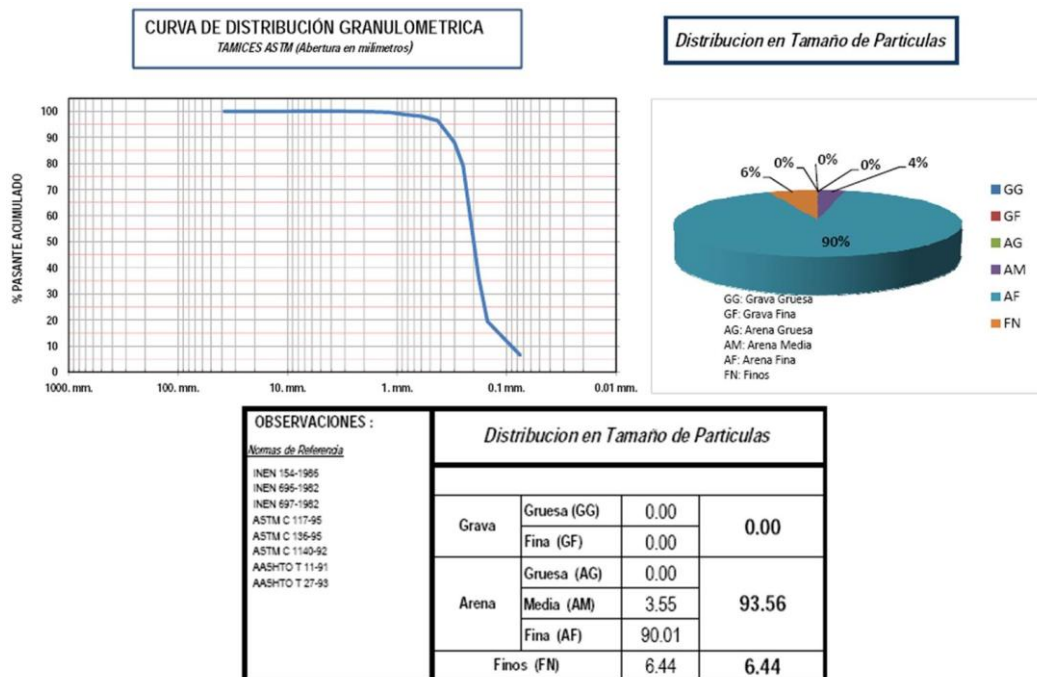


Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Granulometría Estación Oceanográfica 3

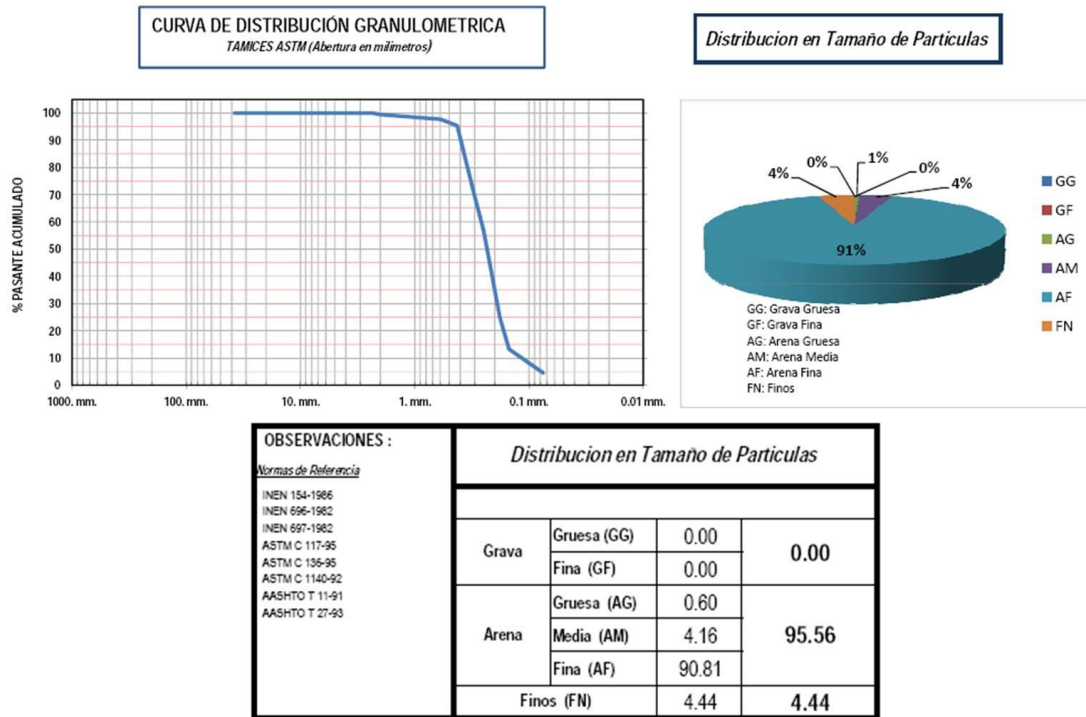
En la EO3, guarda el mismo patrón que las estaciones anteriores, mostrando el incremento del contenido de arena fina mientras se aleja de la línea intermareal o nivel bajo. Teniendo 90,01% a nivel bajo, 90,81 a nivel medio y 95,49 a nivel alto, en las siguientes figuras se muestran estos porcentajes.

