
PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL



FASE II - CAPITULO 7

Condiciones Hidrodinámicas del Canal de Acceso

Realizado por:



Preparado para:



Guayaquil, Febrero del 2012



TABLA DE CONTENIDO

7	CONDICIONES HIDRODINÁMICAS DEL CANAL DE ACCESO.....	7-5
7.1	Generalidades.....	7-5
7.2	Investigación de campo	7-5
7.2.1	Introducción.....	7-5
7.2.2	Parámetros medidos	7-8
7.2.3	Equipos e instrumentos	7-9
7.3	Oceanografía, hidráulica e hidrología.....	7-11
7.3.1	Climatología y Oceanografía de la región.....	7-11
7.3.1.1	Climatología	7-11
7.3.1.2	Oceanografía	7-14
7.3.2	Hidrología.....	7-17
7.3.2.1	Hidrología Superficial	7-17
7.3.2.2	Disponibilidad de Información.....	7-20
7.3.2.3	Análisis de Caudales.....	7-20
7.3.3	Medición de Parámetros Oceanográficos Físicos	7-26
7.3.3.1	Corriente, salinidad, densidad volumétrica y temperatura	7-26
7.3.4	Mareas	7-89
7.3.4.1	Características de la Marea en la Zona Costera Ecuatoriana	7-89
7.3.4.2	Onda de Marea	7-89
7.3.4.3	Medición de Marea.....	7-91
7.3.4.4	Resultados	7-95
7.4	Bibliografía.....	7-101

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: Febrero 2012	7-1



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de las estaciones	7-6
Tabla 2. Orden de recorrido de estaciones hidrosedimentológicas durante la época seca	7-7
Tabla 3. Orden de recorrido de estaciones hidrosedimentológicas durante la época húmeda	7-7
Tabla 4. Caudales Máximos y Mínimos Anuales	7-20
Tabla 5. Resumen de Caudales Máximos y Mínimos Anuales (sin regulación)	7-22
Tabla 6. Resumen de Caudales Máximos y Mínimos Anuales	7-23
Tabla 7: Caudales Máximos y Mínimos en Babahoyo A.J. Guayas	7-24
Tabla 8: Caudales Máximos y Mínimos en Guayas	7-24
Tabla 9: Caudales Máximos y Mínimos Regulados en el Río Guayas	7-25
Tabla 10: Comparación de Caudales Extremos en el Río Guayas	7-25
Tabla 11. Velocidad y Dirección de corriente Superficial/Subsuperficial/Epoca Seca	7-30
Tabla 12. Velocidad y Dirección de corriente Superficial/Subsuperficial/Epoca Húmeda	7-34
Tabla 13. Velocidades de corriente para diferentes niveles y estados de marea durante la época seca	7-60
Tabla 14. Velocidades de corriente para diferentes niveles y estados de marea durante la época húmeda	7-61
Tabla 15. Velocidad y Dirección de corrientes/ Epoca Húmeda/Reflujo	7-69
Tabla 16. Velocidad y Dirección de corrientes/ Epoca Húmeda/Flujo	7-70
Tabla 17. Salinidad promedio/Epoca Seca	7-76
Tabla 18. Salinidad promedio/Epoca Húmeda	7-78
Tabla 19. Densidad promedio/Epoca Seca	7-81
Tabla 20. Densidad promedio/Epoca Húmeda	7-83
Tabla 21. Temperatura promedio/Epoca Seca	7-86
Tabla 22. Temperatura promedio/Epoca Húmeda	7-88
Tabla 23. Propagación de la marea y niveles (+/- nivel medio del mar) en el área de estudio	7-90
Tabla 24. Algunos datos de las estaciones mareográficas en el Estero Salado	7-91
Tabla 25. Estaciones Mareógrafos	7-91
Tabla 26. Altura de mareas	7-97
Tabla 27. Altura de mareas	7-100

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: Febrero 2012	7-2



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estaciones Hidrosedimentarias	7-6
Figura 2. Zona de Convergencia Intertropical.....	7-12
Figura 3. Variaciones Clima de Ecuador	7-12
Figura 4. 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) .7-13	
Figura 5. Circulación de corrientes en el Pacífico Ecuatorial.....	7-14
Figura 6. Distribución de masas de agua en el Pacífico Tropical Oriental.....	7-16
Figura 7. Cuenca del Río Guayas.....	7-18
Figura 8. Caudales Promedio Mensuales.....	7-26
Figura 9. Corrientes Superficiales durante la fase de reflujó/Época Seca.....	7-27
Figura 10. Corrientes Superficiales durante la fase de flujo/Época Seca.....	7-28
Figura 11. Corrientes Subsuperficiales durante la fase de reflujó/Época Seca.....	7-29
Figura 12. Corrientes Subsuperficiales durante la fase de flujo/Época Seca.....	7-29
Figura 13. Vectores resultantes / Corrientes Superficiales /Época Seca.....	7-30
Figura 14. Vectores resultantes / Corrientes Subsuperficiales /Época Seca.....	7-31
Figura 15. Corrientes Superficiales durante la fase de reflujó/Época Húmeda.....	7-32
Figura 16. Corrientes Superficiales durante la fase de flujo/Época Húmeda.....	7-32
Figura 17. Corrientes Subsuperficiales durante la fase de reflujó/Época Húmeda.....	7-33
Figura 18. Corrientes Subsuperficiales durante la fase de flujo/Época Húmeda.....	7-34
Figura 19. Vectores resultantes / Corrientes Superficiales /Época Húmeda.....	7-35
Figura 20. Vectores resultantes / Corrientes Subsuperficiales /Época Húmeda.....	7-35
Figura 21. Histogramas de velocidad superficial y de fondo /Época Seca.....	7-50
Figura 22. Histogramas de dirección superficial y de fondo /Época Seca.....	7-52
Figura 23. Histogramas de velocidad superficial y de fondo /Época Humeda.....	7-55
Figura 24. Histogramas de dirección superficial y de fondo /Época Humeda.....	7-57
Figura 25. Vectores resultantes de corriente superficial para los dos estados de marea /Época Seca...7-62	
Figura 26. Vectores resultantes de corriente de fondo para los dos estados de marea /Época Humeda7-63	
Figura 27. Histogramas de velocidad y dirección por niveles /Época Humeda.....	7-64
Figura 28. Plots vectoriales de corriente superficial / Época Humeda.....	7-67
Figura 29. Vectores resultantes de corriente superficial / Época Humeda/ADCP.....	7-71
Figura 30. Vectores resultantes de corriente media / Época Humeda/ADCP.....	7-72
Figura 31. Vectores resultantes de la corriente de fondo / Época Humeda/ADCP.....	7-73
Figura 32. Salinidad a nivel superficial durante el flujo / Época Seca.....	7-75
Figura 33. Salinidad a nivel de fondo durante el reflujó / Época Seca.....	7-75
Figura 34. Salinidad a nivel superficial durante el flujo / Época Húmeda.....	7-77
Figura 35. Salinidad a nivel de fondo durante el reflujó / Época Húmeda.....	7-77
Figura 36. Densidad a nivel superficial durante el flujo / Época Seca.....	7-80
Figura 37. Densidad a nivel de fondo durante el reflujó / Época Seca.....	7-80
Figura 38. Densidad a nivel superficial durante el flujo / Época Húmeda.....	7-82
Figura 39. Densidad a nivel de fondo durante el reflujó / Época Húmeda.....	7-82
Figura 40. Temperatura a nivel superficial durante el flujo / Época Seca.....	7-85

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: Febrero 2012	7-3



Figura 41. Temperatura a nivel de fondo durante el reflujos / Época Seca	7-85
Figura 42. Temperatura a nivel superficial durante el flujo / Época Húmeda.....	7-87
Figura 43. Temperatura a nivel de fondo durante el reflujos / Época Húmeda.....	7-87
Figura 44. Ubicación de Estaciones Mareográficas.....	7-91
Figura 45. Elevación del tirante de agua Posorja	7-95
Figura 46. Reducción del tirante de agua a espectro de mareas	7-96
Figura 47. Espectro de mareas.....	7-96
Figura 48. Espectro de mareas en el área del proyecto	7-97
Figura 49. Elevación del tirante de agua Enfilada C2.....	7-97
Figura 50. Elevación del tirante de agua Enfilada C2.....	7-98
Figura 51. Espectro de mareas.....	7-98
Figura 52. Elevación del tirante de Agua Posorja	7-98
Figura 53. Reducción del tirante de agua a Espectro de Mareas	7-99
Figura 54. Espectro de Mareas.....	7-99
Figura 55. Espectro de Marea en el área del proyecto	7-100

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: Febrero 2012	7-4



7 CONDICIONES HIDRODINÁMICAS DEL CANAL DE ACCESO

7.1 Generalidades

En el presente capítulo se presenta la descripción hidrodinámica del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, en el Estero Salado, 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 sirve para caracterizar el área así como tener la información para el Modelo Matemático.

La información analizada corresponde a dos campañas, época fría / seca y época cálida / húmeda, de manera tal que los datos para el Modelo Matemático cubran toda la estacionalidad presente en el Litoral Ecuatoriano; los equipos utilizados son autocontenidos y en los Anexos se presenta la data cruda que arrojan los equipos; así como información complementaria para el respectivo análisis.

7.2 Investigación de campo

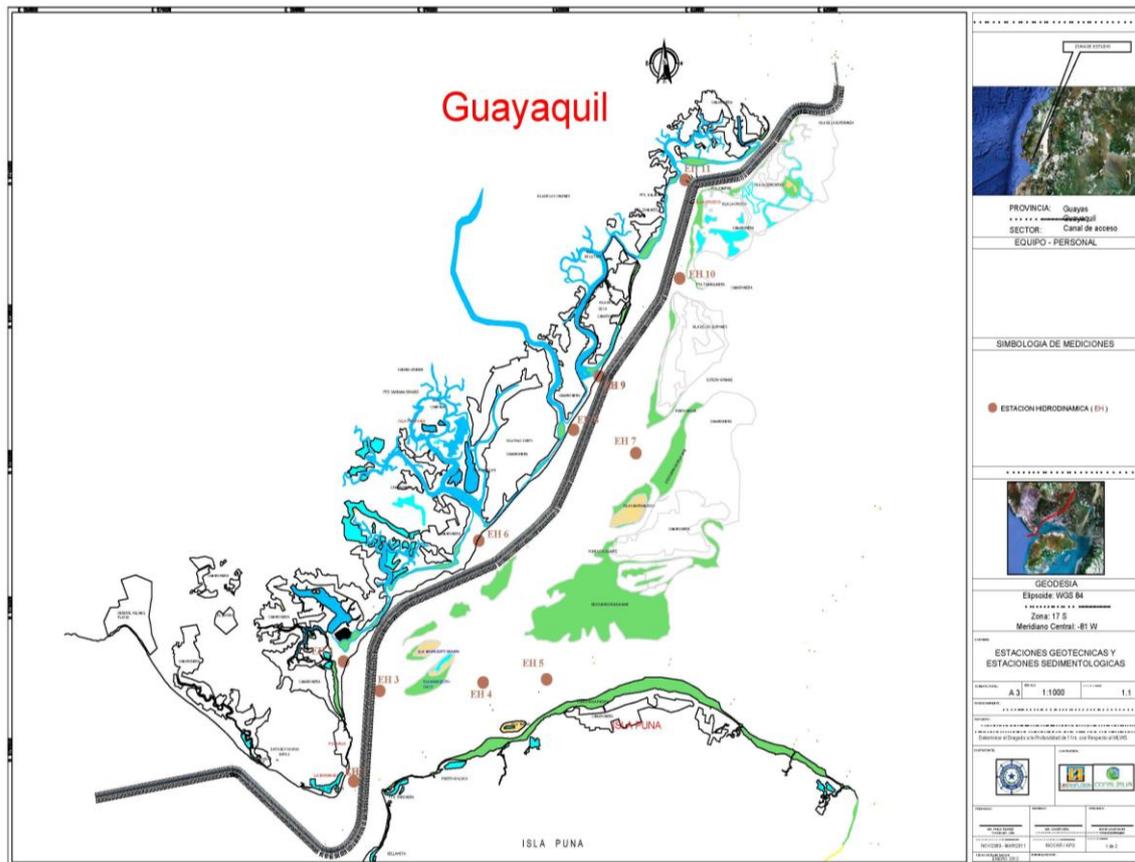
7.2.1 Introducción

La investigación de campo consistió en dos campañas de medición de datos para variables hidrosedimentológicas, 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 calibrar y validar el modelo matemático que será empleado en la fase III para simular el patrón de corrientes en el canal de acceso al Puerto de Guayaquil. La investigación de campo fue ejecutada enteramente por la **Asociación Geoestudios Consulsua**. A continuación se presenta un mapa del área de estudio junto con las estaciones de medición y una tabla con la posición geográfica de las estaciones.

El arreglo de estaciones propuesto para las dos campañas de medición, obedece a los requerimientos de información del modelo matemático, en cuanto a la definición de las condiciones de borde o frontera existentes en el canal principal, para proceder con la simulación de corrientes, así como en cuanto a las condiciones existentes a la salida del canal, para lograr la calibración del modelo. A continuación se presenta un mapa 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: Febrero 2012	7-5

Figura 1. Estaciones Hidrosedimentarias



Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Tabla 1. Ubicación de las estaciones

N°	Este	Norte	Prof
EH 1	584445.00	9697855.00	13.4
EH 2	583678.00	9706146.00	3.3
EH 3	586396.07	9704116.33	13.5
EH 4	594152.48	9704690.83	10.4
EH 5	598920.79	9704911.89	9.4
EH 6	593832.89	9714508.57	6.9
EH 7	605616.32	9720568.11	3.9
EH 8	600948.60	9722184.58	7.9
EH 9	602870.71	9725890.63	7.2
EH 10	608900.07	9732663.12	4.2
EH 11	609309.21	9739478.46	3.9

Fuente: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

La metodología Euler, fue aplicado para conocer la distribución vertical de las corrientes, para lo cual se utilizó dos tipos de correntómetro un S4 y un perfilador acústico doppler AQUADOPP, los perfiles de corrientes fueron realizados en las 11 estaciones distribuidas en toda el área de estudio; en cada una de las estaciones se

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: Febrero 2012	7-6

efectuaron mediciones de magnitud y dirección de las corrientes durante un periodo de doce 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 trabajo con el correntómetro S4, el mismo que aparte de medir dirección y velocidad de corriente midió temperatura, salinidad y densidad. Para el mes de enero (época húmeda) se contó con un ADCP AQUADOPP más el correntómetro Interocean S4A, realizándose mediciones de corrientes a lo largo de todo el canal de navegación. La descripción del orden de recorrido de las once estaciones hidrosedimentológicas por campaña de medición se muestra en las tablas 2 y 3, incluidas a continuación.

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

FECHA	RECORRIDO - ÉPOCA SECA		COORDENADAS		DISTANCIA (m)	HORA DE DEPARTIDA	HORA DE DE LLEGADA	PROFUNDIDAD (m)
	INICIO	DESTINO	x	y				
23/11/2011	POSORJA	EHS01	584445	9697855		13:30	15:00	17,49
24/11/2011	EHS01	EHS03	586396,07	9704116,33	6.588	3:15	3:45	13,35
24-25/11/2011	EHS03	EHS04	594152,48	9704690,83	7.777	16:00	13:35	10,18
26/11/2011	EHS04	EHS05	598920,79	9704911,89	4.773	1:30	2:30	8,68
26/11/2011	EHS05	EHS02	583678	976146	15.298	14:30	16:30	4,02
27/11/2011	EHS02	EHS06	893832,89	9714508,57	13.221	5:30	8:00	6,88
27/11/2011	EHS06	EHS08	600948,6	9722184,58	10.391	20:00	20:27	9,11
28/11/2011	EHS08	EHS07	505616,32	9720568,11	4.939	8:36	9:00	4,6
28/11/2011	EHS07	EHS09	602870,71	9725890,63	6.070	21:00	21:30	7,62
29/11/2011	EHS09	EHS10	608900,07	9732663,12	9.898	10:00	11:00	3,74
29/11/2011	EHS10	EHS11	609309,21	9739478,46	6.827	23:00	23:40	4,57
30/11/2011	EHS11	W	570460,89	9696022,59	14.103	11:45	12:45	10,05

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

FECHA	RECORRIDO - ÉPOCA HÚMEDA		COORDENADAS		DISTANCIA (m)	HORA DE DEPARTIDA	HORA DE DE LLEGADA	PROFUNDIDAD (m)
	INICIO	DESTINO	x	y				
19/01/2012		EH11	584445	9697855		12:15	12:45	4
20/01/2012	EH11	EH10	586396,07	9704116,33	6.827	1:30	2:10	7,6
20/01/2012	EHS10	EH09	594152,48	9704690,83	9.898	14:30	16:00	10,2
21/01/2012	EH09	EH07	598920,79	9704911,89	6.070	4:30	5:15	9,6
21/01/2012	EH07	EH08	583678	976146	4.939	17:30	17:50	6
22/01/2012	EH08	EH06	893832,89	9714508,57	10.391	6:45	11:45	4,8
23/01/2012	EH06	EH05	600948,6	9722184,58	10.981	0:30	2:15	9
23/01/2012	EH05	EH04	505616,32	9720568,11	4.773	14:30	15:00	10
24/01/2012	EH04	EH03	602870,71	9725890,63	7.777	5:30	6:15	16,2
24/01/2012	EH03	EH02	608900,07	9732663,12	3.392	17:50	18:15	5
25/01/2012	EH02	EH01	609309,21	9739478,46	8329	6:30	7:00	12,4
25/01/2012	EH01	W	570460,89	9696022,59	14103	19:30	20:15	11

Se realizó un recorrido a lo largo del canal de navegación, con una distancia aproximada de 80 Km., en los cuales se establecieron 11 puntos de medición en los cuales se recabaron datos hidrodinámicos y oceanográficos con equipo especializado para el análisis a lo largo de canal de navegación.

La recopilación de datos con el correntómetro (S4A), se la realizó montado en una estructura de acero al equipo para su fondeo y medición de la corriente en la parte interior del estero salado, también se realizaron mediciones de corrientes en la parte superficial del agua dejando suspendida la estructura con el correntómetro, a una altura aproximada de 1.50 metros por debajo de la superficie libre del agua, como se muestra en la siguiente foto.

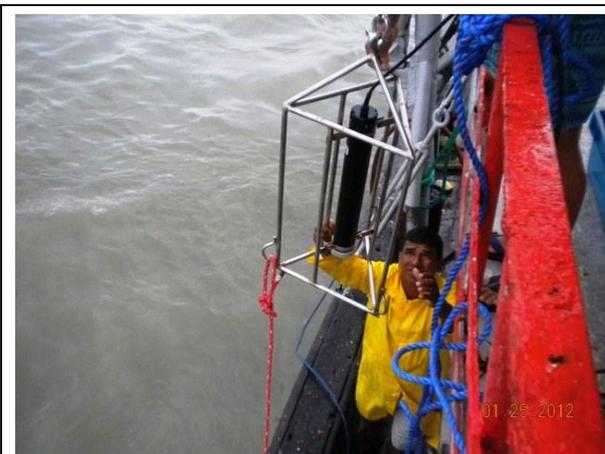


Lanze de Correntómetro S4A



Correntómetro S4 a nivel Superficial

El ADCP – AQUADOPP recopiló información de velocidad y dirección de corrientes para el nivel superficial, medio y de fondo para las once estaciones hidrosedimentológicas; fue instalado aun 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.



ADCP con la estructura de acero más tres líneas de vida



Lance del ADCP en la EH1

7.2.2 Parámetros medidos

Se recopiló información de corrientes en la zona de estudio con los correntómetros mencionados anteriormente, complementariamente a la medición de corriente, se tomó información de otros parámetros que complementan la composición de la información recabada para el modelo. Los parámetros medidos se detallan a continuación:

1. Registro de marea en tres estaciones ubicadas a lo largo del canal. La marea es un dato importante para el análisis de los objetivos del proyecto, y especialmente

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: Febrero 2012	7-8



se emplea a más de caracterizar el sitio desde el punto de vista Oceanográfico – Hidráulico para caracterizar el lugar con criterios náuticos. Adicionalmente esta información es básica para el Modelo Matemático.

2. Mediciones hidrosedimentológicas en 11 estaciones a intervalos de 12 horas de medición de velocidad y dirección de corrientes, temperatura del agua, salinidad (densidad) en niveles superficiales y de fondo durante las mareas de sicigia y cuadratura tanto para la época seca como en la húmeda.
3. Medición con flotadores en el Estero Salado (boya 17 y boya 18) y Canal de Cascajal, durante las mareas de Sicigia durante la época seca y húmeda.
4. Muestras de los sedimentos del fondo del estuario en las estaciones hidrosedimentológicas.
5. Investigaciones del subfondo del Estero Salado por medio de dos líneas sísmicas de 1600 Km y 5 perforaciones de 20 m para determinar los taludes de corte para el dragado.

7.2.3 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 Mareógrafo TGR – 2050
- 01 Mareógrafo Valenport
- 04 Veletas o derivadores Lagrangianos: 02 superficiales y 02 subsuperficiales
- 02 Cronómetro
- 03 Brújula
- 01 Nivel Electrónico
- 01 Regla o mira
- Cinta Topográfica
- 04 Equipos de buceo
- 01 Compresor HOOKUP

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: Febrero 2012	7-9

<p align="center">Embarcación Angelica Maria</p>	<p align="center">Abordo en la Embarcación Santa Marena</p>
<p align="center">Fibra No 1</p>	<p align="center">Fibra No 2</p>
<p align="center">Correntómetro S4A</p>	<p align="center">ADCP AQUADOPP PERFILADOR</p>
<p align="center">Mareógrafo TGR 2050</p>	<p align="center">Mareógrafo Valenport</p>

<p align="center">Planillero, anemómetro y GPS</p>	<p align="center">Veletas o derivadores</p>
<p align="center">Equipo de buceo</p>	<p align="center">Nivel electrónico y regla</p>

7.3 Oceanografía, hidráulica e hidrología

7.3.1 Climatología y Oceanografía de la región

7.3.1.1 Climatología

Debido a su posición geográfica y a la diversidad de alturas impuesta por la cordillera de los Andes, el Ecuador presenta una gran variedad de climas y cambios considerables a cortas distancias. Nuestro país está ubicado dentro del cinturón de bajas presiones atmosféricas donde se sitúa la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), por esta razón, ciertas áreas del Ecuador reciben la influencia alternativa de masas de aire procedentes del océano y de la Amazonía con diferentes características de temperatura y humedad.