Figura 78. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca



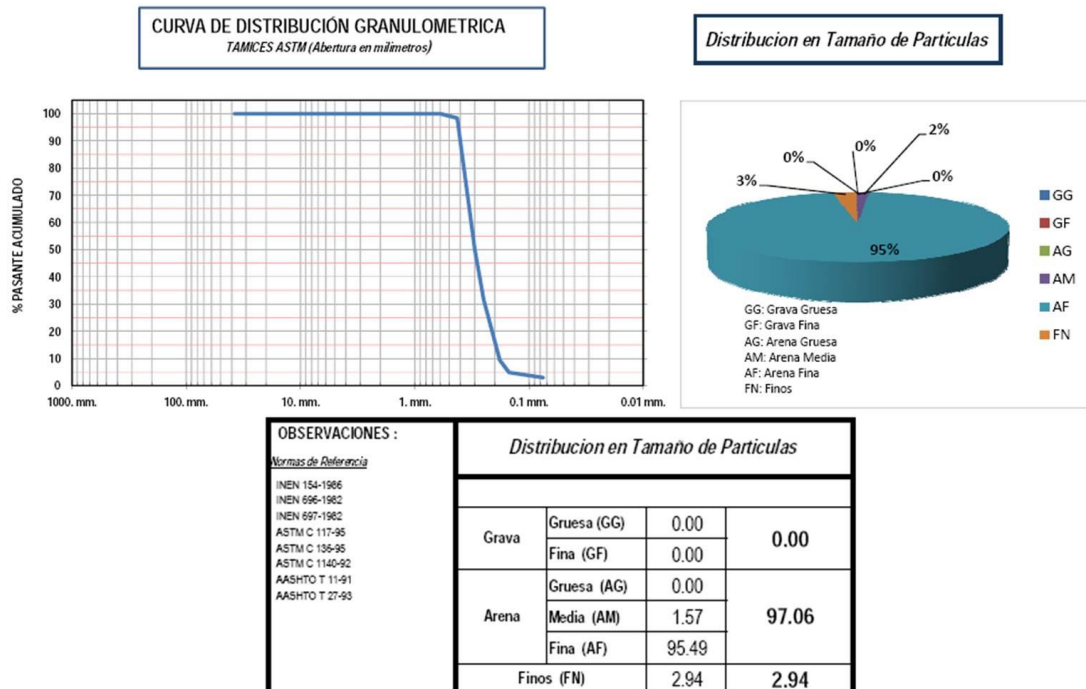
Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 79. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca



Fuente: Asociación Geostudios Consulsua, 2012

Figura 80. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca



Fuente: Asociación Geostudios Consulsua, 2012

Época Húmeda

Los resultados obtenidos de las muestras que fueron recolectadas durante la campaña de época húmeda muestran que la distribución en tamaño de partículas en las tres

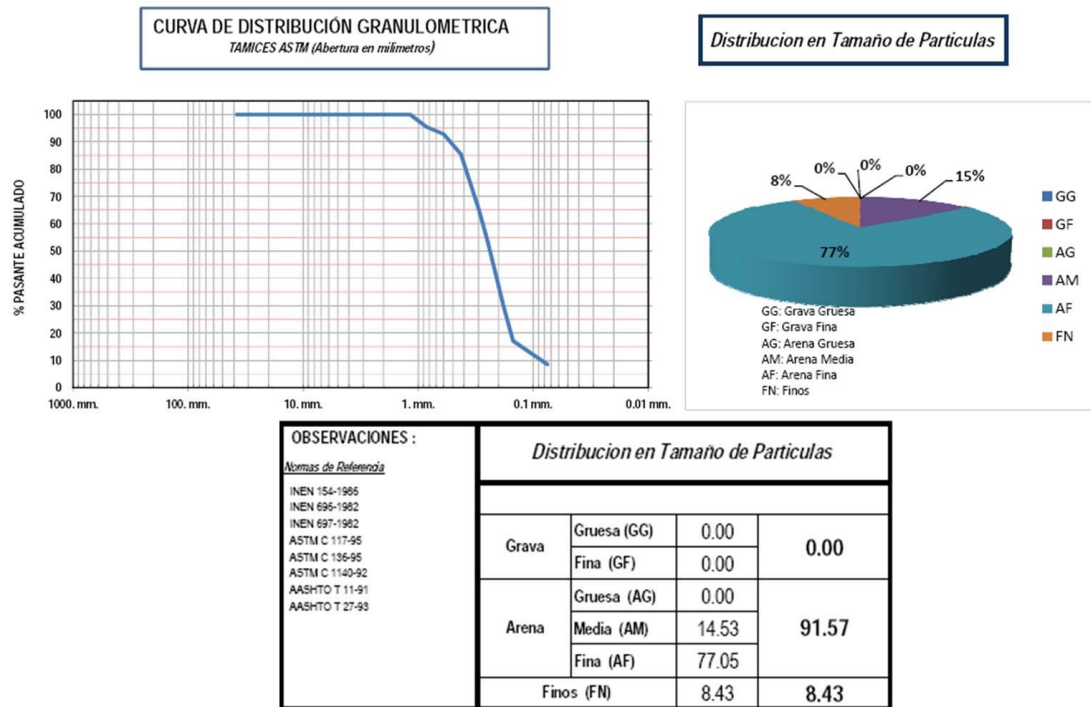
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geostudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-76

estaciones ubicadas en Data de Posorja indica que básicamente están conformadas por arena fina. Ver informe en Anexo E.