Los cambios estacionales en la ubicación de la ZCIT afecta drásticamente las precipitaciones en la zona ecuatorial, lo que resulta en las estaciones húmedas y secas de los trópicos. Cambios a largo plazo en la ZCIT puede dar lugar a graves sequías o inundaciones en las zonas cercanas. La ZCIT posee desplazamiento a lo largo de un año, en la siguiente figura se puede apreciar la ubicación de la ZCIT.

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: Febrero 2012	7-11

Figura 2. Zona de Convergencia Intertropical

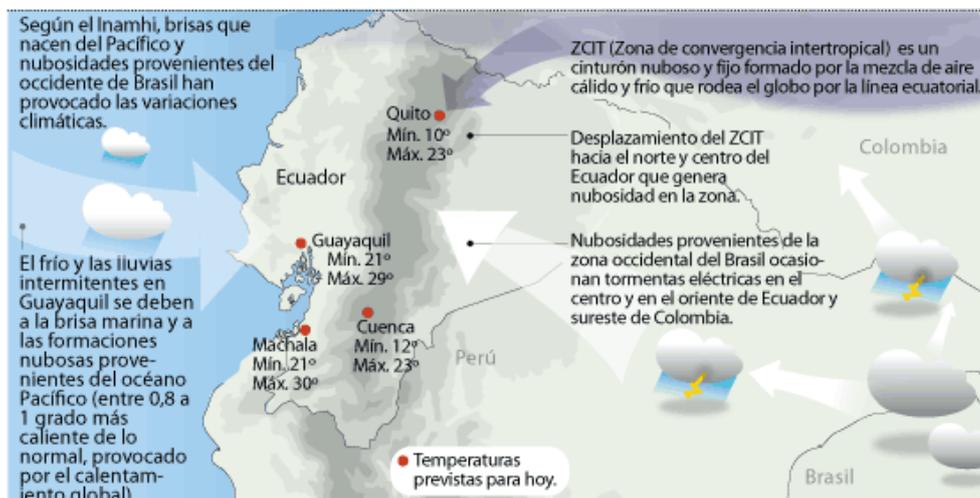


Fuente: Nasa, 2011

Como consecuencia del movimiento de la ZCIT, el clima de la región costera del Ecuador presenta al año dos estaciones bien diferenciadas, la estación húmeda entre enero y abril y la estación seca entre junio y diciembre. La estación húmeda, caracterizada por fuertes precipitaciones está asociada a un alto índice de humedad, altas temperaturas (alrededor de 25 °C) y nubosidad compuesta, principalmente, por cúmulos, estratocúmulos y cumulo nimbus; existe además un debilitamiento de los vientos alisios del sur y una intensificación de los alisios del norte, siendo los alisios del sur los mas dominantes durante todo el año. Cuando coincide la posición más al sur ZCIT con la presencia de aguas cálidas frente a las costas ecuatorianas, los índices de precipitación y de temperatura del aire durante este periodo aumentan extraordinariamente.

La estación seca, caracterizada por la ausencia de lluvias, está asociada a un decrecimiento notable de la temperatura del aire (alrededor de 21°C), la ZCIT esta desplazada más al norte, los vientos alisios del sur aumentan su intensidad y se debilitan los del norte, se forma una capa de nubes estratos que cubre toda la costa ecuatoriana extendiéndose hacia el occidente y sobrepasando las Islas Galápagos.

Figura 3. Variaciones Clima de Ecuador



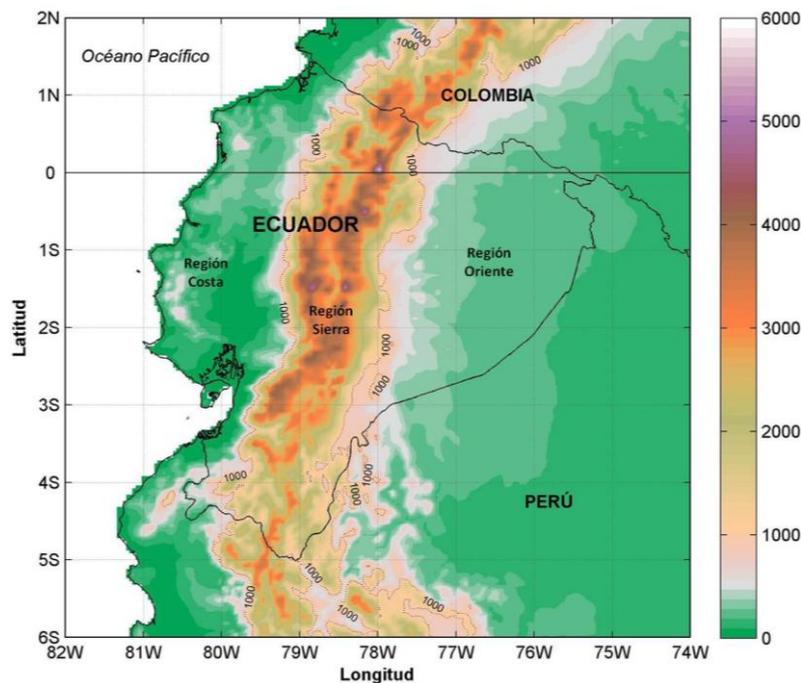
Fuente: INAMHI, 2008

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: Febrero 2012	7-12

Las características climatológicas del Ecuador, responden a una diversidad de factores que modifican su condición natural, tales como: latitud geográfica, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, vegetación, acercamiento y alejamiento del Océano, corrientes marinas y los vientos. La altitud del suelo, es sin duda, el factor que más contribuye a modificar el clima en nuestro país. Si se considera que partiendo del nivel del mar la temperatura desciende un grado por cada 200 metros de altura, nuestro clima tiene una fluctuación de aproximadamente 31 grados, ya que el nivel de sus tierras va desde 0 metros al nivel del mar hasta 6310 metros que es su máxima altura en las cumbres del Chimborazo. Esto ha hecho que nuestro país goce del privilegio de poseer todos los tipos de clima, desde el cálido del Litoral hasta el glacial de las alturas andinas.

Las llanuras de la región Litoral reciben la influencia de la Corriente Fría de Humboldt, la misma que disminuye la temperatura hasta la altura del Cabo Pasado que le corresponde por estar en la Zona Tórrida, como también no permite el paso de los vientos cálidos y húmedos del Pacífico, haciendo que en estas zonas las precipitaciones sean escasas, convirtiendo en estériles a los suelos de la Península de Santa Elena. La Corriente Cálida de El Niño, en cambio, influye en el clima de nuestra región Litoral desde el Norte hasta el Cabo Pasado, haciéndolo más cálido, aumentando grandemente el régimen de lluvias en este sector. Los vientos que soplan desde los Andes disminuyen la temperatura de los suelos bajos de la Costa y Oriente. Además, al chocar con los vientos calientes y húmedos de estas regiones producen las precipitaciones. La presencia de la cordillera de Los Andes, la Amazonía y el océano Pacífico, son los que determinan el clima ecuatoriano, creando los diferentes regimenes de las llamadas “regiones naturales” del Ecuador: Costa, Sierra y Oriente.

Figura 4. 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)



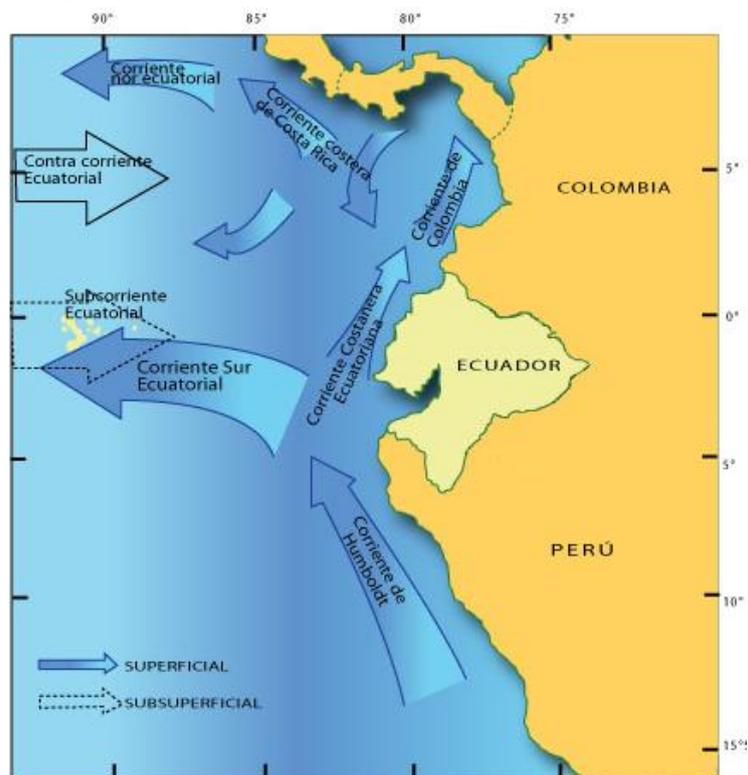
Fuente: UNESCO, 2010. Atlas Pluviométrico del Ecuador. Jonathan Cedeño, María Concepción Donoso. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°21.

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: Febrero 2012	7-13

7.3.1.2 Oceanografía

Las costas del Ecuador están influenciadas por el patrón de circulación global del Pacífico. La mayor parte de la circulación superficial de la región ecuatorial de los océanos está dominada por el flujo hacia el oeste (W) producido por los vientos Alisios. A lo largo de las costas de América llegan al Ecuador, la Corriente de California desde el norte y el Sistema de Corrientes de Perú desde el sur. En latitudes bajas (por efecto Coriolis), estas corrientes giran hacia el oeste para formar parte de las corrientes ecuatoriales del norte y sur respectivamente. De acuerdo al modelo de circulación propuesta de Wyrcki (1966), el balance en el Pacífico Oriental Tropical no se podría dar sin la presencia de un flujo subsuperficial hacia el este, que fue oficialmente detectado por Cromwell en 1952 y que se conoce como la subcorriente ecuatorial o Corriente de Cromwell. Para el presente trabajo se puede considerar como más significativas en la zona de estudio la Corriente Ecuatorial del sur, la Contracorriente Ecuatorial del Norte y la Subcorriente Ecuatorial. En la siguiente Figura se muestra el sistema de corrientes presentes en el Pacífico Ecuatorial.

Figura 5. Circulación de corrientes en el Pacífico Ecuatorial



Fuente: Oregon State University, 2003

Corriente Ecuatorial del Sur

Atraviesa todo el Pacífico en dirección este – oeste, llevando AGUA SUBTROPICAL SUPERFICIAL (ASTS), cuyo rango de temperatura (T) es de 17°C - 25°C y salinidad (S) > 35UPS a toda la zona de Galápagos. El ASTS es relativamente fría, de alta salinidad y rica en nutrientes (Cucalón, 1983).

Su velocidad máxima de 50 cm/s en su frontera norte (4°N - 5°N) no es estable durante todo el año. Próxima al Ecuador su espesor se ve disminuido (20 - 50 m) por

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: Febrero 2012	7-14



la presencia de la Subcorriente Ecuatorial. Al sur la velocidad disminuye pero la corriente permanece estable, se profundiza (espesor 200 m) y se puede distinguir hasta los 10°S.

Su transporte se estima en $60 \times 10^{12} \text{ cm}^3/\text{s}$, producto de los aportes de la Corriente de Perú, Contracorriente Ecuatorial, Sub-corriente Ecuatorial y afloramientos (EPOCS, 1989).

Corriente Ecuatorial del Norte

Se origina en el Pacífico Occidental, fluye hacia el este y su posición está entre 4°N - 5° N y 9°N, está considerada como angosta (300 – 700 Km) tiene un desplazamiento estacional muy marcado en tamaño e intensidad, más fuerte de septiembre a noviembre, más débil de marzo a mayo, variando así mismo su transporte entre $30 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}$ y $5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}$ (Taft, 1981). Al este de 110°W es desviada ligeramente hacia el Sur, su flujo decrece y parte gira hacia el norte; y hacia el sur, donde se une a la Corriente Ecuatorial del Sur y al Corriente Subs superficial de Perú.

Parte de su flujo llega a la Cuenca de Panamá donde junto con agua producida por procesos locales como precipitación e insolación fuertes, origina el Agua Tropical Superficial (ATS); de una $T > 25^\circ\text{C}$ y una $S < 34\text{UPS}$, esta masa de agua está limitada a una delgada y bien mezclada capa superficial (20 – 50 m), pobre en nutrientes (Cucalón, 1983).

Estas masas de agua, (ASTS) y (ATS), se encuentran separadas por una zona de marcados gradientes termo-halinos conocida como FRENTE ECUATORIAL que se extiende desde la costa sur del Ecuador (1°S - 3°S) hasta el norte de las Islas Galápagos (0°N - 3°N) (Cucalón, 1987); los gradientes se consideran como de: 0,05 – 0,09°C por milla en T y 0,02 – 0.04UPS por milla en S (Okuda et al., 1983). El contacto de las diferentes masas de agua ocasiona un aumento de la biomasa planctónica en las proximidades del frente (Jiménez y Bonilla, 1980) que también es conocido por ser rico en biomasa animal, especialmente en los niveles tróficos superiores como peces carnívoros y cetáceos.

El Frente Ecuatorial, que separa las cálidas y poco salinas aguas tropicales de las frías y más salinas aguas de la Corriente de Perú o Humboldt, frecuentemente se extiende desde la parte sur del Ecuador (1°-3°S aproximadamente) en una dirección noreste hasta pasar al norte de las Islas Galápagos, siendo más intenso cerca de la costa. Debido a que la intensidad del frente está grandemente relacionada con la fuerza de la corriente de Perú y con los vientos súper-adyacentes, este varía también estacionalmente y de un año a otro. Además, el extremo oriental del frente sufre continuos desplazamientos latitudinales con las estaciones de una manera similar a la ZCIT.

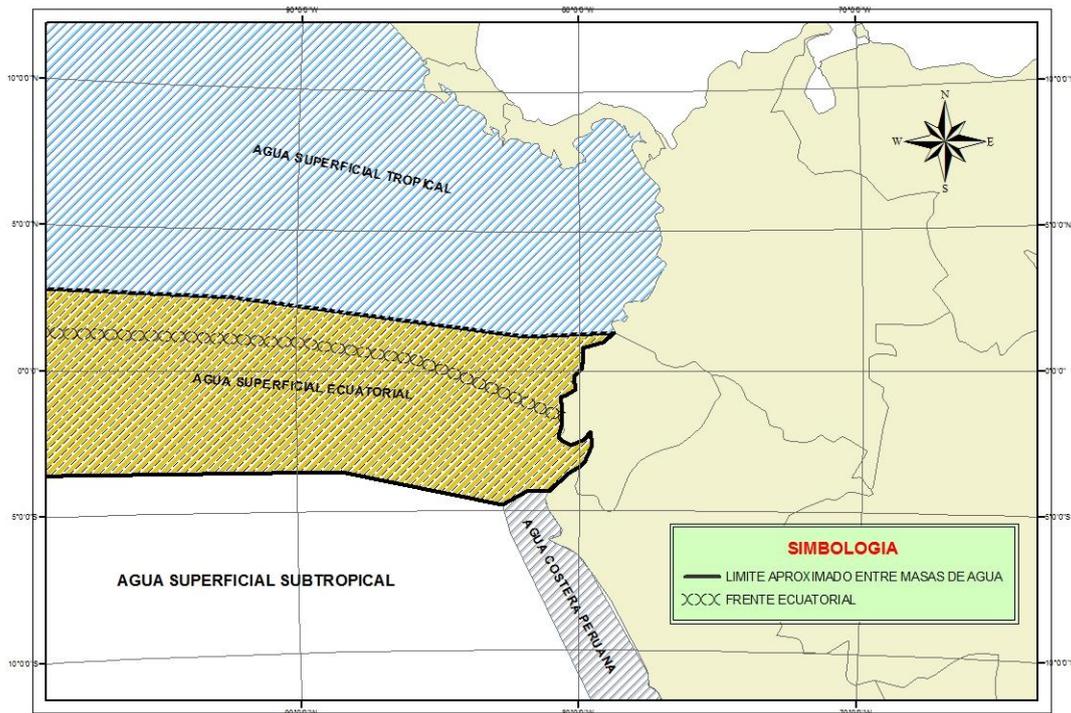
Durante el periodo de mayo a noviembre el frente ecuatorial normalmente es evidente, especialmente en los meses de julio a septiembre cuando se desarrolla con mayor intensidad ubicándose en su posición más septentrional hasta cerca de Pta. Galera, debido a la mayor fuerza de los vientos meridionales y de la corriente de Perú es esta época. Así, durante este periodo el frente exhibe un fuerte gradiente termo-halino

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: Febrero 2012	7-15

superficial con valores que van desde 19°C y 35.0‰ al sur, hasta 26°C y 33.5‰ al norte, en una distancia horizontal aproximada de cien millas.

En los meses de diciembre a abril el frente puede estar ausente o desarrollado muy débilmente e interceptando la costa más lejos al sur, en Perú. La corriente de Perú y los vientos superadyacentes son débiles en esta época, siendo esto correspondido por un movimiento meridional del Agua Tropical de menor densidad de la Bahía de Panamá. En la siguiente figura se muestra la ubicación del frente ecuatorial y masas de agua del Pacífico Tropical Oriental.

Figura 6. Distribución de masas de agua en el Pacífico Tropical Oriental



Elaborado: Asociación Geoestudios Consultsua, 2012

Fuente: Dr. Enfield, 1975

Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell

Es probablemente la más importante en la zona de Galápagos, se extiende desde el Pacífico Central (160°E) hacia las Islas Galápagos en el Pacífico Oriental; Tsuchiya (1972), establece su presencia a lo largo de la faja ecuatorial en el Océano Pacífico. Se abastece de aguas de origen subtropical, moviéndose hacia el ecuador bajo la capa superficial y que cuando llegan al este, escapan del efecto de rotación de la tierra (Coriolis) y son tomadas por la Subcorriente (Houvenaghel, 1984). Su flujo tiene unos 300 Km de ancho, 200 m de espesor velocidad promedio 1 m/s a una profundidad entre 50 y 200 m (Hastenrath, 1985), estando su frontera superior más profunda en el Pacífico Central (núcleo 100 m) reduciéndose a medida que avanza hacia el este (núcleo a 40 m de profundidad al oeste de Galápagos, Abbott, 1982).

La Subcorriente Ecuatorial transporta aguas frías de alta salinidad consideradas como Agua Ecuatorial Subtropical (AESS); de T 13 – 15°C, y una S entre 34,9 y 35,1 UPS (Montgomery y Strout, 1962); que al llegar a Galápagos afloran, enriqueciendo aguas

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 – Consultsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-16



superficiales, propiciando condiciones especiales en diferentes sectores de Galápagos, especialmente en la parte oeste.

Existen también evidencias de la existencia de la Subcorriente al este de las Islas Galápagos situada bajo el frente ecuatorial y asociada con un núcleo de alta salinidad, mayor de 35%. En general, se le atribuye a esta Subcorriente el suministro hacia el Pacífico Suroriental Tropical de agua subsuperficial de alta salinidad y alto contenido de oxígeno disuelto (Cucalón, 1982).

Corriente de Perú o Humboldt

La corriente de Perú, mejor referida como sistema de corrientes del Perú, está constituida por cuatro corrientes individuales. La Corriente Costanera del Perú que fluye hacia el norte muy cercana a la costa, desde el norte de Chile hasta aproximadamente 8° - 10°S. Este flujo se manifiesta, por los menos en parte, durante todo el año y con mayor intensidad en los meses de abril a septiembre. Mapas hacia el oeste la Corriente Oceánica de Perú fluye hacia el norte como parte del giro anticlinal del Pacífico Sur y dobla hacia el oeste cerca de 10°S para integrarse al flujo de la Corriente Ecuatorial Sur. Entre estas dos corrientes se ubica la Contracorriente de Perú que fluye hacia el sur desde aproximadamente 5°S hasta 15°S. Esta contracorriente, en la superficie, se manifiesta con gran intensidad durante el periodo de noviembre a febrero y prácticamente desaparece de julio a octubre formando por tanto la Corriente Costanera y la Corriente Oceánica, en este periodo, un solo flujo uniforme hacia el noreste que posteriormente se integra a la Corriente Ecuatorial Sur. Por debajo de estas tres corrientes se ubica la Subcorriente de Perú, la cual fluye con dirección sur desde aproximadamente 5°S hasta por lo menos 21°S.

La distribución de la temperatura superficial a lo largo de la costa peruana varía acuerdo a su posición geográfica y a la estación del año. Así tenemos que, las máximas temperaturas superficiales se dan durante los meses de febrero-marzo con un rango promedio bastante amplio de 17° a 27°C, mientras que las mínimas temperaturas ocurren en agosto-septiembre en un rango de 13° a 21°C, con una variación anual promedio a lo largo de la costa de Perú de 5°-7°C. Además, en general, las temperaturas superficiales a lo largo de la costa de Perú aumentan hacia el norte y hacia el oeste.

Los cambios en la salinidad superficial están fuertemente influenciados por los procesos advectivos y convectivos que se desarrollan en esta región, así como también por procesos de precipitación y evaporación. En general, la salinidad superficial de estas aguas aumenta hacia el oeste debido a la influencia del Agua Subtropical Superficial de alta salinidad, y disminuye hacia el norte por efectos del Agua Tropical Superficial de menor salinidad de la Bahía de Panamá (Cucalón, 1982).

7.3.2 Hidrología

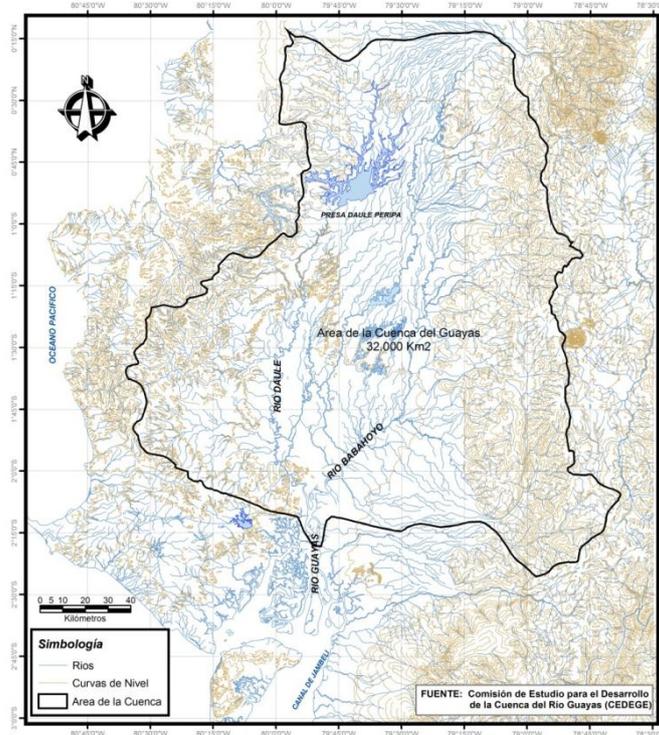
7.3.2.1 Hidrología Superficial

El Río Guayas geográficamente es un estuario, (también conocido en el Ecuador como ría), es decir un río sujeto a la acción de las mareas. El río Guayas nace de la

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: Febrero 2012	7-17

confluencia de los ríos Daule y Babahoyo, y es la vertiente final de la cuenca que lleva su nombre. La cuenca tiene una extensión aproximada 34.500 km².

Figura 7. Cuenca del Río Guayas



Fuente: CEDEGE, 2011

Por su parte el Golfo de Guayaquil, divide al Estuario en un Estuario Interior y un Estuario Exterior, los dos sistemas hídricos en el Estuario Interior del Golfo de Guayaquil son el Río Guayas y el Estero Salado que son interdependientes, pero separados y se interconectan entre sí por las esclusas en el Estero Cobina y los Esteros Chupadores Grande, Chupadores Chico y Cascajal. El Río Guayas tiene mucha más influencia del drenaje de las Cuencas aportantes que el estero salado; este hecho hace que el Río Guayas, por las condiciones de corrientes de marea como lo describe Murray et al. 1973, sea un factor importante en los aportes sedimentarios al Estero Salado y en especial al Canal de Acceso.

7.3.2.1.1 Río Guayas

El río Guayas es el sistema fluvial más importante, no sólo del Ecuador sino de toda la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, con una extensión en su cauce principal, de 55 Km, desde la unión de los ríos Babahoyo y Daule hasta la isla Verde, con un ancho más o menos uniforme de 1.5 Km (en la isla Santay), una profundidad que varía entre 5 a 12 m, teniéndose profundidades mayores frente a la ciudad de Guayaquil (INOCAR, 1988). El caudal varía significativamente dentro de las estaciones cálida y húmeda y fría y seca. Por otro lado, la gran carga de sedimentos genera la presencia de bajos o bancos areno-limosos, que se descubren en bajamar, localizándose principalmente entre La Puntilla y la isla Mondragón, que ocasionan que el cauce del río Guayas sea más alto que el cauce del estero Salado.

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: Febrero 2012	7-18



Los tributarios principales del río Guayas son: el Daule y el Babahoyo, que se unen aguas arriba de la zona central consolidada, en la Puntilla. El área total de drenaje, hasta el nacimiento del Guayas, sobrepasa las 34.000 Km².

Siguiendo hacia el mar, el estuario se divide en dos canales principales que bordean la isla de Puná, que están influenciados por el río y por el mar, respectivamente. En el canal del Morro ingresa y descarga el Estero Salado y en el de Jambelí descarga y carga el río Guayas, ambos se unen por el canal de Cascajal. Además, el río Guayas antes de la unión con el canal de Jambelí se divide en tres, generando los canales de: Mondragón, que rodea la isla del mismo nombre, el canal de Naranjal y el canal de Matorillos, estos últimos formando la isla de Matorillos y los ingleses, respectivamente.

Un factor que nos ayuda a determinar el comportamiento del estuario es el grado de salinidad. En época seca, ésta puede alcanzar valores entre 28 a 30 ppm de salinidad en el estuario interior; mientras que en época lluviosa se reduce a 20 ppm, en ambos casos se consideró el estuario interior ubicado al noroeste de la isla Puná. Esta reducción está relacionada directamente con el incremento de la descarga del río Guayas en épocas de lluvia. En definitiva, las variaciones a nivel subsuperficial están relacionadas con el aporte fluvial y el grado de mezcla. En épocas lluviosas, por otro lado, los cambios de salinidad a través de la columna de agua son más agudos, debido a la presencia del “Tapón Hidráulico” cosa que no ocurre en la época seca, cuando el grado de mezcla es mayor.

A pesar de estar íntimamente relacionados, desde el punto de vista morfológico, existe una diferenciación clara entre el estuario y el estero Salado, compuesto por un sistema de islas y esteros, localizados al oeste.

7.3.2.1.2 Estero Salado

El estero Salado está constituido por una costa muy baja, casi al nivel del mar, donde la abundancia de vegetación, principalmente Manglar, le da la apariencia de un gran pantano. Se pueden describir como varios esteros interconectados entre islas cubiertas de manglar en sus orillas, con pampas salinas en el centro de las mismas. Además, el ecosistema de manglar, con su complicado sistema de raíces, atrapa sedimentos que sirven de nicho a infinidad de especies marinas.

Complementariamente, el origen del Estero Salado se debe principalmente al aporte sedimentario del río Guayas, que han construido un extenso sistema de islas y canales de marea, hasta aislarlo completamente del actual curso del río Guayas.

Adicionalmente, la influencia marina dada por la interacción río – mar ha generado la conformación de numerosas ramificaciones (esteros e islas), formando un estuario complejo, cuya principal ramificación es el estero Salado, que se adentra hasta el corazón mismo del Guayaquil metropolitano.

El Estero Salado no recibe aportes de agua dulce significativos y la baja carga de salinidad encontrada, en otros estudios, se debe a que las corrientes de marea empujan aguas provenientes de la descarga fluvial del río Guayas hacia el estero, por lo tanto, puede haber un relleno indirecto de sedimentos aportados por el río Guayas a través del mar, hasta es posible que el brazo principal del estero Salado fuera 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: Febrero 2012	7-19

antiguo cauce abandonado del río Guayas, separado por la barra y abierto por la acción de las corrientes de marea (De Miro, et al, 1976).

El contenido de sedimentos está constituido por arena limosa, siendo el contenido de arcilla bajo. Respecto a los sólidos en suspensión, estos dependen de la magnitud y de la duración de las corrientes de marea existentes. Durante la estación de lluvia la concentración de sedimentos es mayor que en la estación seca, debido al mayor aporte de sedimentos de ríos y riachuelos, provenientes del lavado de sedimentos ocasionado en las áreas torrenciales de las zonas montañosas.

7.3.2.2 Disponibilidad de Información

Como ya se mencionó, el río Guayas está compuesto por dos subcuencas principales: Daule y Babahoyo. Daule dispone de un tributario que corresponde a una parte del río Vinces, a través de los esteros Banife y río Pula. El Babahoyo dispone de dos tributarios: el Vinces, a través del estero Los Tintos y otros de menor magnitud, y El Río Chimbo, río principal de la subcuenca integrante de la Cuenca Baja del río Guayas.

7.3.2.3 Análisis de Caudales

7.3.2.3.1 Río Daule

El río Daule está compuesto por los siguientes tributarios: río Puca, río Colimés, río Banife y río Pula. Cabe anotar que el Banife y el Pula son parte de la contribución del río Vinces; esto ocurre dada la baja pendiente del río en esa zona que tiende a bifurcarse formando esteros que se dirigen a los ríos Daule (40%) y Babahoyo (60%).

A partir de la estación base, establecida en Daule La Capilla, por disponer de registros extensos, confiables y sin influencia de las mareas, se obtuvieron los caudales medios y extremos para río Daule A.J. Guayas. Después se estimaron los aportes por tributarios menores, entre la estación base y antes de la unión con el río Babahoyo, para esto se procedió a multiplicar los caudales de la estación base por un porcentaje estimado del 10%. Para incorporar a los ríos Pula y Banife del Vinces, se estimó que el 40 % del mismo descarga hacia el río Daule. Por último, los caudales requeridos antes de la unión con el Guayas, se obtuvieron adicionando los dos caudales obtenidos: estación base más el 10% más 40% de los caudales del río Vinces, esto, para caudales mínimos como para los máximos.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de los caudales extremos determinados, anotándose que desde 1989 los caudales están influenciados por la presa Daule-Peripa y desde julio 1999 están operados bajo normas de producción de electricidad a través de CONELEC Y SENACE

Tabla 4. Caudales Máximos y Mínimos Anuales

Años	Caudales		Observaciones
	Máximos	Mínimos	
1971	2314	23.75	
1972	2135.9	----	

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: Febrero 2012	7-20

Años	Caudales		Observaciones
1973	2266.31	20.96	
1975	2421.82	30.82	
1976	2258.57	25.34	
1977	1999.98	16.12	
1982	1966.34	13.64	
1983	2050.49	---	
1984	2068.65	33.45	
1985	1735.3	16.6	
1986	---	---	
1987	2267.14	29.66	
1988	1392.7	44.39	
1989	1796.57	59.68	Entra en funcionamiento el proyecto Daule-Peripa
1990	587.98	39.12	
1991	2008.25	---	
1992	2381.77	12.95	
1993	2088.43	111.66	Entra en Funcionamiento Casa de Máquinas
1994	1386.49	43.91	
1999	----	153.44	
2000	846.36	----	

Fuente: INAMHI –CEDEGE

Del cuadro anterior se puede apreciar que los caudales extremos del río Daule pueden ser divididos en tres etapas claramente identificadas: antes de la construcción de la presa Daule-Peripa (1964-1988); primera etapa de funcionamiento (1989-1999); y segunda etapa con generación de hidroelectricidad (1999 en adelante). Se nota que en la primera etapa no se realiza una regulación exhaustiva, como muestra la ocurrencia de mínimos extremos durante ese período de prueba; en contraste, desde 1989, la regulación es mucho más rigurosa y los valores obtenidos cambian sustancialmente, con diferencias significativas de los valores naturales.

En estaciones de lluvias los caudales máximos son laminados, aunque la laminación se produce desde la entrada en funcionamiento de la presa Daule Peripa (1989); con respecto a los caudales mínimos, los mayores valores pertenecen al último período, con valores significativamente mayores a los naturales. Por otro lado, cabe anotar que en verano (época fría y seca) la extensa e intensa producción agrícola, por un lado, y los sistemas de agua para consumo humano, por otro, disminuyen notablemente los recursos hídricos; estas extracciones deben ser restadas de los caudales mínimos establecidos en este informe para obtener los valores reales.

7.3.2.3.2 Río Vinces

Al río Vinces drena la parte septentrional de la cuenca del Guayas, desde las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes, a partir de los 3000 msnm, lo cual trae como consecuencia un régimen de estiaje más regular que el río Daule. Al llegar a la población de Antonio Sotomayor se bifurca en dos: río Vernaza y río Pula. Al Pula llegan las aguas del río Macul derivándose después al Jigual; mientras que las aguas del Vernaza van al Babahoyo a través del estero los Tintos y al Daule a través del Banife; aguas abajo el río Pula se une al Daule.

Cabe anotar que la parte baja de la subcuenca, toda la zona de unión con los ríos Daule y Babahoyo está sujeta a inundaciones periódicas (época de lluvias) por

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: Febrero 2012	7-21

disponer de depresiones de antiguos meandros y pozas, que generan el cultivo extensivo e intensivo de arroz.

Esta subcuenca cuenta con varias estaciones de medida, aunque la más próxima al sitio de interés es la Vinces en Vinces, con un buen número de años de registro completos, buena consistencia de información y sin influencia de la marea.

En la Tabla 5 resume los caudales máximos, mínimos y medios encontrados en el río Vinces.

Tabla 5. Resumen de Caudales Máximos y Mínimos Anuales (sin regulación)

Años	Caudales	
	Máximos	Mínimos
1964	769	36.2
1965	873	45
1966	868	34.1
1967	810	19.8
1968	565	19.2
1969	766	24
1970	722	24
1971	860	31.6
1972	860	68.93
1973	859	33.26
1974	673	24.52
1975	853	25.92
1976	938	22.46
1977	1066	8.16
1982	978	21.78
1983	964.7	67.98
1984	873.6	27.48
1985	898	11.66
1986	931	14.02
1987	919	20.94
1988	839	15.99
1989	942	23.71
1990	534	19.78
1991	967	11.99
1992	945	16.22
1993	942	19.38
1994	939	12.32

Fuente: INAMHI – CEDEGE

A los valores extremos anuales obtenidos en Vinces se deben repartir entre los dos ríos tributarios: Daule y Babahoyo, respectivamente, correspondiendo el 40%, en el primer caso, y al 60% en el segundo caso.

7.3.2.3 Río Babahoyo

Para río Babahoyo se utilizó como estación base la estación Catarama en Catarama, que aunque esté alejada del sitio que se precisa los caudales (A.J. Guayas), sus registros son confiables y no se tiene la influencia de la marea que podría distorsionar

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: Febrero 2012	7-22

los niveles observados. Además, no se dispone de otra estación mejor ubicada que no tenga injerencia de la marea, como sucede con la estación Babahoyo en Babahoyo.

El río Babahoyo está compuesto principalmente por dos subcuencas: Chimbo o Yaguachi y San Pablo. Cabe anotar que estos tributarios tienen comprometido sus caudales de estiaje en desarrollos agrícolas extensos, como es el caso del ingenio San Carlos en el Río Chimbo, que capta prácticamente todo el caudal mínimo minimimum del Río Chimbo en estiaje. Además, El Río Chimbo forma parte de un sistema de regulación de crecientes, compuesto por diques y bypass, al momento prácticamente terminado, conocido como “Control de Inundaciones de la Cuenca Baja del río Guayas”. En resumen, los caudales máximos son desviados por sendos bypass que desembocan directamente al mar, en la cuenca del río Churute; mientras que los valores de caudales mínimos son utilizados en desarrollos agrícolas.

La Tabla 6 los caudales diarios extremos de la estación base que se utilizó en la extrapolación de los caudales hasta la junta con el Daule.

Tabla 6. Resumen de Caudales Máximos y Mínimos Anuales

Años	Caudales		
	Máximos	Mínimos	Medios
1980	---	15.1	---
1981	909.1	---	---
1982	883.3	56.6	128.3
1983	914.1	58.6	356.3
1984	909.1	23.5	170.7
1985	907.1	16.6	110.3
1986	722.3	18.9	167.3
1987	911.1	20.1	164.3
1988	919.1	21.4	128.2
1989	684.3	18.9	208.5
1990	895.2	21.4	96.72
1991	629.2	10.1	137.49
1992	902.1	17.7	213.0
1993	913.1	24.4	---
1994	913.1	21.4	205.0
1995	823.2	---	139.82

Fuente: INAMHI – CEDEGE

Para la obtención de los caudales en el sitio requerido, a los caudales registrados de la estación base, se los analiza por conceptos de agrupación, es decir considerando un porcentaje en el tramo comprendido entre Catarama en Catarama y A.J. Guayas, es decir se debe considerar la producción de los ríos San Pablo y Chimbo, ya que el Vinces se los considera como aporte puntual, correspondiente al 60% de sus caudal.

Con estos antecedentes y de acuerdo a las características hídricas del tramo, así como al decremento por caudales captados en verano y a las pérdidas por retención en zonas bajas, entre la estación Catarama y la unión con el Guayas y con respecto a las diversas condiciones de flujo presentes en el río Babahoyo y sus tributarios, se asumió que para los meses de lluvias se mejorará el caudal de la estación base por un 35 %. Para el resto del año, en verano, se lo mayorará con un coeficiente del 50%. Los datos obtenidos se consignan en resumen en la Tabla 7.

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: Febrero 2012	7-23

Tabla 7: Caudales Máximos y Mínimos en Babahoyo A.J. Guayas

Años	Caudales	
	Máximos	Mínimos
1982	1958.0	119.2
1983	1806.1	141.1
1984	1748.8	51.7
1985	1513.9	31.8
1986	---	36.8
1987	1792.2	43.9
1988	1427.3	44.1
1989	1769.7	42.6
1990	1170.2	36.4
1991	1798.4	29.4
1992	1799.7	36.3
1993	1798.0	11.6
1994	1803.1	7.4

Fuente: INAMHI – CEDEGE

Realización: Asociación TAHAL-ACSAM

7.3.2.3.4 Río Guayas

Con esta metodología empleada, los caudales presentes en el río Guayas están dados por la suma de todos los valores obtenidos de los dos tributarios principales: Daule A.J. Guayas más Babahoyo A.J. Guayas, tanto para caudales medios y extremos. Cabe anotar que se asume simultaneidad de eventos extraordinarios en los tributarios y, por lo tanto, en caso de no ocurrir así, esta consideración nos pone dentro del lado de seguridad, al considerar los extremos mensuales como simultáneos.

En la Tabla 8 presenta un resumen de los caudales extremos obtenidos para el río Guayas.

Tabla 8: Caudales Máximos y Mínimos en Guayas

Años	Caudales (m3/s)	
	Máximos	Mínimos
1982	3924.4	133.5
1983	--	---
1984	3760.9	85.2
1985	3249.2	48.4
1986	--	---
1987	3857.7	73.6
1988	2763.7	89.0
1989	3507.0	110.3
1990	1638.5	83.2
1991	---	63.9
1992	4167.7	---
1993	3716.6	167.8
1994	3020.4	80.23

Fuente: INAMHI – CEDEGE

Realización: Asociación TAHAL-ACSAM

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: Febrero 2012	7-24

7.3.2.3.5 Ajustes de Caudales Extremos

Se deben analizar detalladamente la ocurrencia de los caudales máximos y mínimos en el río Guayas, considerando estos aspectos. Por un lado, sabemos que los caudales máximos y mínimos en el río Daule no corresponden a los históricos sino a los de la operación del embalse, extrapolados hasta Daule A.J. Guayas, con los factores establecidos. Por otro lado, sólo disponemos de un 1 año de registro de caudales regulados (julio 1999 a abril 2000). En conclusión, los caudales estimados en el río Guayas, para diferentes períodos de retorno, serán iguales a la suma de los caudales del Babahoyo para diferentes T más el caudal regulado registrado. La Tabla 9 presenta los caudales máximos y mínimos para diferentes períodos de retorno en el río Guayas de acuerdo al razonamiento expuesto.

Tabla 9: Caudales Máximos y Mínimos Regulados en el Río Guayas

Años	Caudales Máximos (m3/s)			Caudales Mínimos (m3/s)		
	Babahoyo	Daule	Guayas	Babahoyo	Daule	Guayas
1.25	1595.1	846.36	2441.1	74.4	100.4	174.8
2	1780.9	846.36	3375.1	37.2	100.4	137.6
5	1841.6	846.36	3436.7	17.3	100.4	117.7
10	1845.8	846.36	3440.6	12.2	100.4	112.6
20	1846.2	846.36	3441.3	9.7	100.4	110.3
25	1846.0	846.36	3411.1	9.2	100.4	109.6
50	1852.2	846.36	3447.3	8.3	100.4	108.7
100	1864.3	846.36	3459.4	7.8	100.4	108.2

Fuente: INAMHI – CEDEGE

Comparando los resultados obtenidos con este análisis, mucho más apegado a la realidad de la ocurrencia de caudales extremos, con el obtenido para Guayas con los valores históricos de Daule, antes de la construcción de Daule – Peripa, se obtienen los siguientes valores, que se resumen en la Tabla 10 siguiente.

Tabla 10: Comparación de Caudales Extremos en el Río Guayas

Años	Caudales Máximos (m3/s)			Caudales Mínimos(m3/s)		
	Guayas (sin regulación)	Guayas (con regulación)	Diferencia	Guayas (sin regulación)	Guayas (con regulación)	Diferencia
1.25	3014.5	2441.1	573.4	118.6	174.8	-56.2
2	3625.2	3375.1	250.1	85.6	137.6	-52.0
5	3853.6	3436.7	417.0	63.8	117.7	-53.9
10	3883.9	3440.6	443.3	56.6	112.6	-56
20	3888.0	3441.3	446.7	52.7	110.3	-57.6
25	3888.0	3411.1	476.9	51.8	109.6	-57.8
50	3890.2	3447.3	442.9	49.9	108.7	-58.8
100	3900.4	3459.4	441.0	48.7	108.2	-59.5

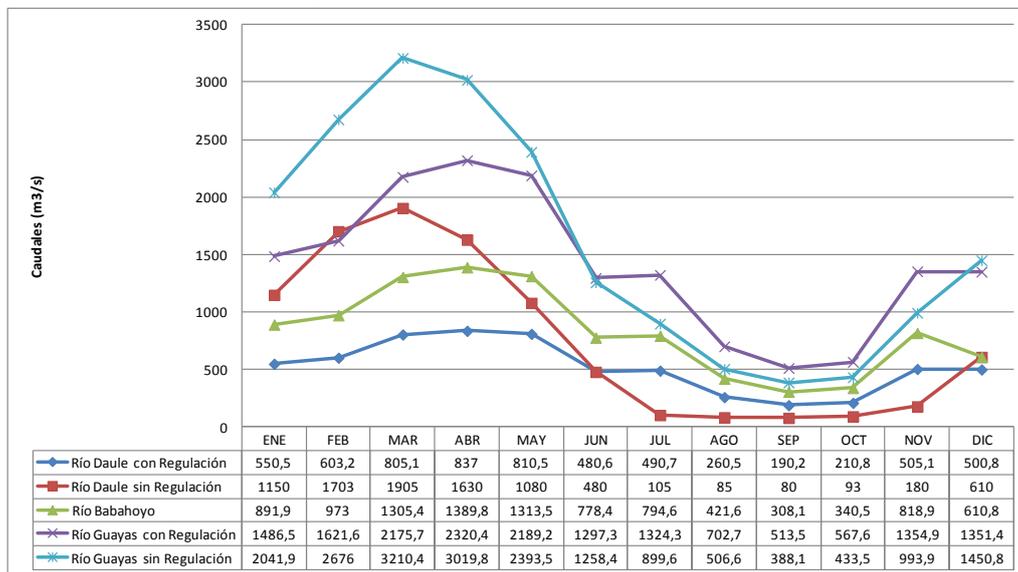
Fuente: INAMHI – CEDEGE

Como se puede ver claramente en la Tabla 10 anterior, si se emplea los caudales extremos, sin considerar la regulación real del Daule, efectuada desde julio de 1999, se estarían sobreestimando los caudales máximos, al no considerar el efecto de

laminación de crecientes, que para este corto período de tiempo es de alrededor de 500 m³/s. Complementariamente, con los caudales mínimos ocurre exactamente lo contrario, sin considerar la regulación se estarían subestimando en 60 m³/s, aproximadamente, debido a los caudales mínimos regulados, de la generación de hidroelectricidad propiamente dicha y por convenios de mantener un caudal mínimo en el Daule, que no permita la intrusión salina en la toma de agua potable (ECAPAG), para el abastecimiento de Guayaquil.