Granulometría Estación Oceanográfica 1

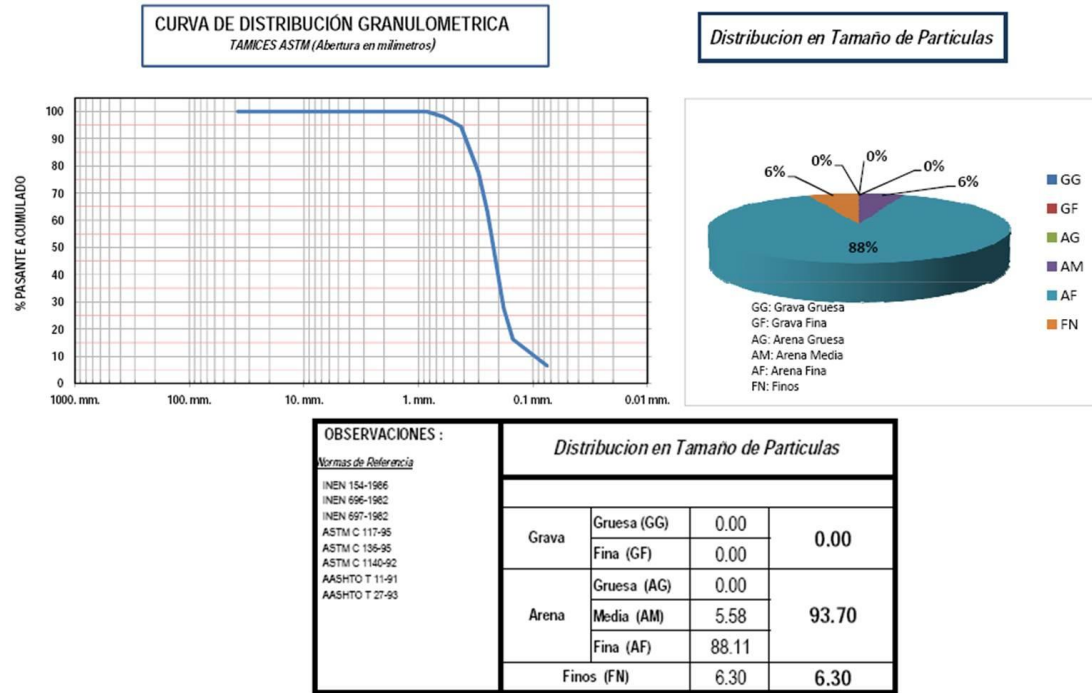
La distribución granulométrica para la EO1 guarda el mismo patrón que la registrada en la época húmeda, donde el mayor porcentaje de arena fina se encuentra a nivel alto con un 92,68%, mientras en la baja con un porcentaje de 77,05%, existiendo un mayor porcentaje en comparación con los resultados presentados en la época seca, en la siguiente figura se muestra la distribución por tamaño de partículas.

Figura 81. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca



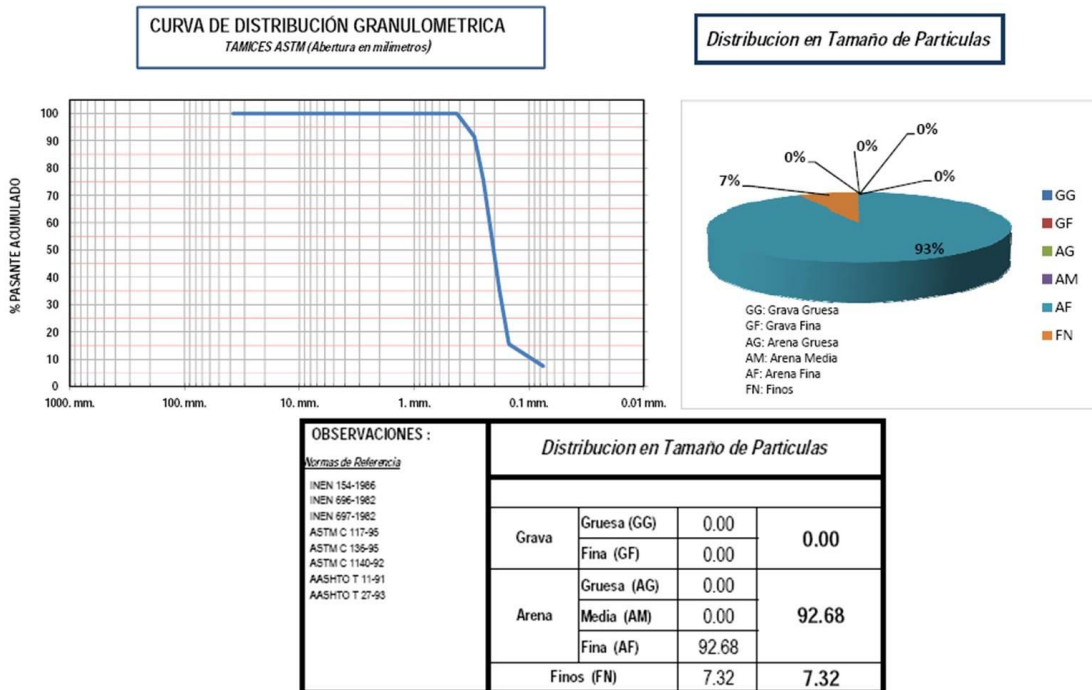
Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 82. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca



Fuente: Asociación Geostudios Consulsua, 2012

Figura 83. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca



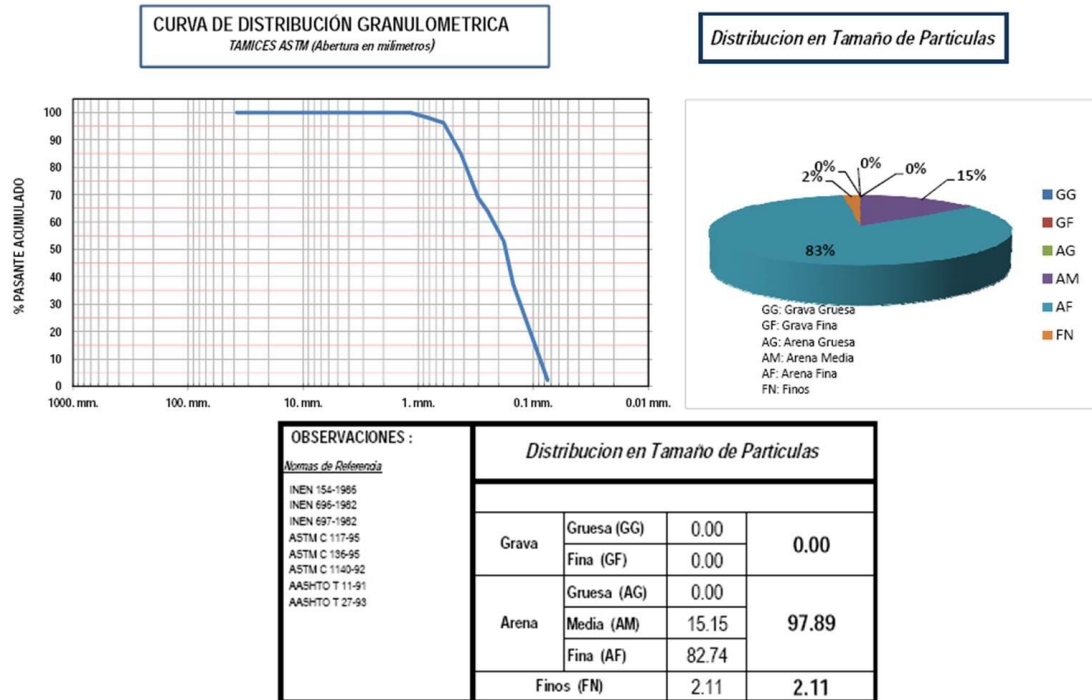
Fuente: Asociación Geostudios Consulsua, 2012

Granulometría Estación Oceanográfica 2

Los registros para la EO2 muestran que la distribución de los porcentajes de concentración depende del nivel de donde se halla tomado la muestra, teniendo que a nivel bajo obtuvo 82,74%, a nivel medio 95,99% y a nivel alto 95,32%.

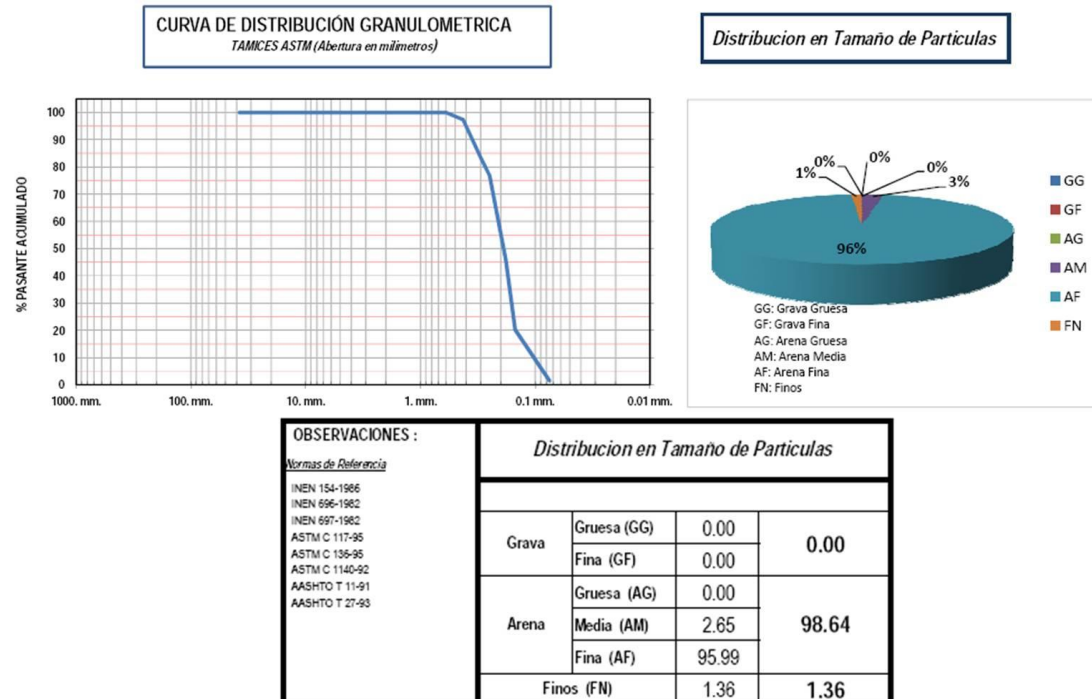
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geostudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-78

Figura 84. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca



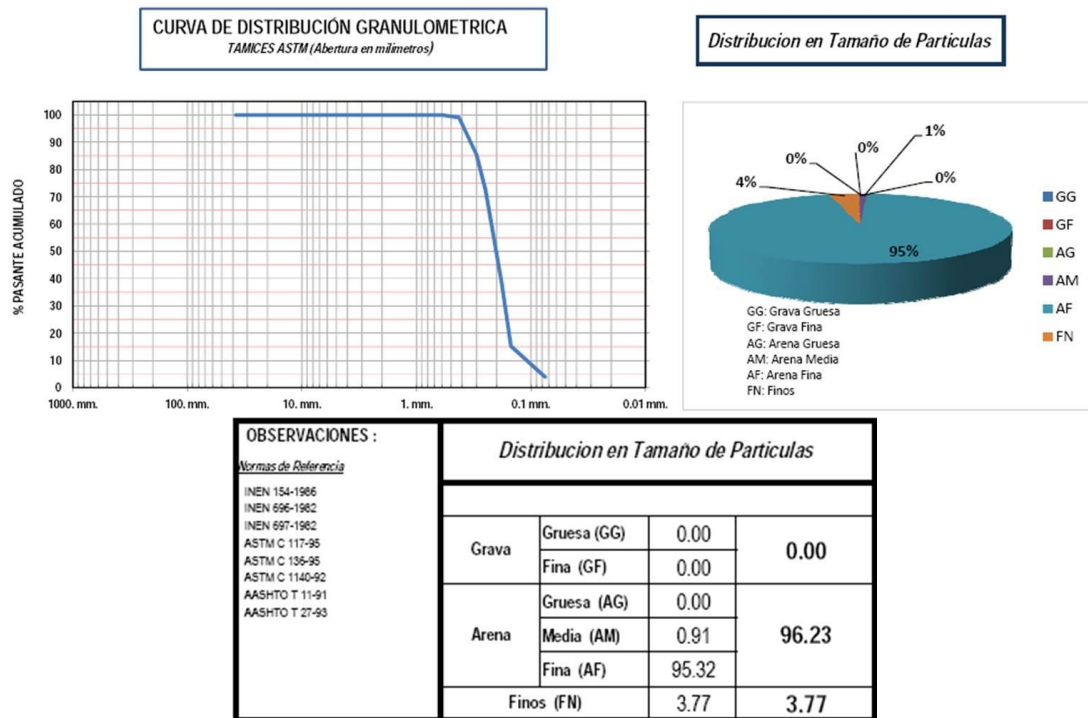
Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 85. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca



Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 86. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca

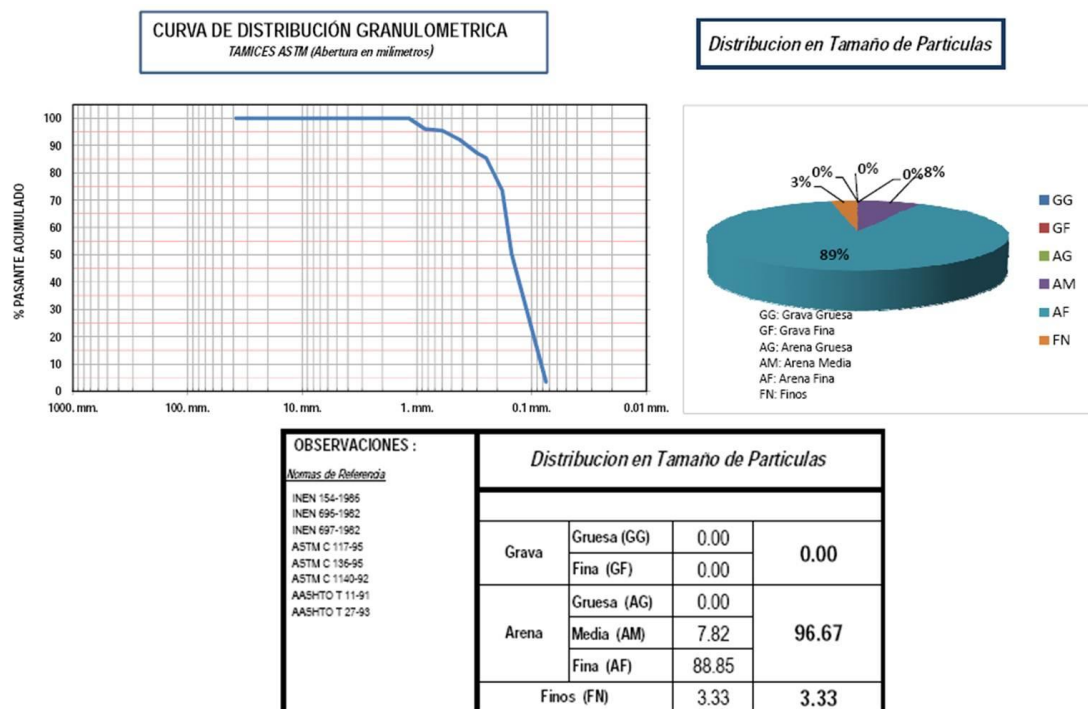


Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Granulometría Estación Oceanográfica 3

Los resultados del ensayo granulométrico concluyen que en la EO3 la distribución de las arenas finas en la parte baja es de 88,85%, en la media 96,40% y en la alta 93,76%, en las siguientes figuras se muestra la distribución granulométrica.

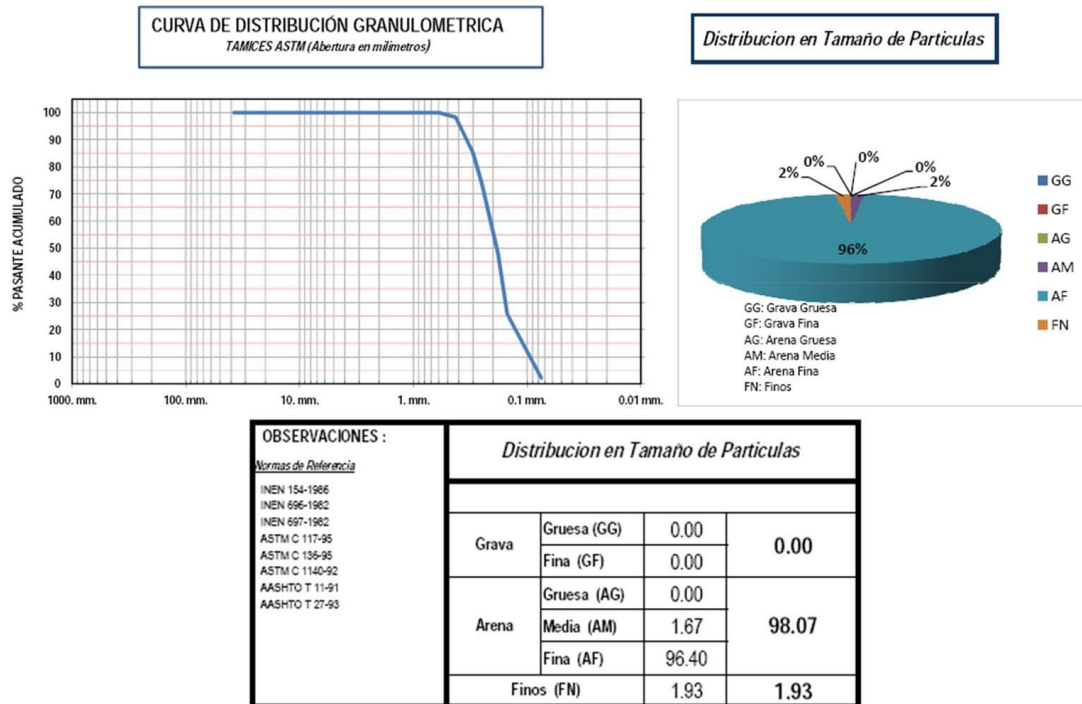
Figura 87. Curva de distribución granulométrica/bajo en el sector Data de Posorja/Época Seca



Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

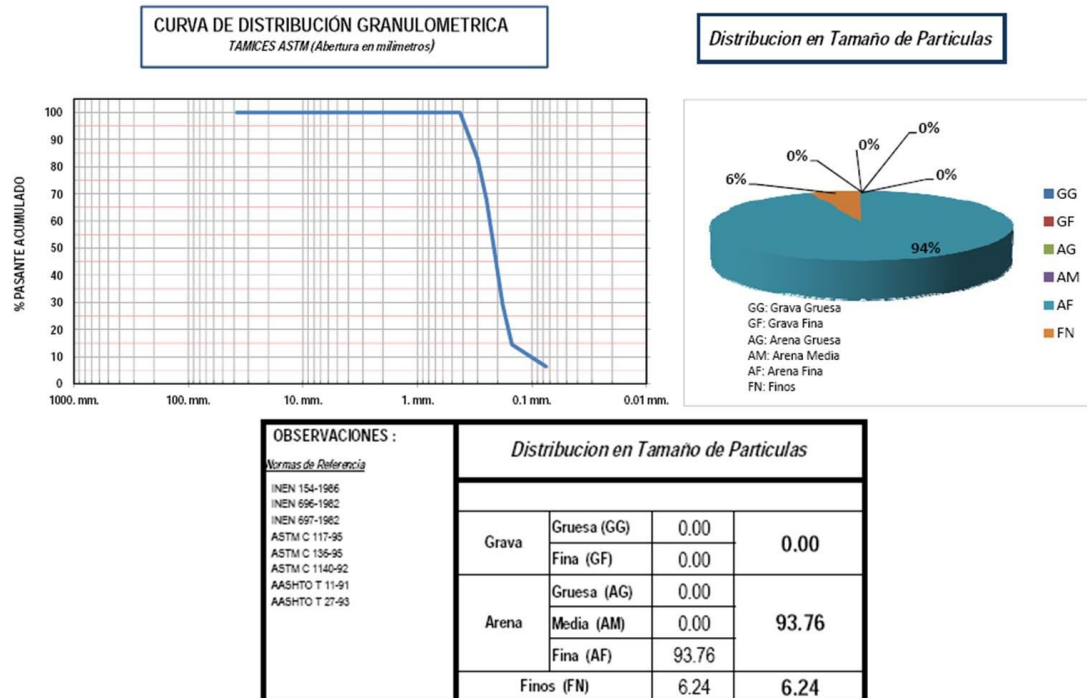
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-80

Figura 88. Curva de distribución granulométrica/media en el sector Data de Posorja/Época Seca



Fuente: Asociación Geostudios Consulsua, 2012

Figura 89. Curva de distribución granulométrica/alta en el sector Data de Posorja/Época Seca



Fuente: Asociación Geostudios Consulsua, 2012

14.4.3.2.3 Cálculo del transporte de sedimentos

En estudios costeros y trabajos de Ingeniería efectuados, lo más práctico ha sido establecer la razón del transporte paralelo a la costa, pues la complejidad en cada uno de los procesos, se reduce, mediante consideraciones simples, al usar la teoría de pequeña amplitud de olas; la que es aplicada en el cálculo del transporte a lo largo de la línea de costa. Para el cálculo del transporte perpendicular, se necesita un tratamiento de alto orden. Al calcular el transporte litoral se usaron el método mejorado de Komar (1976), con base en ecuaciones de Bagnold y desarrolladas en su modelo energético del transporte de arena en las playas. Las alturas y las velocidades de la corriente litoral usadas, son promedios de las mediciones en cada estación. En los cálculos no se ha considerado dirección de velocidades, por lo que los resultados, representan el valor de transporte bruto. Los parámetros utilizados en las ecuaciones son obtenidos por Vera (2000):

Densidad del agua de mar (ρ)	: 1025 Kg/m ³
Densidad del sedimento (ρ_s)	: 2650 Kg/m ³
Índice de rompiente (γ)	: 0.8 adimensional
h^b profundidad en la rompiente	: 0.50 m
g (aceleración de la gravedad)	: 9.8 m/s ²
a' (factor de porosidad de la arena)	: 0.6
K' = Coeficiente adimensional de Komar	: 0.28

Método de Komar:

$$Q_s = I_s ((\rho_s - \rho) g a')$$

$$I_s = K' (EC_b v I)_{u_m \cos \alpha_b}$$

$$E_b = (1.8) \rho g H_b^2$$

$$C_b = \sqrt{g h_b} \quad u_m = \left(\frac{2 E_b}{\rho h_b} \right)^{1/2}$$

Donde:

Q_s , transporte litoral (m³/s)

I_s , razón de transporte del peso sumergido (N/s)

E_b , energía del oleaje en la rompiente

C_b , velocidad de grupo de olas en la rompiente

V' , velocidad promedio de corriente litoral medida en el campo

u_m , máxima velocidad orbital en la rompiente

H_b , altura de la ola rompiente.