En la Figura siguiente, se presentan 2 escenarios del Sistema, antes de la regulación del Río Daule y después de la Regulación del río Daule. La información de caudales mensuales promedios de los ríos Daule, Babahoyo y Guayas con todas estas variables, se presentan en la Figura 8, para lo cual se obtienen caudales del Río Guayas con los mismos escenarios que se generan para el Río Daule, es decir con regulación y sin regulación.

Figura 8. Caudales Promedio Mensuales



Fuente: CEDEGE

El comportamiento estacional de los Caudales del Río Guayas, aporta con sedimentos al Estero Salado; claramente se puede advertir bajo este criterio, que el aporte de sedimentos por las cuencas de drenaje y las consideraciones de deforestación, son mayores en la Estación Húmeda, por lo que en la Estación Seca y es coincidente con lo analizado en la Fase 1.

7.3.3 Medición de Parámetros Oceanográficos Físicos

7.3.3.1 Corriente, salinidad, densidad volumétrica y temperatura

7.3.3.1.1 Corriente

Los resultados obtenidos en las mediciones de campo, se presentan desglosados en: velocidad de corrientes superficiales, subsuperficiales, y de fondo mediante las diferentes técnicas de medición de corriente (Lagrange y Euler). El campo de velocidades de corriente será analizado con las velocidades máximas (que es el mayor

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: Febrero 2012	7-26

valor determinado en un segmento de trayectoria), anexándose además las tablas del campo de velocidades promedio para cada estación, así como los mapas temáticos de las trayectorias.

Método Lagrangiano

Del estudio realizado para mediciones de corrientes superficiales y subsuperficiales (3m) mediante el método Lagrangiano (uso de veletas) se encontró que las veletas superficiales y subsuperficiales durante la época seca guardan relación directa con la marea, teniendo que durante el reflujo las corrientes superficiales y subsuperficiales tienden a dirigirse hacia el sur con oscilaciones hacia el oeste.

ÉPOCA SECA

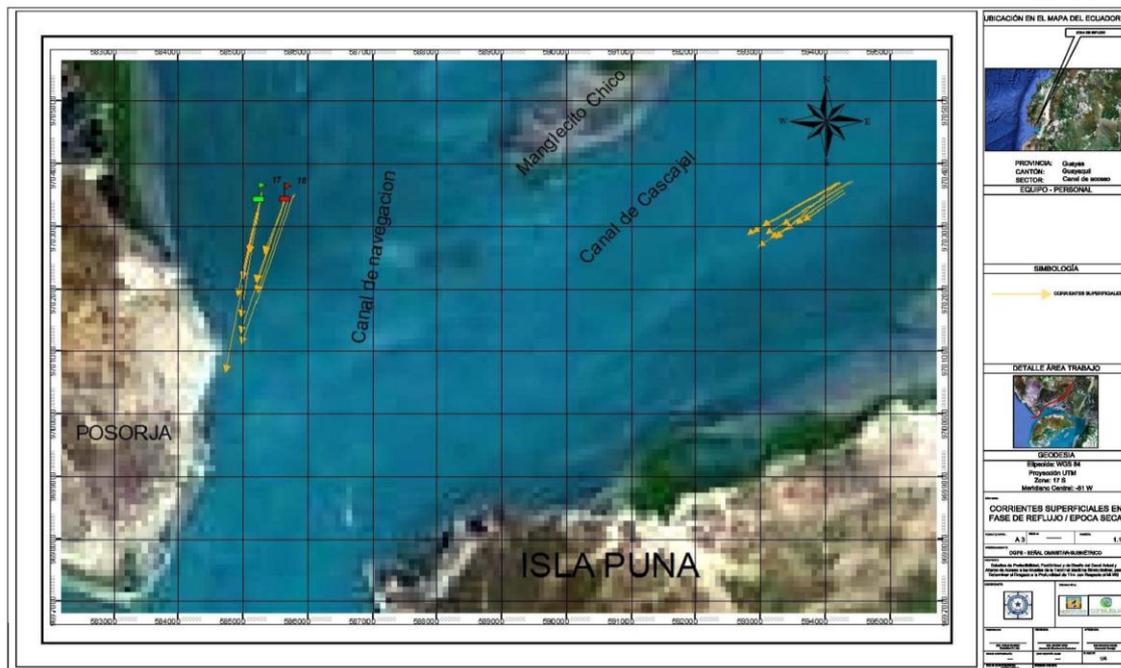
Velocidad Superficial

Reflujo

Durante el estado de reflujo las *veletas superficiales* en el Canal de Navegación alcanzan velocidades máximas de 1.34 m/s con dirección 210° SW, mientras que en el Canal de Cascajal se registraron velocidades superficiales máximas de 1.19 m/s con dirección 235° SW, ubicándose en el III cuadrante.

El resultado de la velocidad promedio para el Canal de Navegación se situó en 1.08 m/s y para el Canal de Cascajal fue de 0.96 m/s con direcciones correspondientes al tercer cuadrante. En la siguiente Figura se muestran las trayectorias de las veletas superficiales durante el estado de reflujo.

Figura 9. Corrientes Superficiales durante la fase de reflujo/Época Seca



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

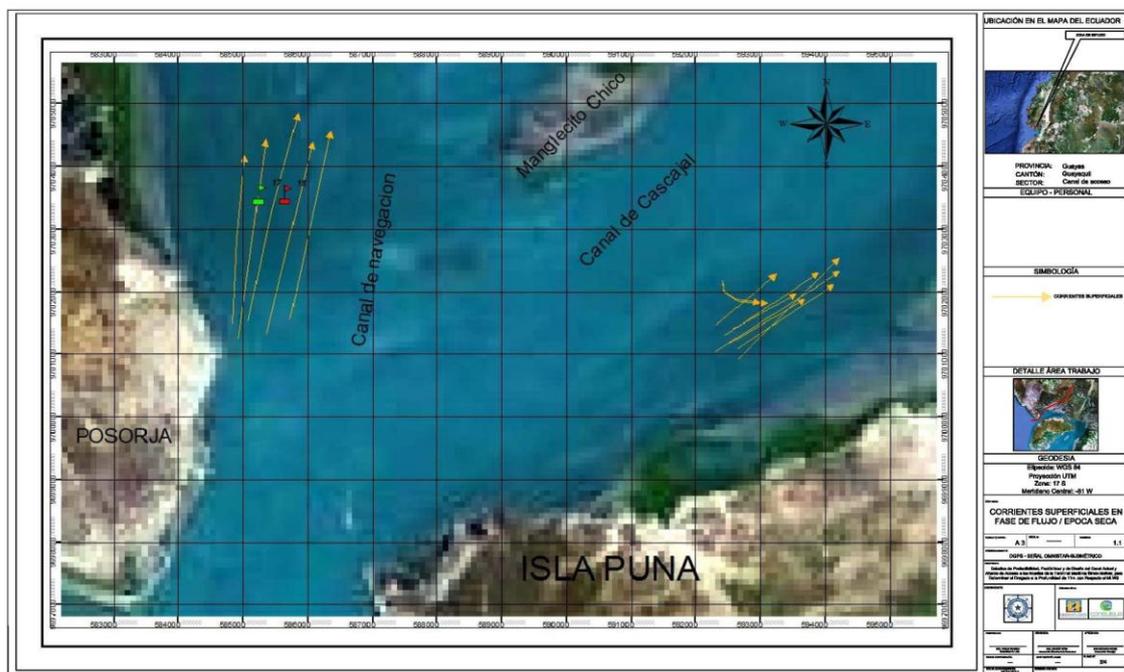
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-27

Flujo

Las velocidades superficiales medidas durante la época seca y en estado de flujo, muestran que éstas tienden a dirigirse hacia el norte con oscilaciones hacia el Este. Las corrientes superficiales medidas en el Canal de Navegación tienden a seguir la línea del canal (mayores profundidades), encontrando velocidades máximas de 1.14 m/s con dirección 15° NE, mientras en el Canal de Cascajal se registró 0.33 m/s con dirección 45° NE.

Respecto a las velocidades promedio, en el Canal de Navegación se ubicó en 1.02 m/s y 0.24 m/s para el Canal de Cascajal. La Figura 10 muestra las trayectorias de las veletas superficiales durante la fase de flujo.

Figura 10. Corrientes Superficiales durante la fase de flujo/Época Seca



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Velocidad Subsuperficial

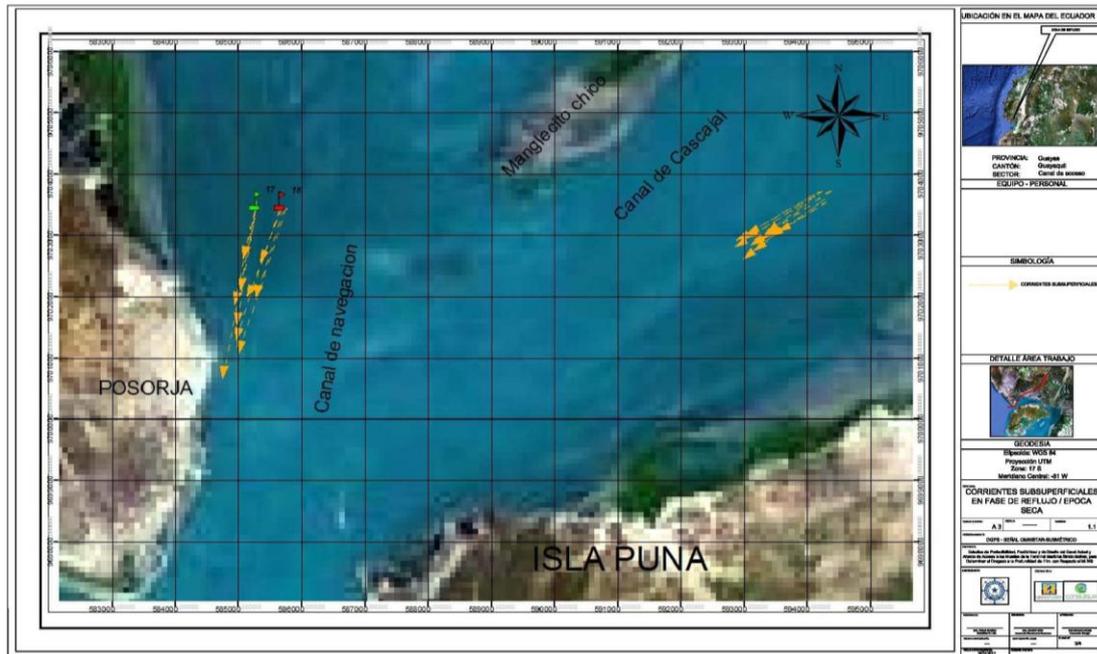
Reflujo

Las corrientes subsuperficiales en el canal de Navegación y Cascajal tienden dirigirse de manera paralela con las veletas superficiales, dirigiéndose de manera general hacia el suroeste y alcanzando velocidades máximas de 1.30 m/s con dirección 212° en el Canal de Navegación SW y 1.16 m/s con dirección 205° SW para el Canal de Cascajal.

La velocidad promedio en el sector del Canal de Navegación es de 1.05 m/s con dirección 204° SW, mientras que para el Canal de Cascajal es de 0.92 con dirección 212°SW. La Figura 11 muestra las trayectorias de las veletas subsuperficiales durante el reflujo.

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: Febrero 2012	7-28

Figura 11. Corrientes Subsuperficiales durante la fase de reflujó/Época Seca

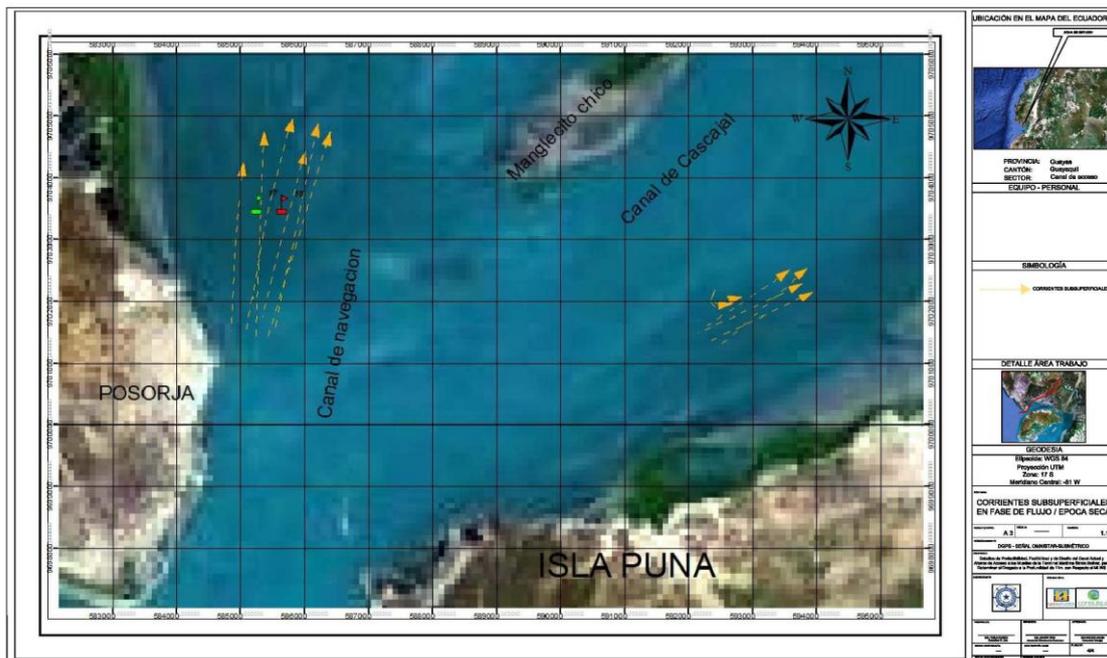


Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Flujo

Durante el estado de flujo, las corrientes subsuperficiales en el canal de Navegación y Cascajal tienden a dirigirse en manera general al norte, con velocidades máximas de 1.11 m/s con dirección 17°NE y 0.26 m/s con dirección 10°NE, mientras que la velocidad promedio para el Canal de Navegación es de 1.01 m/s con dirección 10°NE y 0.24 m/s con dirección 23°NE para el Canal de Cascajal. En la Figura 12 se grafican las trayectorias recorridas por las veletas durante las mediciones realizadas.

Figura 12. Corrientes Subsuperficiales durante la fase de flujo/Época Seca



Elaborado: 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: Febrero 2012	7-29

La Tabla 11 muestra las velocidades y direcciones de corriente superficial y subsuperficial para el Canal de Navegación y Canal de Cascajal durante la época seca, observándose que durante este periodo las velocidades superficiales son mayores a las subsuperficiales, registrándose las mayores velocidades durante la fase de reflujo y en el sector entre las boyas 17 y 18.

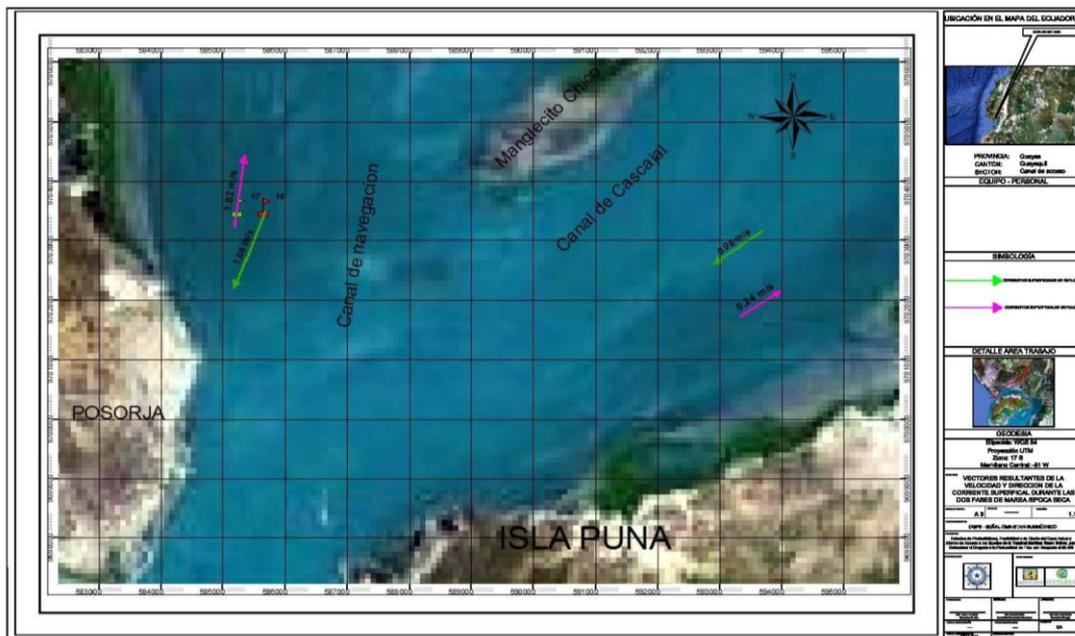
Tabla 11. Velocidad y Dirección de corriente Superficial/Subsuperficial/Epoca Seca

Fase Lunar	Sector	Nivel	Velocidad Promedio (m/s)	Dirección (grados)	Velocidad Máxima (m/s)	Dirección (grados)	Fase de Marea
●	Entre las Boyas 17 y 18	Superficial	1.08	205	1.34	210	Reflujo
			1.02	358	1.14	15	Flujo
		Subsuperficial	1.05	204	1.30	212	Reflujo
			1.01	10	1.11	17	Flujo
	Canal de Cascajal	Superficial	0.96	233	1.19	235	Reflujo
			0.24	42	0.33	45	Flujo
		Subsuperficial	0.92	212	1.16	205	Reflujo
			0.24	23	0.26	10	Flujo

Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

En las siguientes figuras se grafican los vectores de corrientes superficiales y subsuperficiales resultantes, observándose claramente que se encuentran sujetas al cambio de marea, teniendo que en el estado de reflujo las velocidades son mayores tanto en el canal de Navegación como en el canal de Cascajal. Las velocidades superficiales son mayores que las subsuperficiales, siendo efecto de la fuerza que ejerce el viento sobre la superficie, brindándole un mayor arrastre a estas veletas.

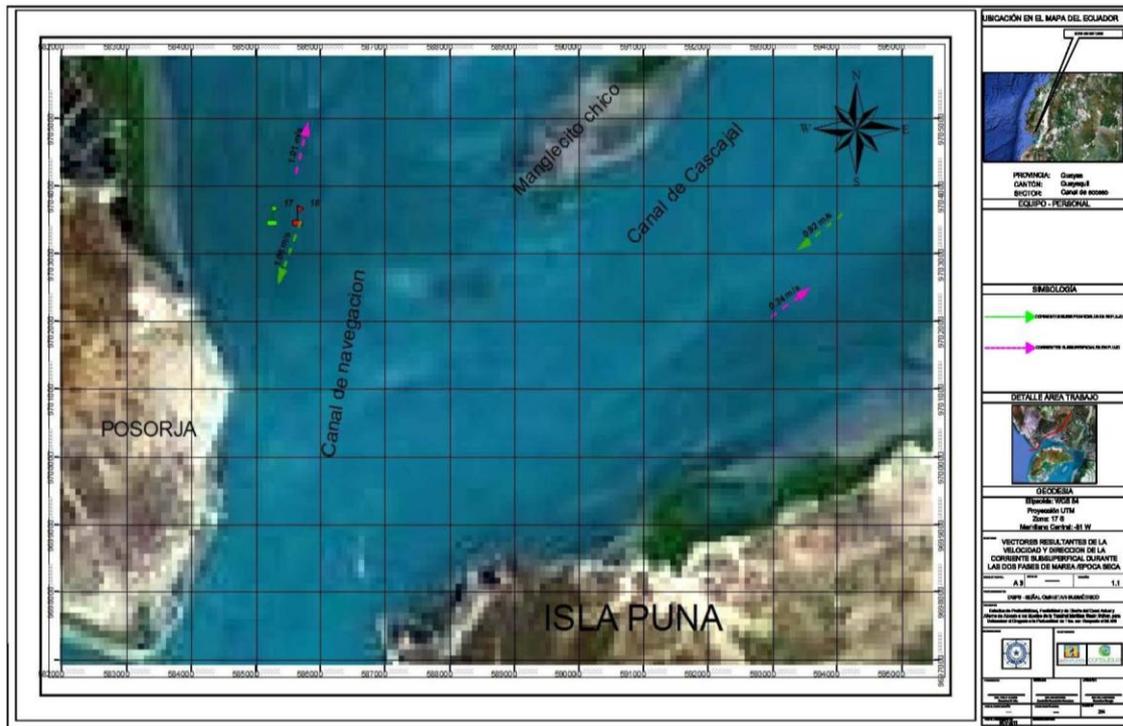
Figura 13. Vectores resultantes / Corrientes Superficiales / Época Seca



Elaborado: 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: Febrero 2012	7-30

Figura 14. Vectores resultantes / Corrientes Subsuperficiales /Época Seca



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

ÉPOCA HUMEDA

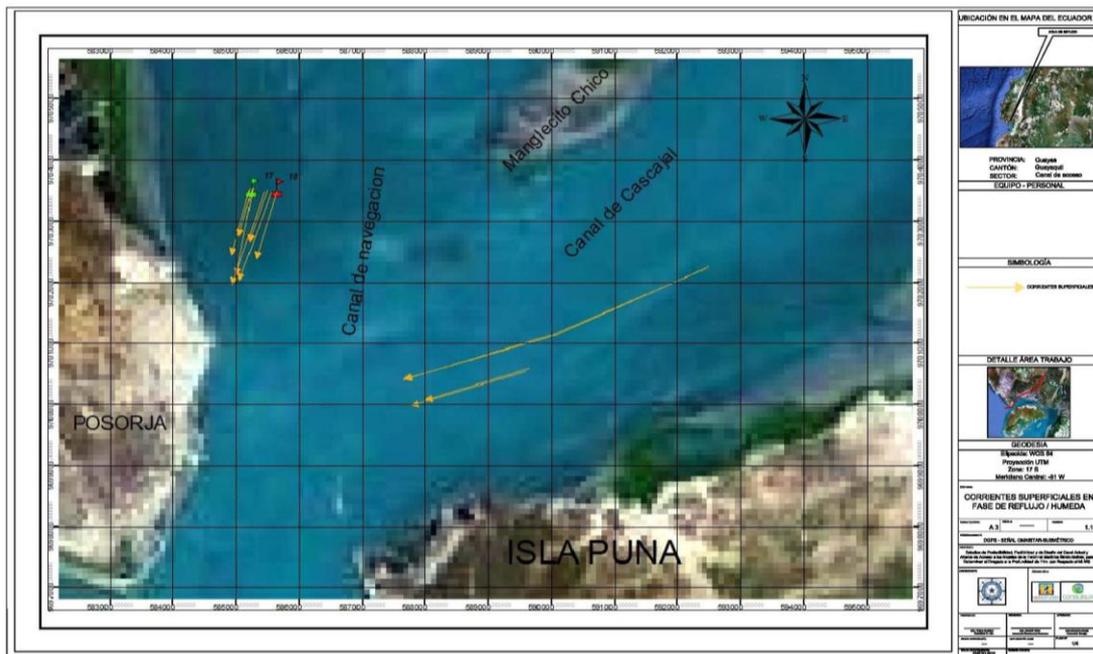
Velocidad Superficial

Reflujo

Las velocidades superficiales registradas durante la segunda campaña de medición en la fase de reflujo, muestran que en el canal de Navegación se la máxima magnitud medida fue 1.19 m/s con dirección 212°SW, mientras que, en el Canal de Cascajal la máxima velocidad fue de 1.79 m/s con dirección 235° SW. Las velocidades promedio para el sector comprendido entre las boyas 17 y 28 fue de 0.64 m/s y en el Canal de cascajal 1.78 m/s con dirección 235°SW, observándose que durante esta jornada de trabajo las velocidades superficiales fueron más fuertes en el canal de Cascajal. La 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: Febrero 2012	7-31

Figura 15. Corrientes Superficiales durante la fase de reflujo/Época Húmeda

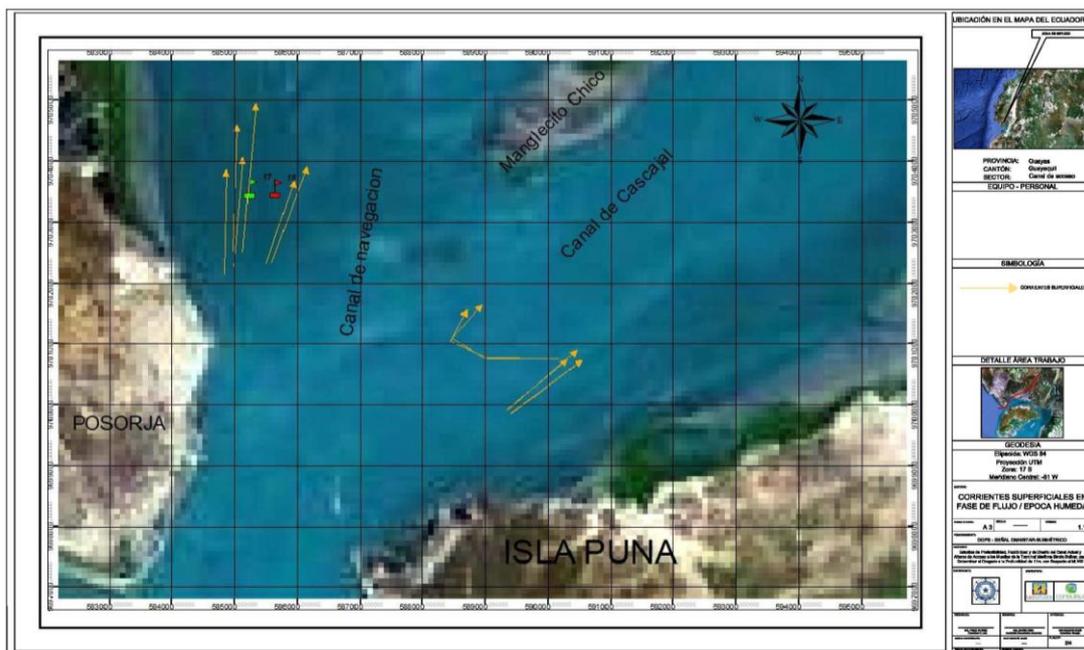


Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Flujo

La corriente máxima a nivel superficial en el sector comprendido entre las boyas 17 y 18 fue de 1.50 m/s con dirección 20°NE, mientras que en el canal de Cascajal la máxima magnitud fue de 1.10 m/s con dirección 343°NW. Las velocidades promedio para el canal de Navegación fue de 1.42 m/s con dirección 357°NW, y en el canal de Cascajal de 0.82 m/s con dirección 343°NW. En la siguiente figura se muestran las trayectorias de las veletas.

Figura 16. Corrientes Superficiales durante la fase de flujo/Época Húmeda



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

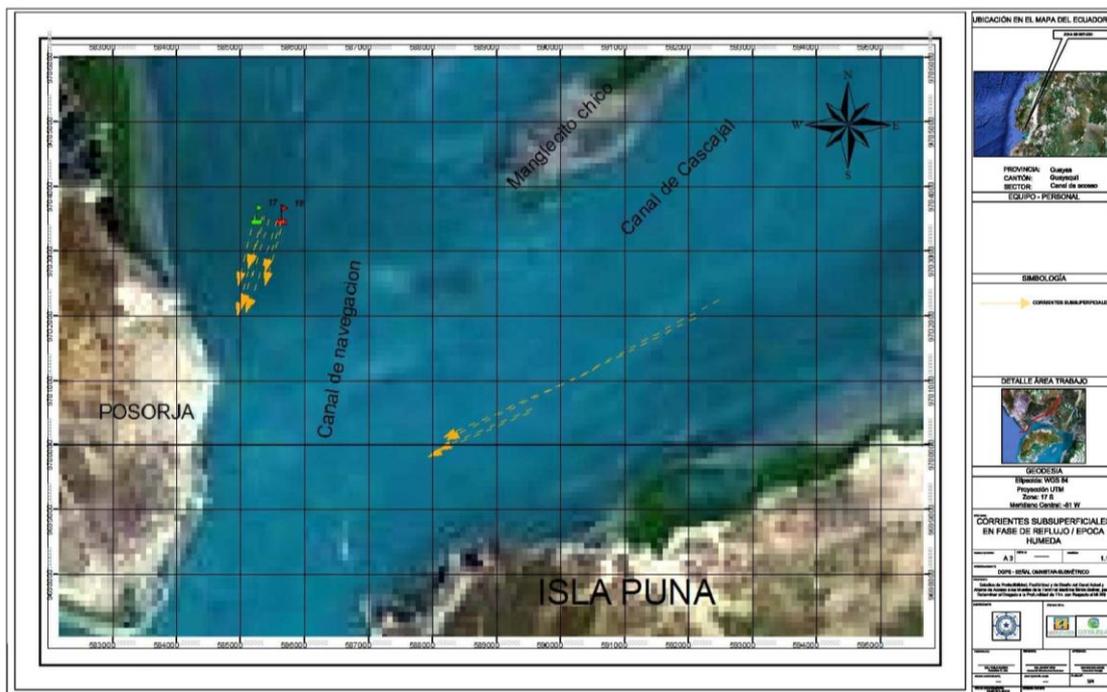
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-32

Velocidad Subsuperficial

Reflujo

Las máximas velocidades subsuperficiales registradas en el canal de Navegación fueron de 1.15 m/s con dirección 215°SW y en el canal de Cascajal 1.45 m/s con dirección 210°SW, mientras que las velocidades promedio para el canal de Navegación fue de 0.61 m/s con dirección 205°SW y 1.34 m/s con dirección 214°SW para el canal de Cascajal, observando que las corrientes superficiales y subsuperficiales fueron más intensas en el canal de Cascajal. La Figura 17 muestra las trayectorias de las veletas subsuperficiales durante la fase de reflujo.

Figura 17. Corrientes Subsuperficiales durante la fase de reflujo/Época Húmeda



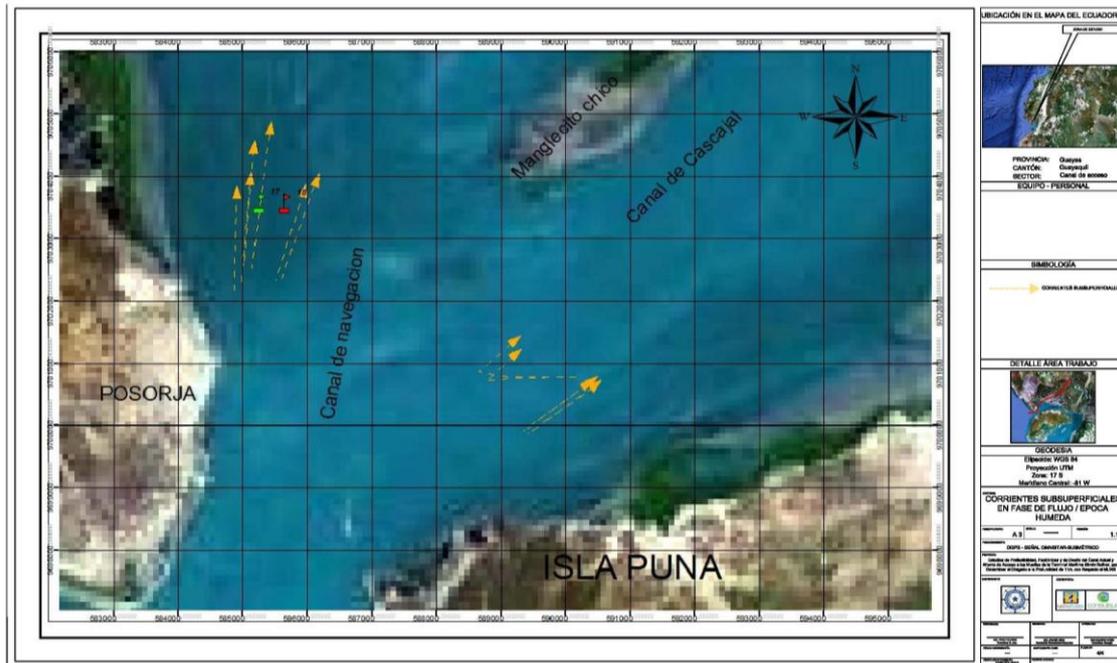
Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Flujo

Las velocidades subsuperficiales durante la fase de flujo en el canal de Navegación tienden a dirigirse en manera general hacia el NE. Las velocidades máximas registradas estuvieron entre 1.55 m/s y 1.09 m/s para el Canal de Navegación y Cascajal, respectivamente. Las velocidades promedios para el Canal de Navegación es de 1.41 m/s y 0.78 m/s para el canal de Cascajal. La siguiente figura muestra las trayectorias de las veletas.

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: Febrero 2012	7-33

Figura 18. Corrientes Subsuperficiales durante la fase de flujo/Época Húmeda



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

La Tabla 12 muestra de manera resumida las velocidades promedio y máximas obtenidas del análisis y trabajo de realizado en la época húmeda. Teniendo que en el Canal de Cascajal las velocidades de corrientes superficiales y subsuperficiales fueron mayores, caso contrario se dio en el canal de Navegación donde las velocidades de la corriente superficial y subsuperficial fueron mayores durante la fase de flujo.

Tabla 12. Velocidad y Dirección de corriente Superficial/Subsuperficial/Epoca Húmeda

Fase Lunar	Sector	Nivel	Velocidad Promedio (m/s)	Dirección (grados)	Velocidad Máxima (m/s)	Dirección (grados)	Fase de Marea
●	Entre las Boyas 17 y 18	Superficial	0.64	208	1.19	212	Reflujo
			1.42	357	1.50	20	Flujo
		Subsuperficial	0.61	205	1.15	215	Reflujo
			1.41	12	1.55	17	Flujo
	Canal de Cascajal	Superficial	1.78	235	1.79	235	Reflujo
			0.82	343	1.10	343	Flujo
		Subsuperficial	1.34	214	1.45	210	Reflujo
			0.78	23	1.09	12	Flujo

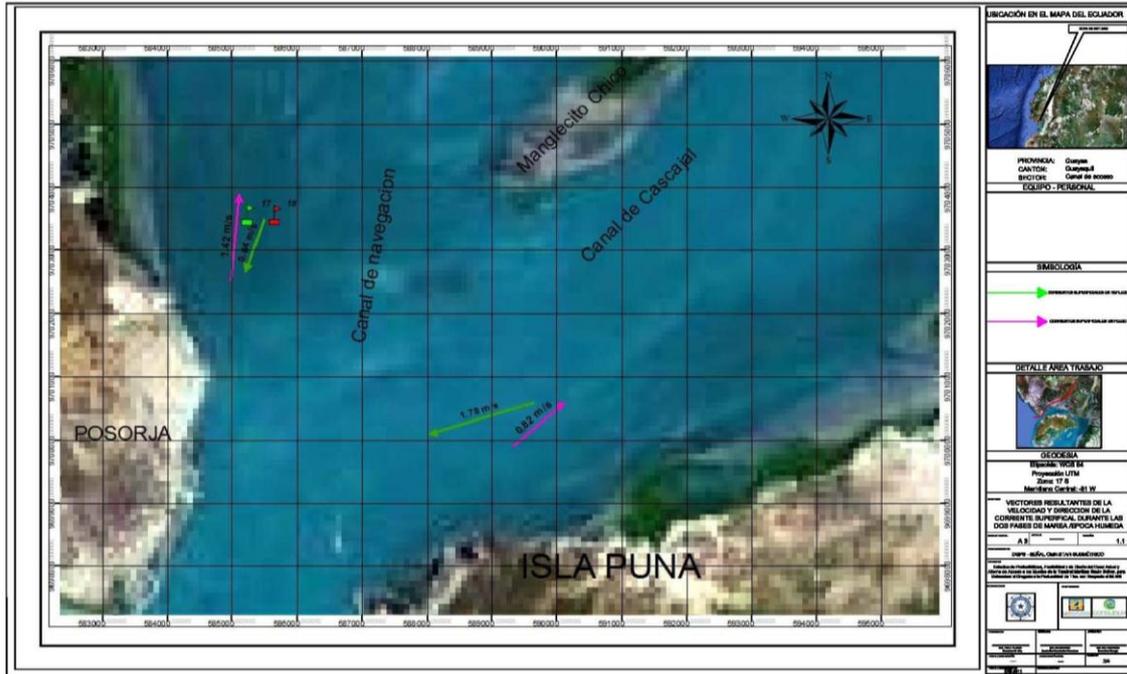
Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

A continuación se presentan las figuras de vectores resultantes de las corrientes superficiales y subsuperficiales correspondientes a la época húmeda durante las dos fases de marea (flujo y reflujo), se observa que el sistema está gobernado por la marea y vientos. Se observa que las corrientes superficiales durante la campaña de la época húmeda fueron mayores durante el flujo, lo cual estaría relacionado a los vientos intensos que se presenciaron durante ese día, a diferencia de las velocidades subsuperficiales donde fueron mayores durante el reflujo, las mismas que estarían en

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: Febrero 2012	7-34

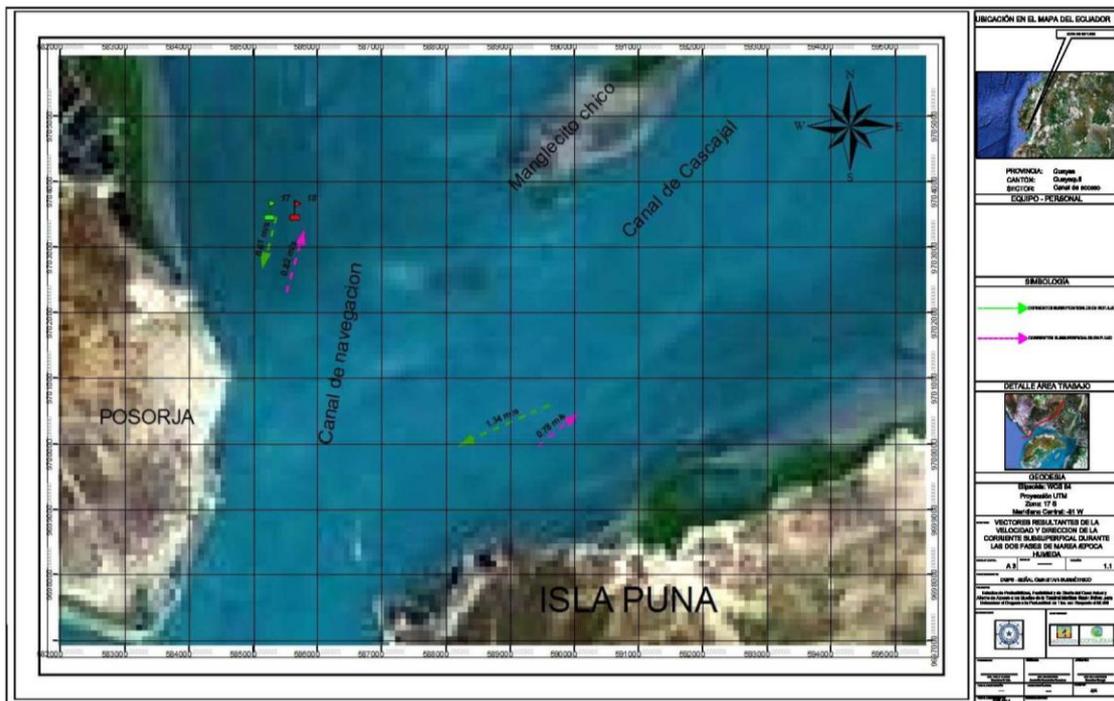
un comportamiento normal, puesto que varios estudios anteriores (INOCAR, 2007) mencionan que las mayores velocidades se las registra durante la vaciante (reflujo).

Figura 19. Vectores resultantes / Corrientes Superficiales /Época Húmeda



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 20. Vectores resultantes / Corrientes Subsuperficiales /Época Húmeda



Elaborado: 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: Febrero 2012	7-35

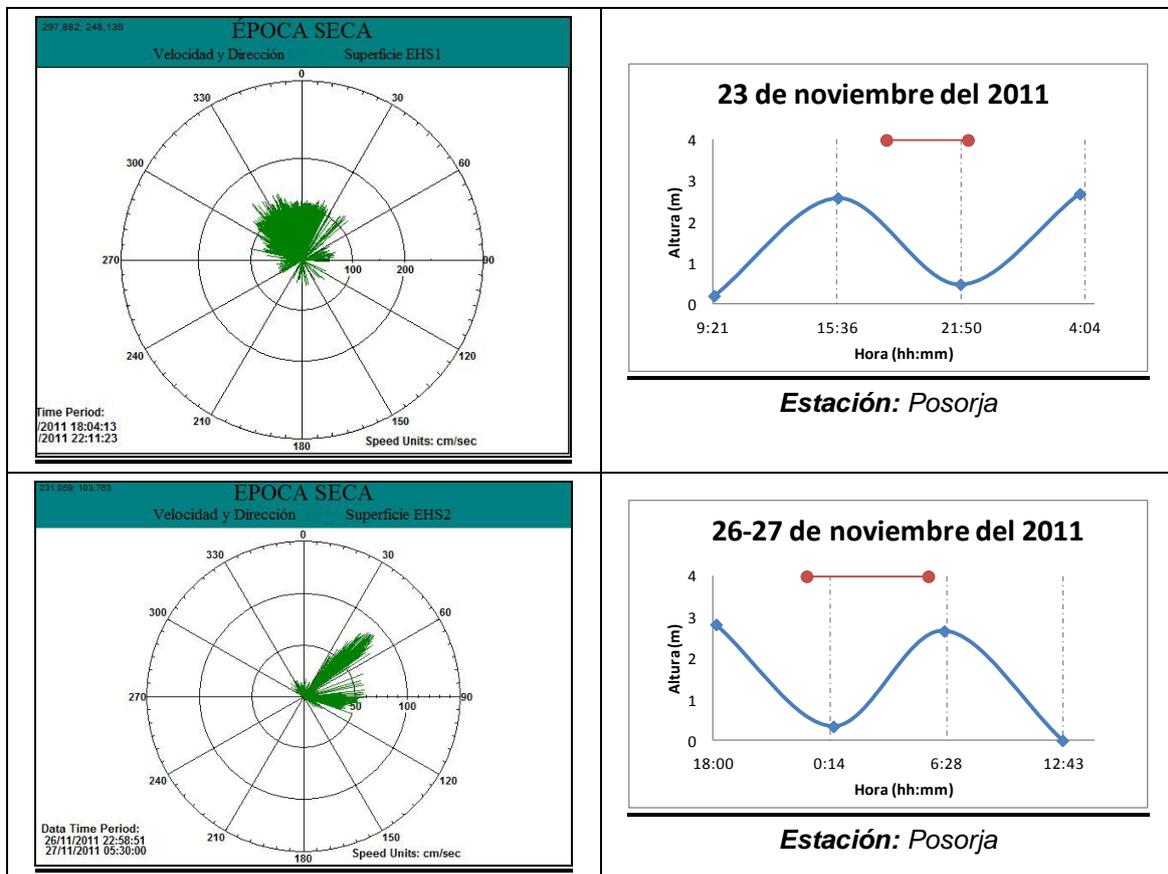
7.3.3.1.2 Método Euleriano

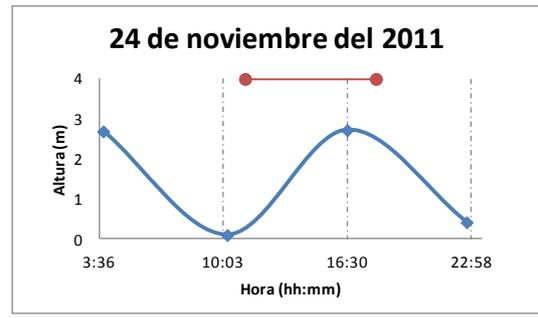
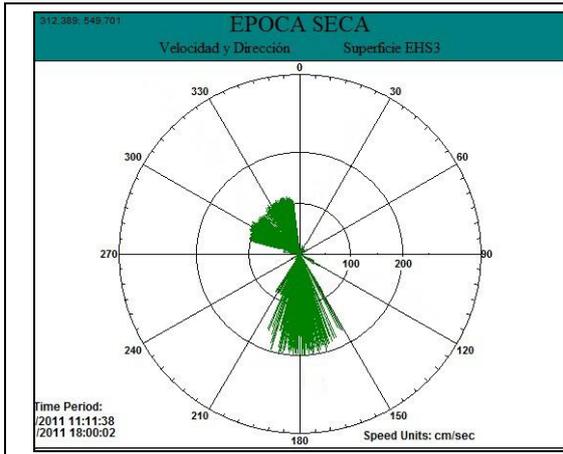
7.3.3.1.2.1 Correntómetro S4

A continuación se reportan los datos medidos con el correntómetro S4A en las once estaciones de medición ubicadas en el canal principal de acceso al Puerto de Guayaquil, para dos niveles de profundidad, superficie y fondo durante la estación seca y durante la estación húmeda, usando gráficos polares de velocidad. Adicionalmente, se reporta el estado de marea imperante al momento de la medición para el respectivo análisis.