La Tabla a continuación presenta los resultados de transporte litoral de sedimento para la playa de Data de Posorja, así como el H_b y el v^l utilizado, se considera 6 meses

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-82

para tener la referencia del cálculo del transporte neto ocurrido en las estaciones climatológicas.

Transporte durante la Época Seca

Para determinar el transporte de sedimento durante la época seca en el área de Data de Posorja, utilizando el método de Komar, se recopilaron los siguientes datos en cada una de las tres estaciones oceanográficas predeterminadas.

Donde:

V: velocidad o corriente de litoral, m/s.

A: ángulo entre la cresta de la ola y la línea de costa, grados.

Hb: altura de la ola rompiente, m.

hb: profundidad promedio en la rompiente, m.

Tabla 13. Datos iniciales para la corrida del Modelo de caja / Data de Posorja

Estación	V	Ang	Hb	hb
	m/s	a	m	m
EO1	0,44	13	0,67	1,20
EO2	0,36	3	0,70	1,07
EO3	0,40	3	0,63	1,10

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Tabla 14. Cálculo de la tasa de transporte Qs / Data de Posorja

Estación	Eb	Cb	Um	Is	Qs
					m ³ /s
EO1	5.64E+02	3.43E+00	9.57E-01	2.55E+02	2.67E-02
EO2	6.15E+02	3.24E+00	1.06E+02	1.90E+02	1.99E-02
EO3	4.98E+02	4.98E+02	9.4E-01	1.95E+02	2.04E-02

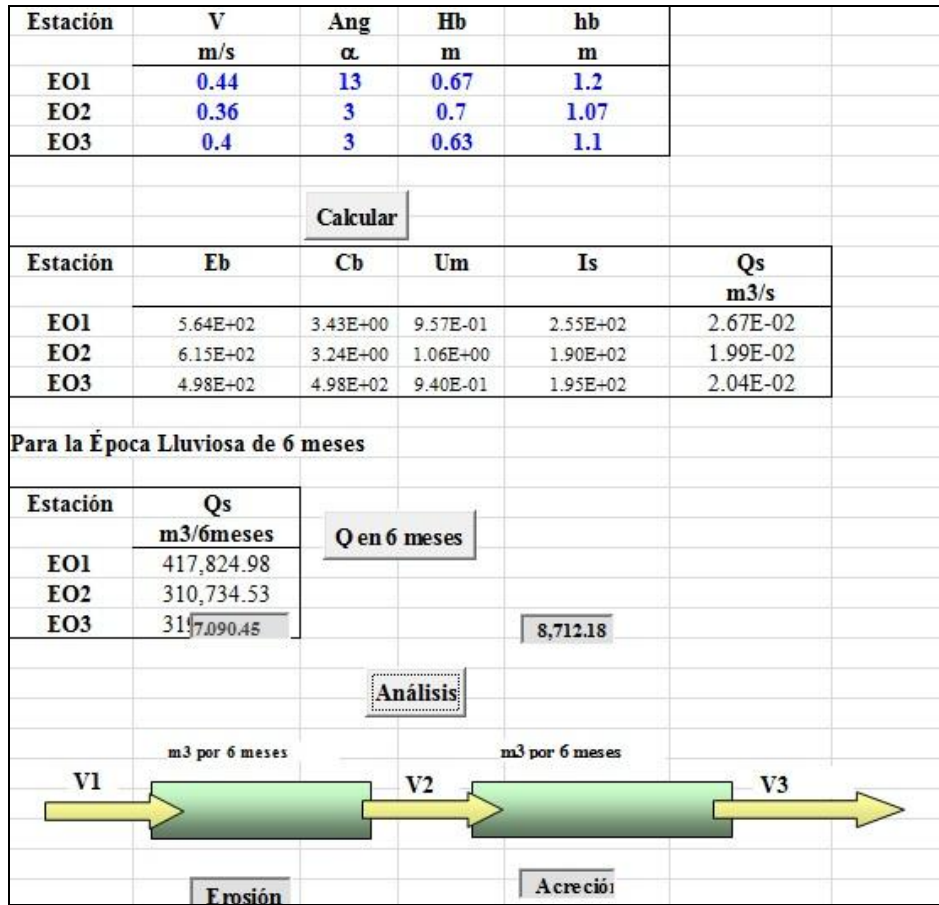
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Tabla 15. Cálculo de la tasa de transporte Qs para 6 meses / Data de Posorja

Estación	Qs
	m ³ /6meses
EO1	417,824.98
EO2	310,734.53
EO3	319,446.72

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 90. Modelamiento del transporte litoral en el sector de Data de Posorja/Época Seca



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Transporte durante la Época Húmeda

La determinación del transporte de sedimento durante la época húmeda en el área de Data de Posorja, utilizando el método de Komar, se recopilaron los siguientes datos en cada una de las tres estaciones oceanográficas predeterminadas.

Donde:

V: velocidad o corriente de litoral, m/s.

A: ángulo entre la cresta de la ola y la línea de costa, grados.

Hb: altura de la ola rompiente, m.

hb: profundidad promedio en la rompiente, m.