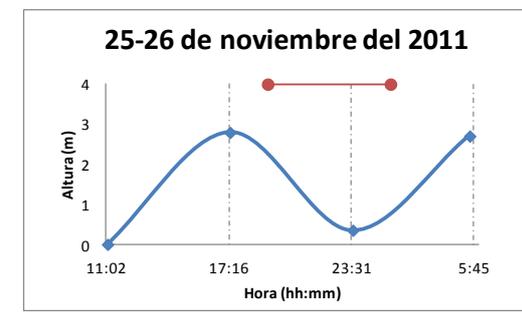
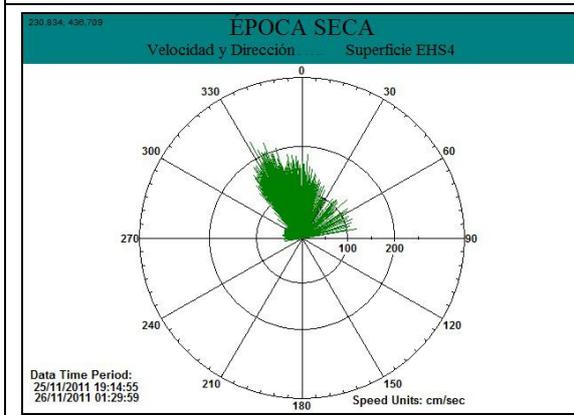
Velocidades y Direcciones de corriente Época Seca

Velocidad Superficial

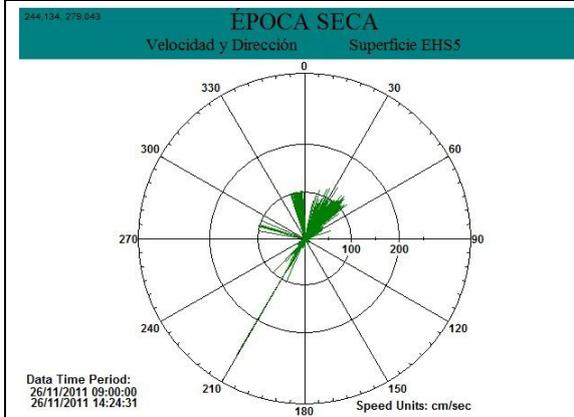




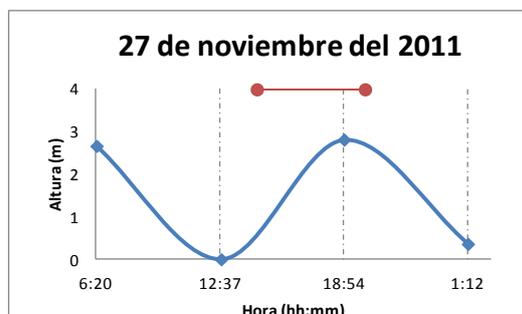
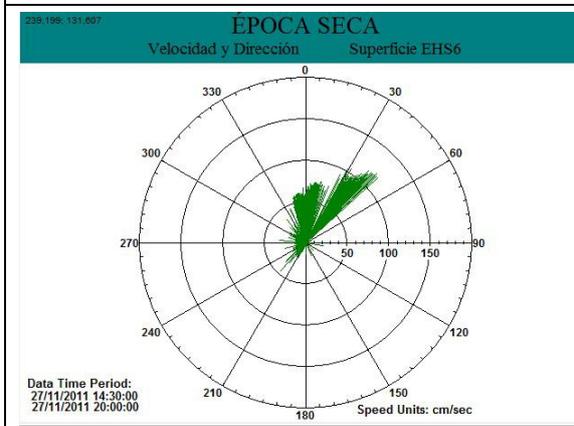
Estación: Posorja



Estación: Posorja

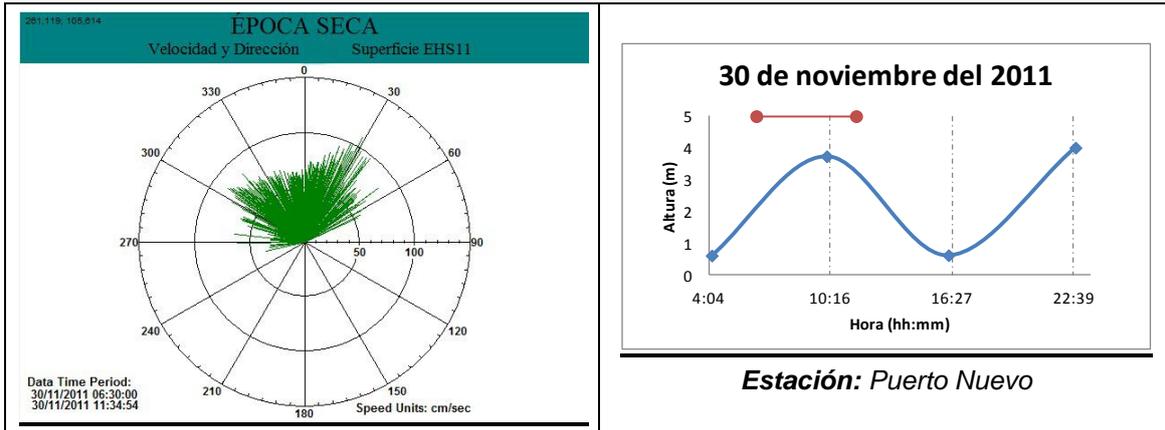


Estación: Posorja



Estación: Posorja

<p>240.457: 212.254</p> <p>EPOCA SECA Velocidad y Dirección Superficie EHS7</p> <p>Data Time Period: 28/11/2011 15:03:07 28/11/2011 21:01:29</p> <p>Speed Units: cm/sec</p>	<p>28 de noviembre del 2011</p> <p>Estación: Puerto Nuevo</p>
<p>154.106: 77.236</p> <p>EPOCA SECA Velocidad y Dirección Superficie EHS8</p> <p>Data Time Period: 28/11/2011 03:30:00 28/11/2011 08:36:00</p> <p>Speed Units: cm/sec</p>	<p>28 de noviembre del 2011</p> <p>Estación: Puerto Nuevo</p>
<p>254.157: 63.811</p> <p>EPOCA SECA Velocidad y Dirección Superficie EHS9</p> <p>Data Time Period: 29/11/2011 05:31:26 29/11/2011 09:58:11</p> <p>Speed Units: cm/sec</p>	<p>29 de noviembre del 2011</p> <p>Estación: Puerto Nuevo</p>
<p>248.894: 116.669</p> <p>EPOCA SECA Velocidad y Dirección Superficie EHS10</p> <p>Data Time Period: 29/11/2011 17:01:28 29/11/2011 22:59:54</p> <p>Speed Units: cm/sec</p>	<p>29 de noviembre del 2011</p> <p>Estación: Puerto Nuevo</p>



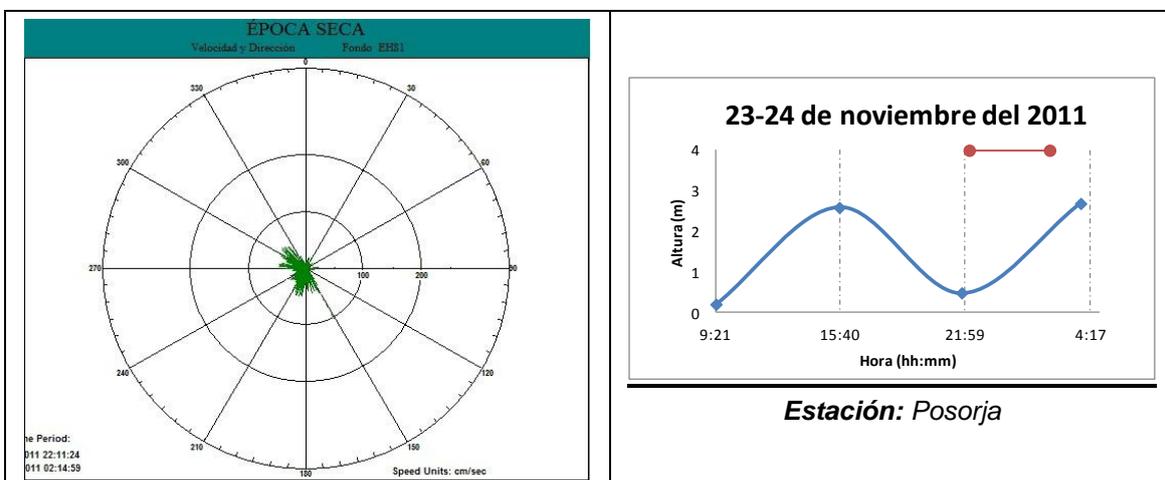
Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Del análisis de los gráficos polares de velocidad de corriente a nivel superficial durante la época seca, se observa que las velocidades de corriente registradas en las estaciones de medición, responden a la influencia directa de la marea, en sus fases de flujo y reflujó. Pequeñas variaciones en los patrones de flujo predominantes pueden deberse al efecto que la morfología ejerce en las corrientes a nivel local.

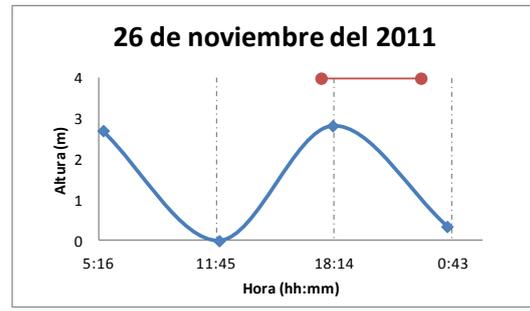
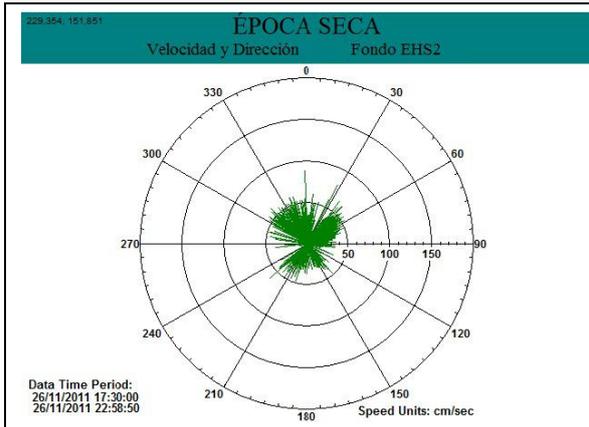
Esto se encuentra en línea con la información histórica de corrientes para el canal de acceso al Puerto de Guayaquil, generada en estudios anteriores. Así, el estudio de impacto ambiental del 2008, reporta para el mes de junio de ese año, 0.75 m/s como el valor más alto de velocidad de corriente registrado a nivel superficial durante el reflujó.

Solo las gráficas de las estaciones de medición 1 y 4, presentan un patrón discordante en cuanto a la dirección predominante de la velocidad de las corrientes, cuando se las compara con la fase de marea cubierta durante la medición. Esta discordancia en la medición de velocidad de corriente en superficie para ambas estaciones, puede tener su origen en una falla aleatoria del sensor de dirección en el equipo S4, debido a algún golpe de la estructura de acero, por lo mismos se recomienda hacer uso de las direcciones reportadas en otros estudios, de tal forma que podamos ajustar las direcciones considerando los valores históricos reportados en estaciones cercanas.

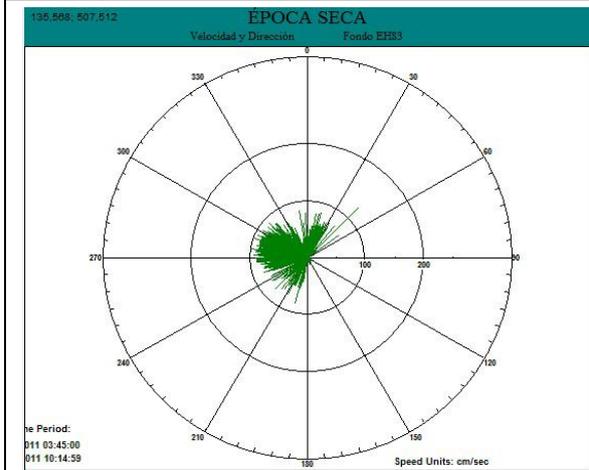
Velocidad Fondo



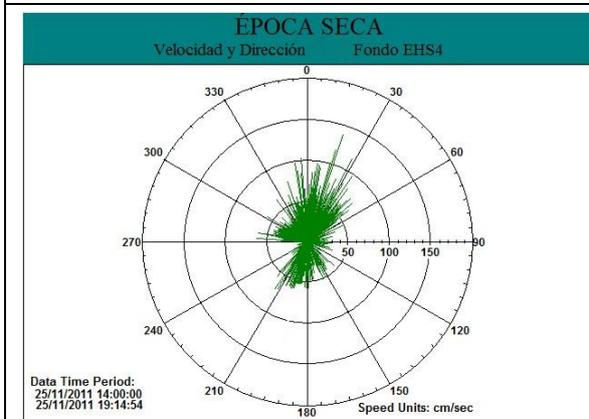
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-39



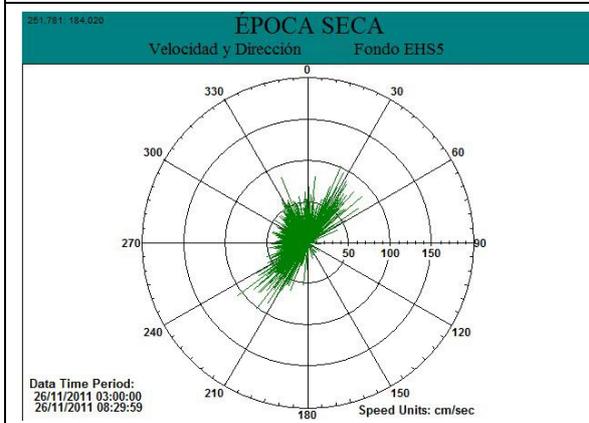
Estación: Posorja



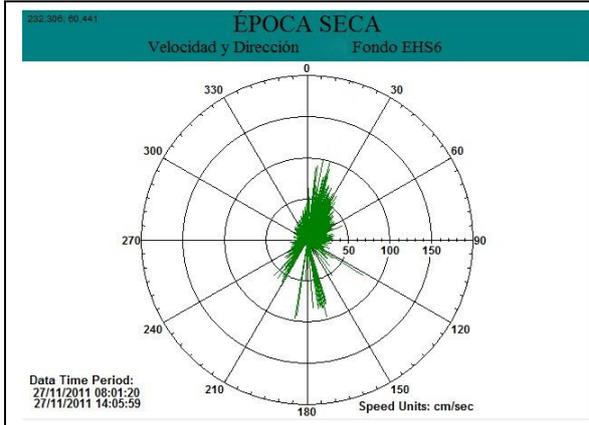
Estación: Posorja



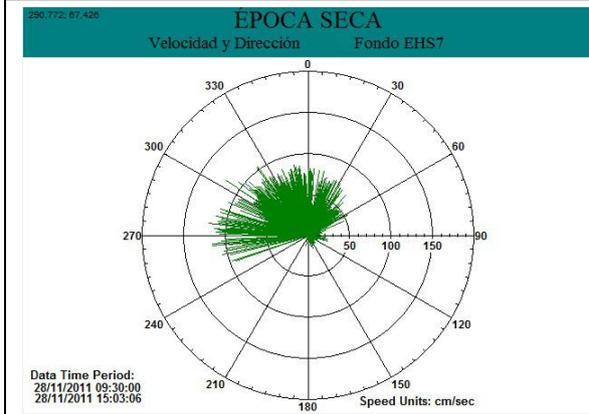
Estación: Posorja



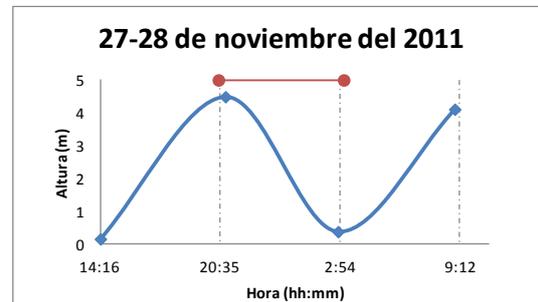
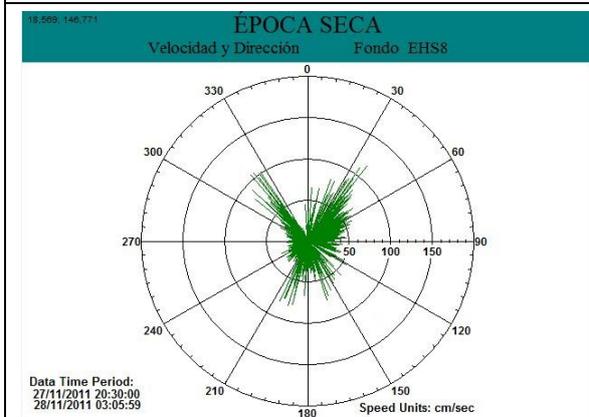
Estación: Posorja



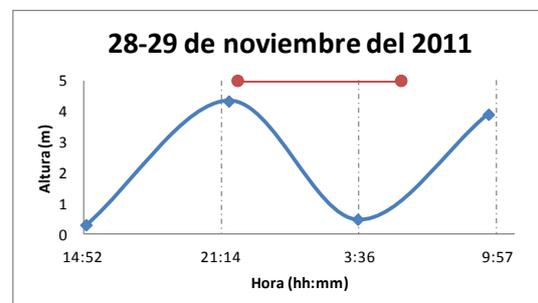
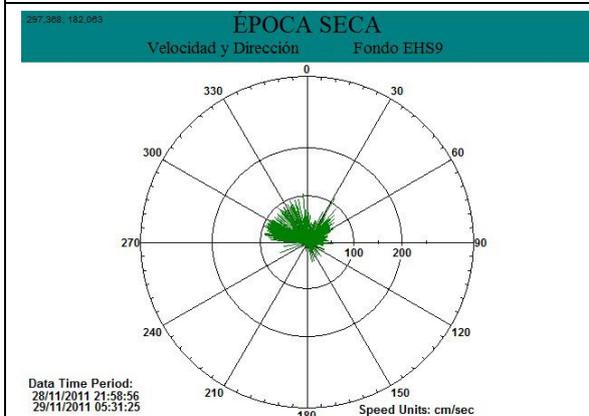
Estación: Posorja



Estación: Puerto Nuevo

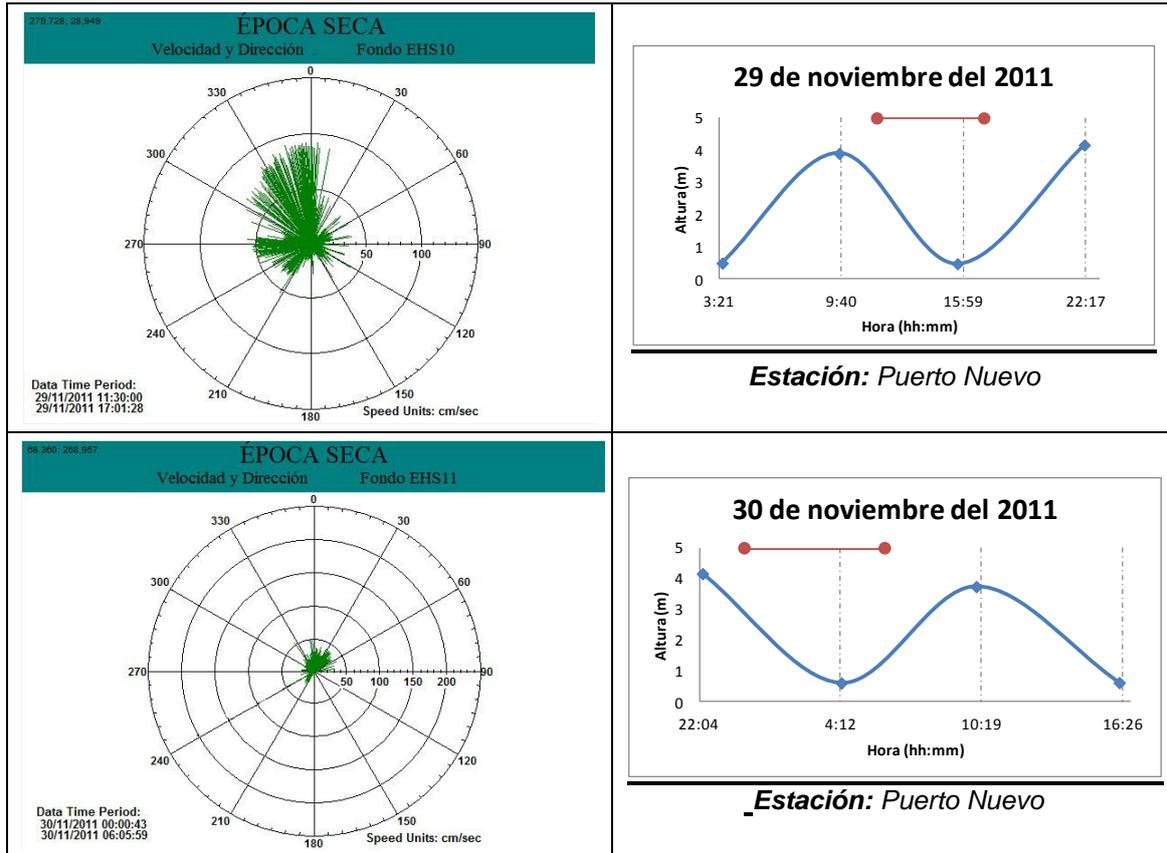


Estación: Puerto Nuevo



Estación: Puerto Nuevo

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: Febrero 2012	7-41



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

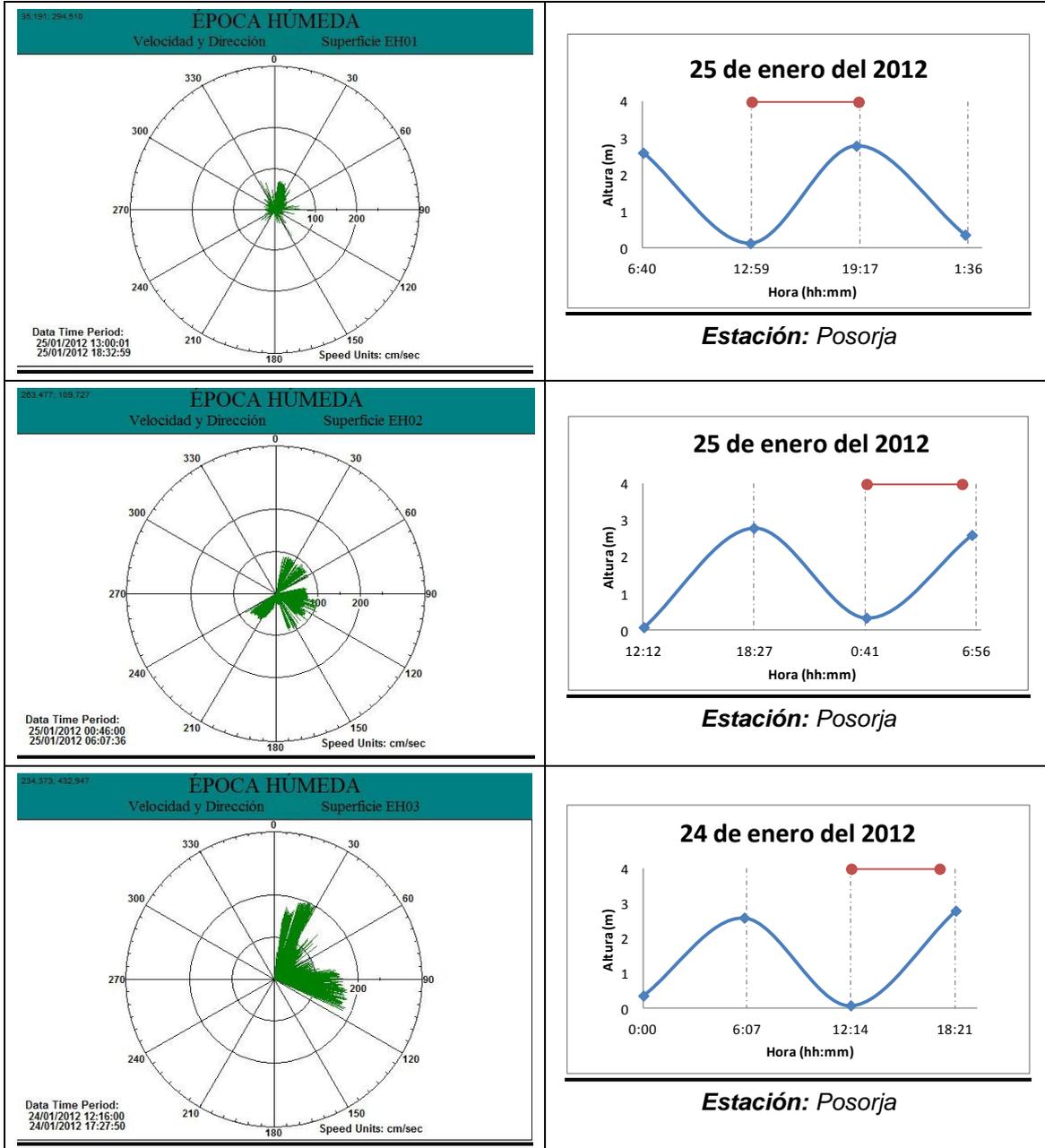
De los Figuras se observa que la magnitud del flujo a nivel subsuperficial es menor comparada con los valores registrados a nivel superficial, lo cual es consistente con la definición de flujo laminar empleada en estos sistemas. Sin embargo, algunos gráficos de velocidad de corriente en el fondo, muestran patrones de flujo aleatorios que no responden de manera correcta al período de marea cubierto.

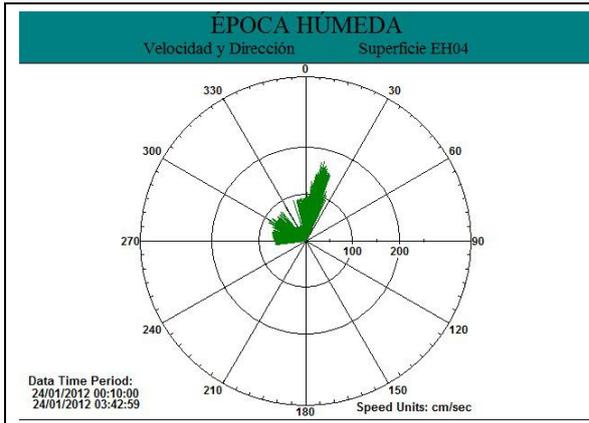
Es probable que muchas de estas lecturas incluyan un error del tipo encontrado en las estaciones 1 y 4 a nivel superficial para la misma época. Al igual que con esas dos estaciones, se recomienda hacer uso de la información histórica existente para estaciones cercanas.

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: Febrero 2012	7-42

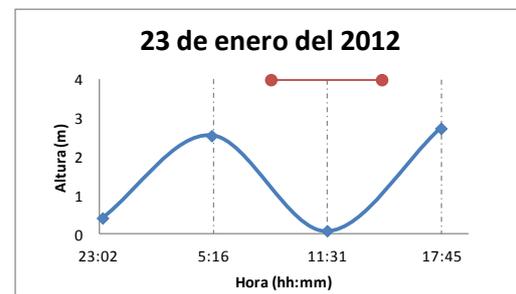
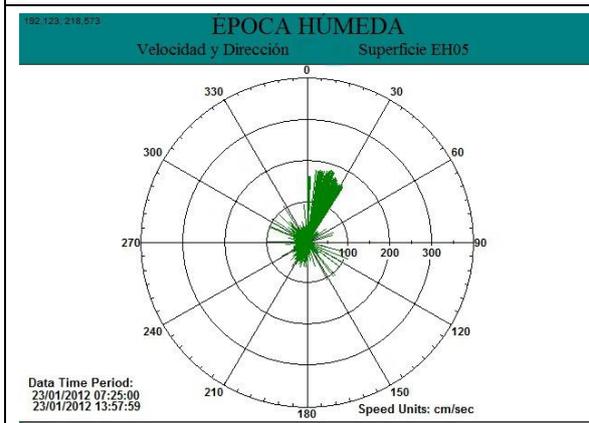
Velocidad y Dirección de corriente Época Húmeda

Nivel Superficial

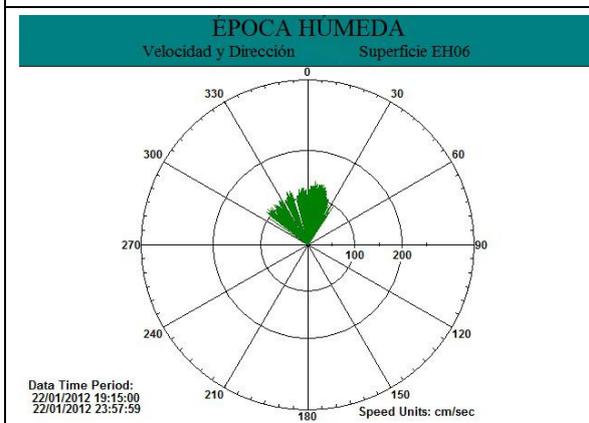




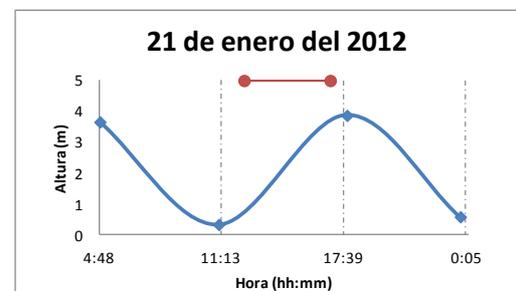
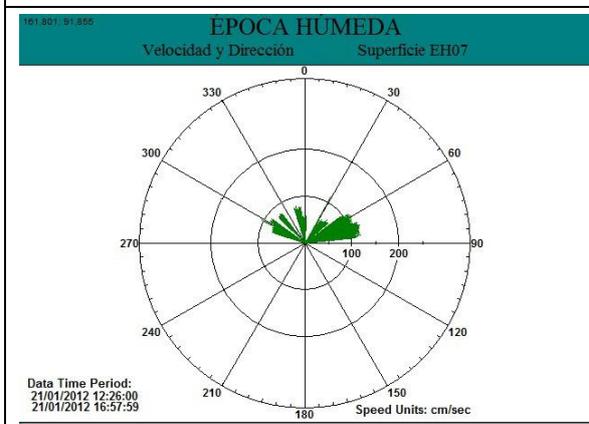
Estación: Posorja



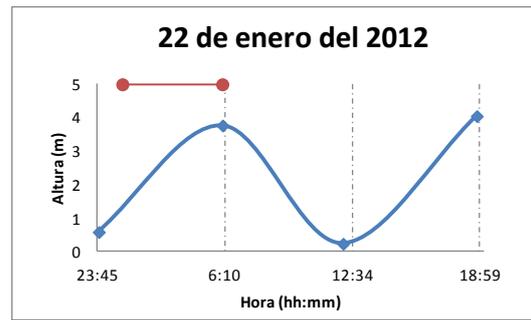
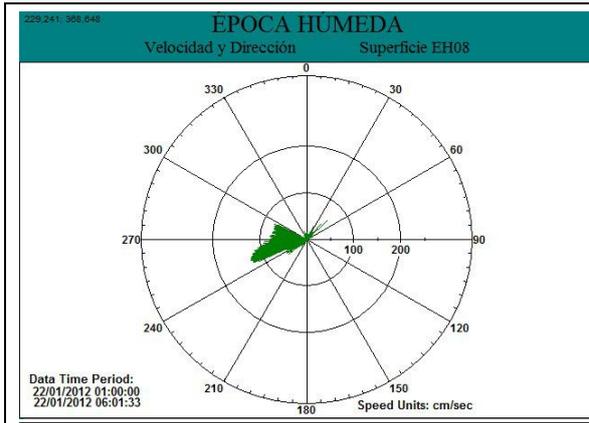
Estación: Posorja



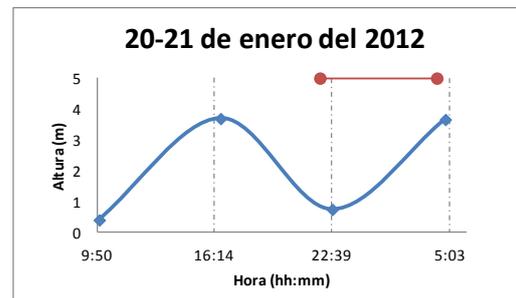
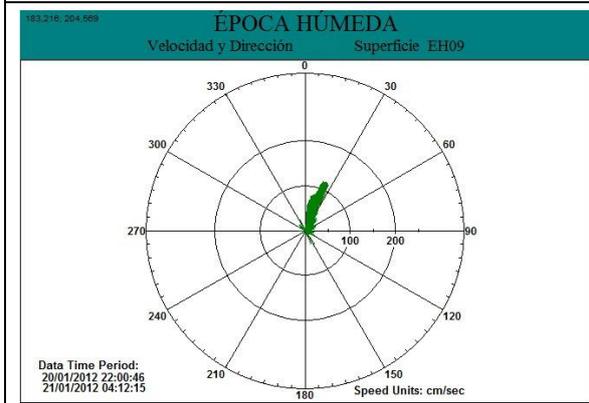
Estación: Posorja



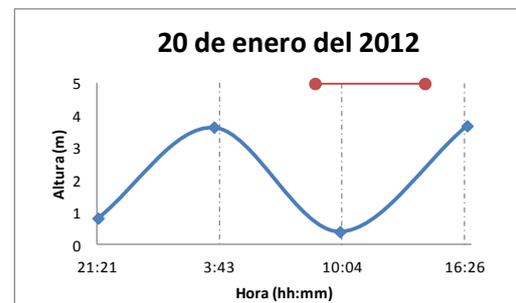
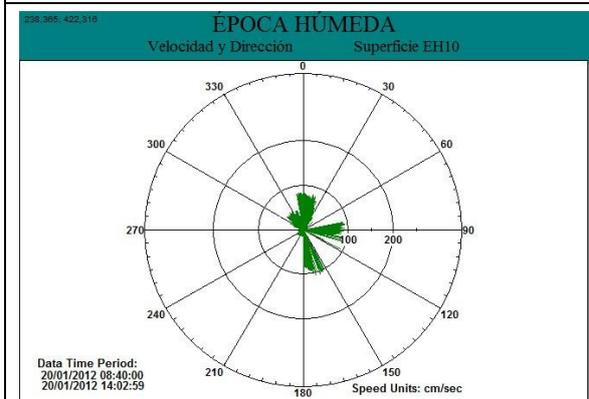
Estación: Puerto Nuevo



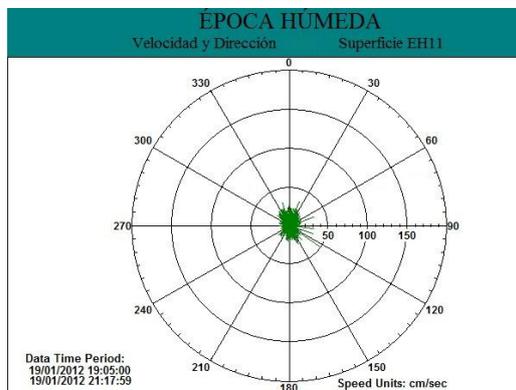
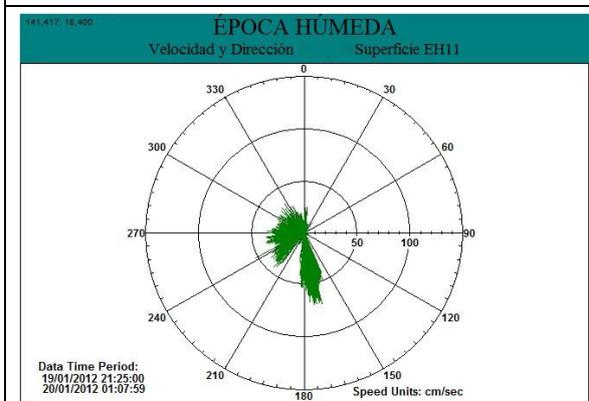
Estación: Puerto Nuevo



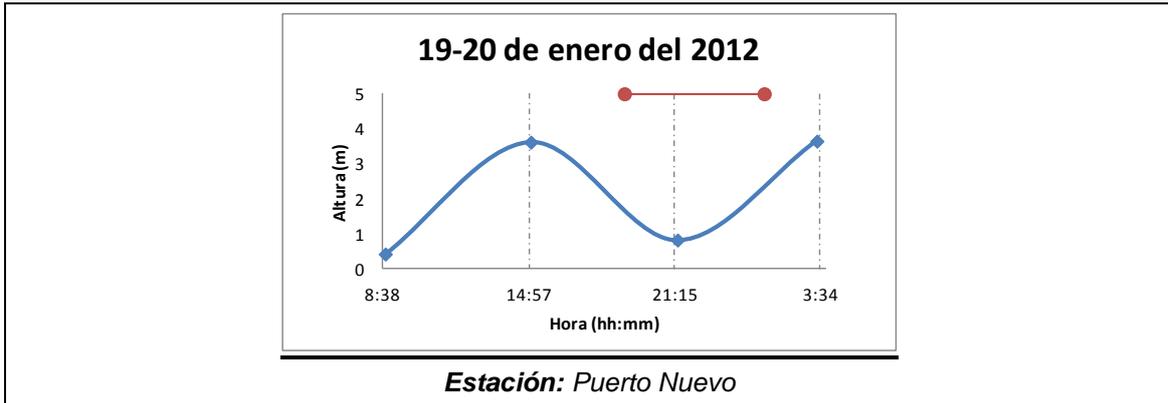
Estación: Puerto Nuevo



Estación: Puerto Nuevo



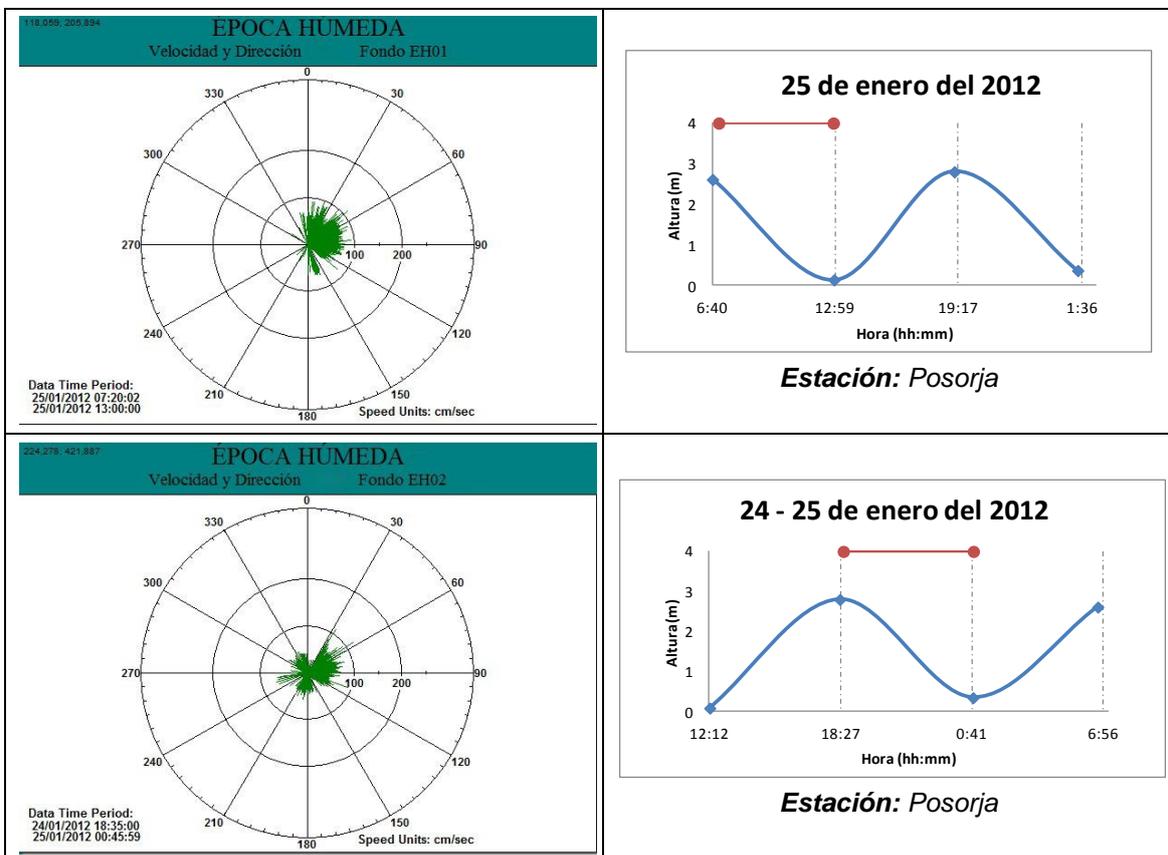
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-45



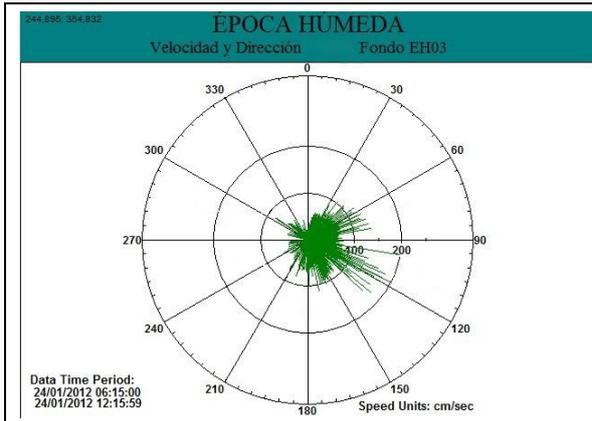
Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Durante la época Húmeda se realizaron las mismas mediciones de corrientes en las 11 Estaciones Hidrosedimentológicas, teniendo que en la mayoría de las estaciones la presencia de la marea es notable en la dirección de las corrientes de este cuerpo hídrico, lo mismo que se refleja en algunas de las estaciones como en la EH8, EH9, EH10, etc. Así mismo se observa que en algunas estaciones como la EH6 el comportamiento de la dirección de la corriente no está relacionado con la fase de marea, lo mismo que pudo ser ocasionado por algún golpe de la estructura de acero, o el bloqueo de alguno de los sensores del equipo, siendo el dato de magnitud correcto pero la dirección no sería un dato confiable, para lo cual se recomienda hacer uso de la dirección tomada por el ADCP.