Tabla 16. Datos iniciales para la corrida del Modelo de caja / Data de Posorja

Estación	V m/s	Ang a	Hb m	hb m
EO1	0.16	6	0.35	1.05
EO2	0.18	3	0.38	1.03
EO3	0.18	3	0.33	1.05

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Tabla 17. Calculo de la tasa de transporte Qs / Data de Posorja

Estación	Eb	Cb	Um	Is	Qs m3/s
EO1	1.54E+02	3.21E+00	5.35E-01	4.16E+01	4.35E-03
EO2	1.81E+02	3.18E+00	5.86E01	4.96E+01	5.19E-03
EO3	1.37E+02	1.37E+02	5.04E-01	4.39E+01	4.60E-03

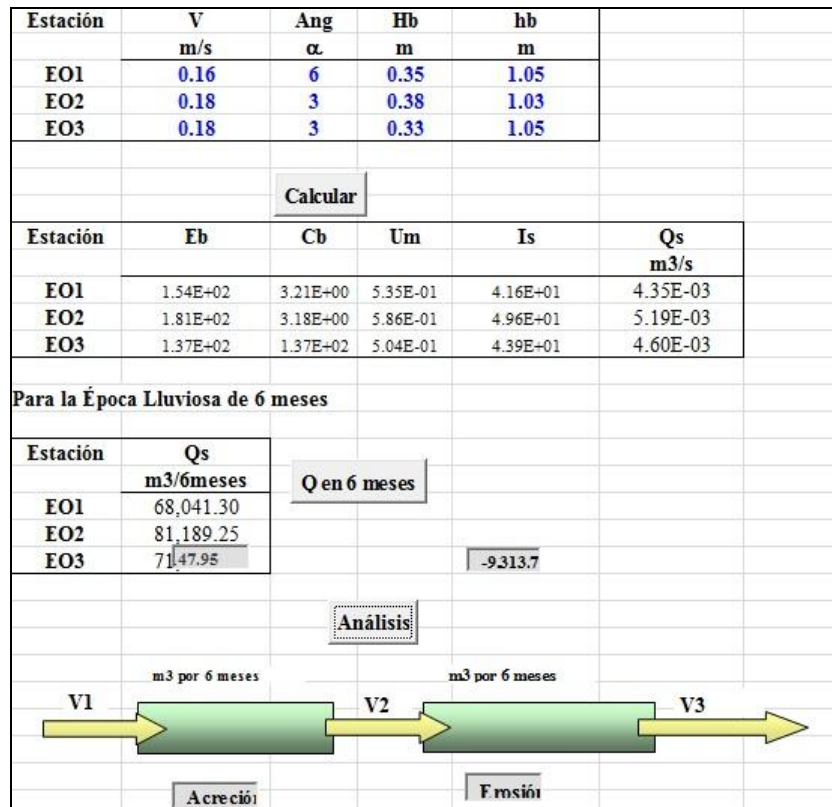
Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Tabla 18. Calculo de la tasa de transporte Qs para 6 meses / Data de Posorja

Estación	Qs m3/6meses
EO1	68,041.30
EO2	81,189.25
EO3	71,875.51

Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 91. Modelamiento del transporte litoral en el sector de Data de Posorja/Época Húmeda



Elaborado por: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Realizado las corridas del modelo de caja para las dos épocas del año, se observa que durante la época seca se presenta erosión en la primera estación y acreción en la



tercera estación, mientras que en la época húmeda el proceso es contrario, teniendo acreción en la estación uno y erosión en la estación tres. Observando que el comportamiento del transporte de sedimentos está relacionado directamente con las condiciones oceanográficas de la época en medición. Así mismo, Vera L., 2000, realizó un descripción del comportamiento de la corriente litoral en el área de la Libertad concluyendo que tanto la fase de la marea, como la época del año, interfieren en el comportamiento de la velocidad litoral, pues tanto en la sicigia como en la época húmeda las magnitudes son mayores, así mismo la dirección presenta variaciones más marcadas en épocas húmedas, con esta referencia se confirma que el transporte de sedimentos estaría sujeto al cambio de las condiciones físicas de cada época del año.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-86

14.5 Bibliografía

- Manual de practicas de oceanografía física, Departamento de Ciencias del Mar división de Oceanografía física. INOCAR 1976
- Canadian Tidal Manual, Warren D. Forrester, Ph. D., Department of Fisheries an oceans, Ottawa 1983.
- Estudios Hidrográficos, Oceanográficos y Geológicos para resolver los problemas de sedimentación en el Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil y en el área de la Esclusa (Río Guayas – Estero Cobina), Volúmen I, INOCAR 1986
- Estudios Hidrográficos, Oceanográficos y Geológicos para resolver los problemas de sedimentación en el Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil y en el área de la Esclusa (Río Guayas – Estero Cobina), Volúmen II, Tomo 2, INOCAR 1986
- Estudios Hidrográficos, Oceanográficos y Geológicos para resolver los problemas de sedimentación en el Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil y en el área de la Esclusa (Río Guayas – Estero Cobina), Volúmen II, Tomo 4, INOCAR 1986
- Estudios Hidrográficos, Oceanográficos y Geológicos para resolver los problemas de sedimentación en el Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil y en el área de la Esclusa (Río Guayas – Estero Cobina), Informe Final, Anexos, INOCAR 1986
- Estudio de Impacto Ambiental previo al dragado del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, Informe Final, INOCAR 1998
- Actualización del Estudio de Impacto Ambiental para el dragado del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de la ciudad de Guayaquil, Informe Final, Volumen I, INOCAR 2002
- Boletín de Alerta Climática, BAC256, Enero 2012
- Estudio de la circulación costera frente al Puerto de la Libertad (Ecuador) utilizando flotadores, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR 1992.
- Interacción Océano – Atmósfera sobre la zona Costera del Ecuador, Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR 1983.
- Tabla de Mareas y Datos Astronómicos del Sol y de la Luna 2011, INOCAR 2011
- Tabla de Mareas y Datos Astronómicos del Sol y de la Luna 2012, INOCAR 2012

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-87



- Aproximación a Puerto Marítimo de Guayaquil (Canal del Morro), Carta Náutica IOA 1070
- Aproximación a Puerto Marítimo de Guayaquil (Estero Salada), Carta Náutica IOA 1071
- Puerto de Posorja, Carta Náutica IOA 10701

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Mayo 2012	14-88