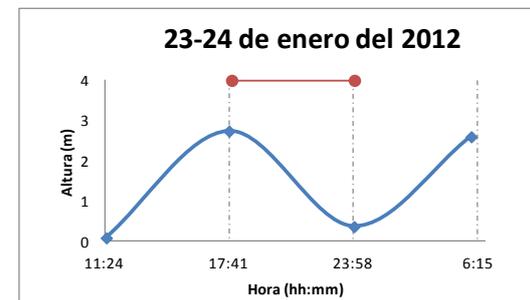
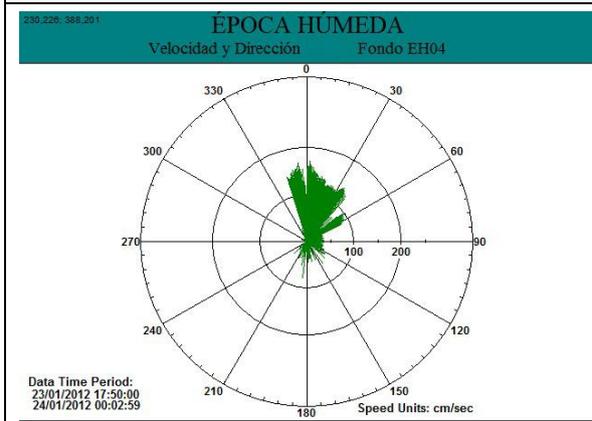
Velocidad Fondo



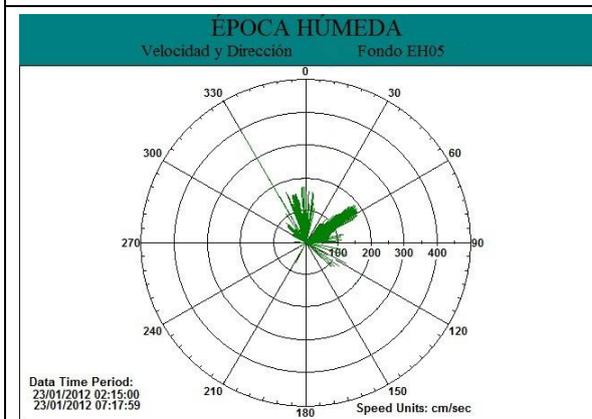
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-46



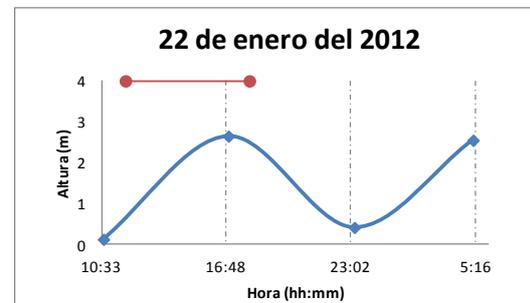
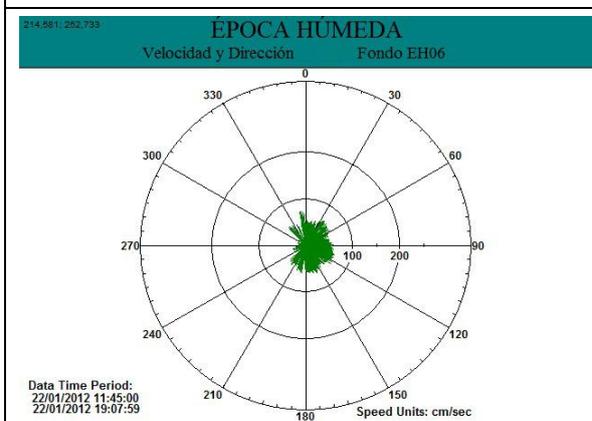
Estación: Posorja



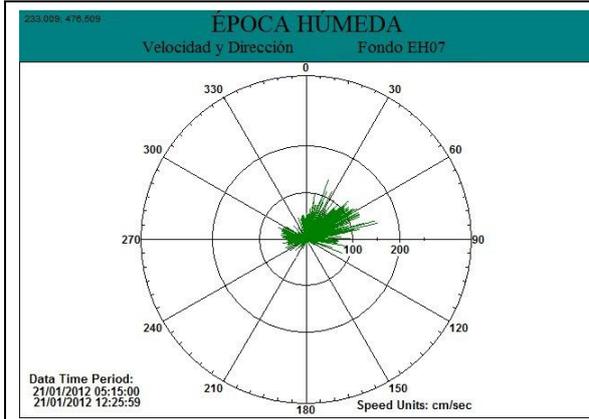
Estación: Posorja



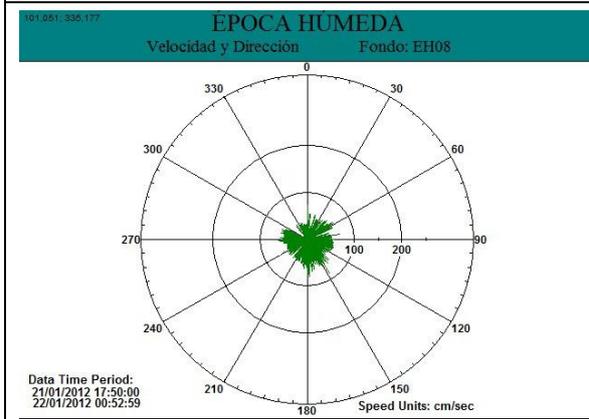
Estación: Posorja



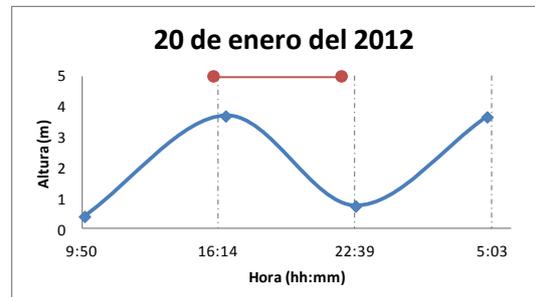
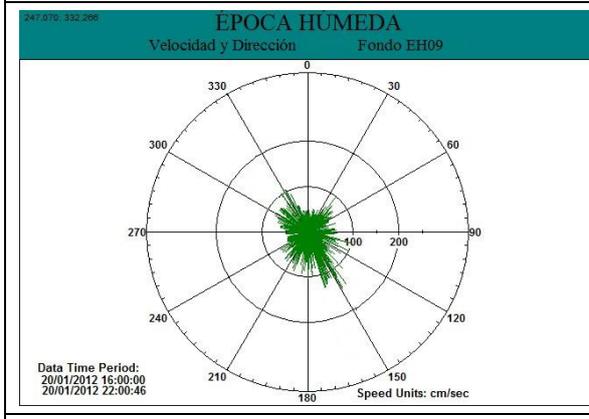
Estación: Posorja



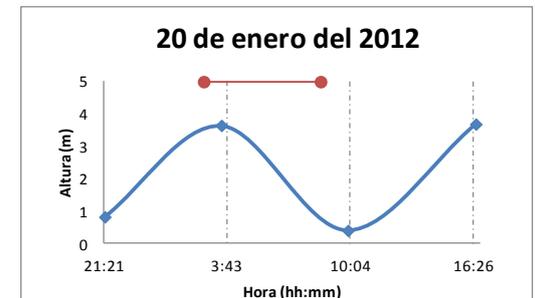
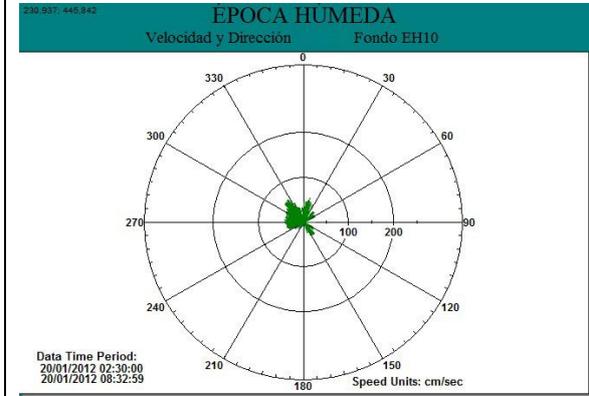
Estación: Puerto Nuevo



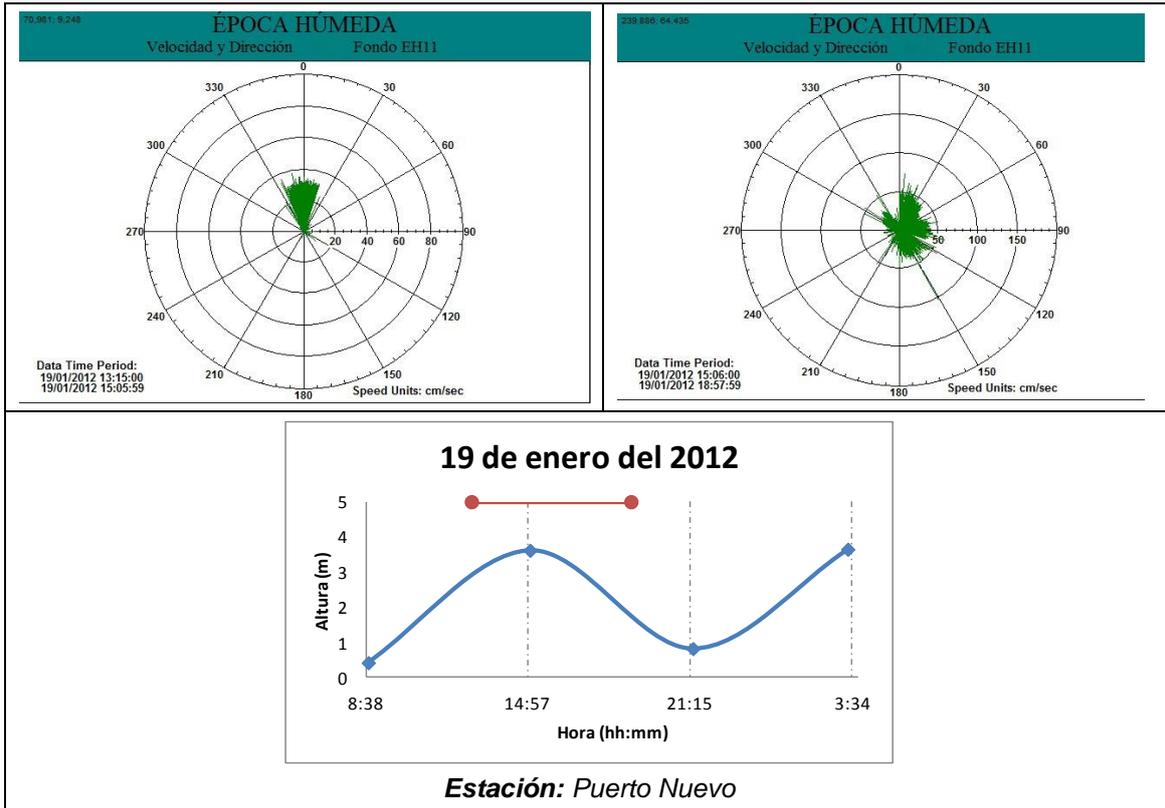
Estación: Puerto Nuevo



Estación: Puerto Nuevo



Estación: Puerto Nuevo



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Para las mediciones realizadas a nivel de fondo se observa distintos comportamientos en la dirección de la corriente, lo mismo que se debería por el nivel a que fueron realizadas las tomas de los datos, teniendo influencia de la fricción con el fondo, además al tratarse de un estuario con aportes de agua dulce puede haber la generación de capas de densidad, originando direcciones de corrientes que no están directamente relacionadas con la marea.

Histogramas de Velocidades

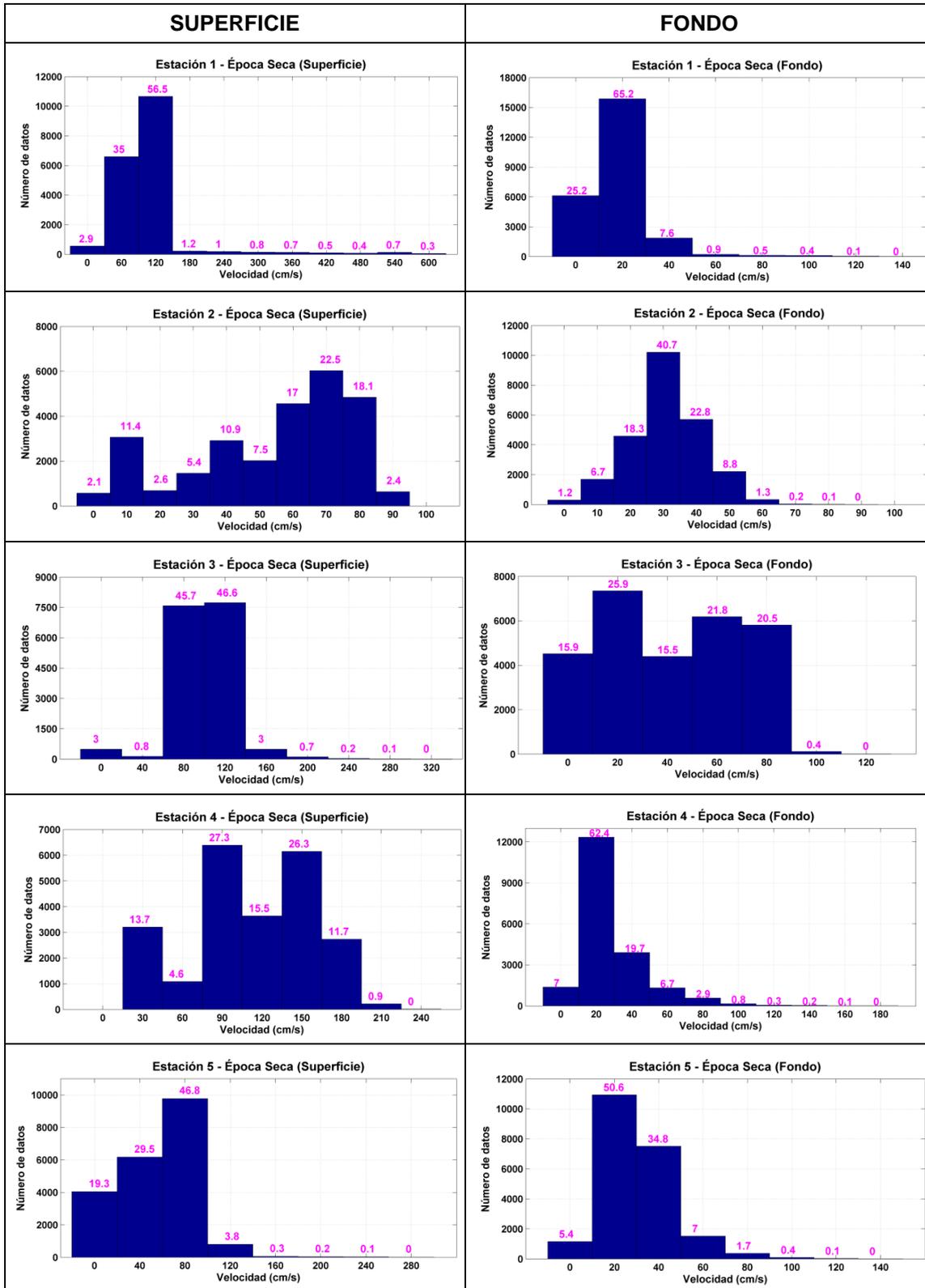
Se analizaron los datos de las series obtenidas con técnicas gráficas y estadísticas relevantes de los valores de mayores probabilidades de incidencia. A continuación se presentan histogramas de velocidad y dirección de corriente para las 11 estaciones monitoreadas.

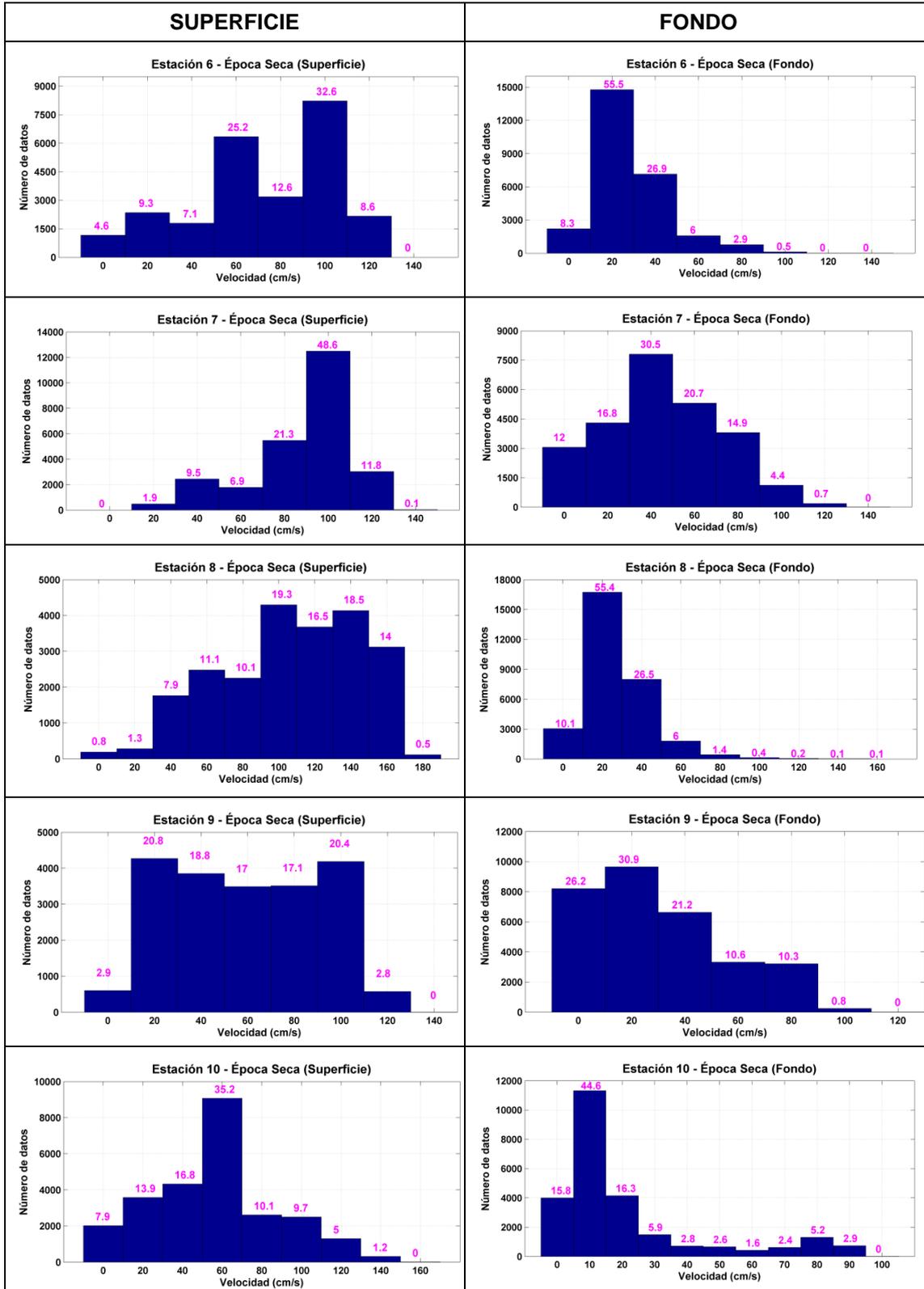
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-49

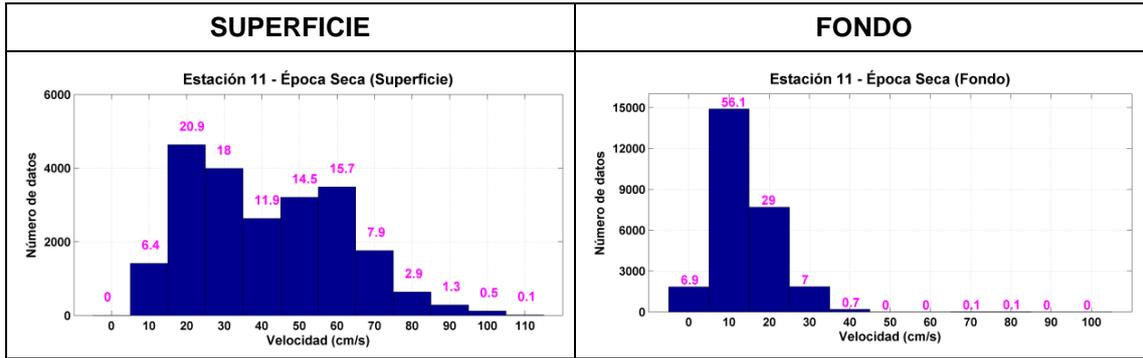
Histogramas de Velocidad Superficial y de Fondo Época Seca

Velocidad de corriente

Figura 21. Histogramas de velocidad superficial y de fondo /Época Seca







Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

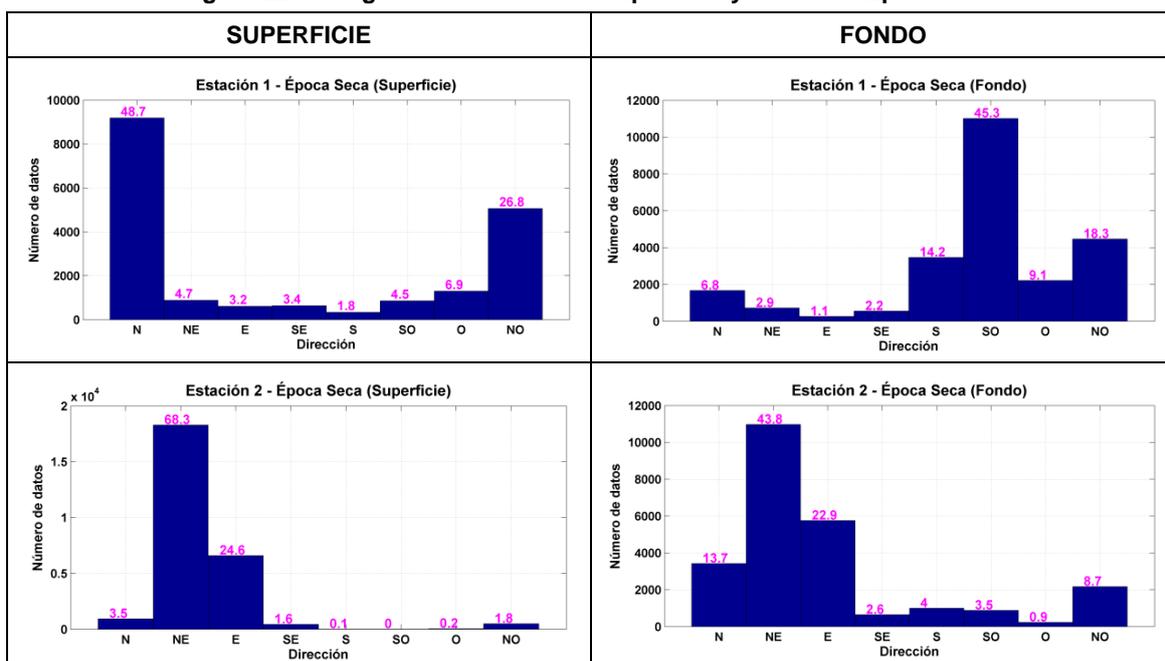
A nivel superficial, la distribución de las velocidades es bastante homogénea para las estaciones 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 10 con valores que oscilan entre 0.6 y 1.8 m/s, correspondiendo al 60% y 90% de las series. Las estaciones 5, 9 y 11 presentan velocidades menores que varían entre 0 y 0.6 m/s, estos valores están representados por más del 60% de las series. Así mismo, se observa que en las estaciones ubicadas a la entrada del estero salado (EH1), Canal de Cascajal (EH4), salida del Estero Grande (EH7) y a las salidas de los aportantes que están ubicados en las riberas del estero como en la EH6, EH8 y EH9 donde la máxima frecuencia de velocidad se ubicó en 1.0 m/s.

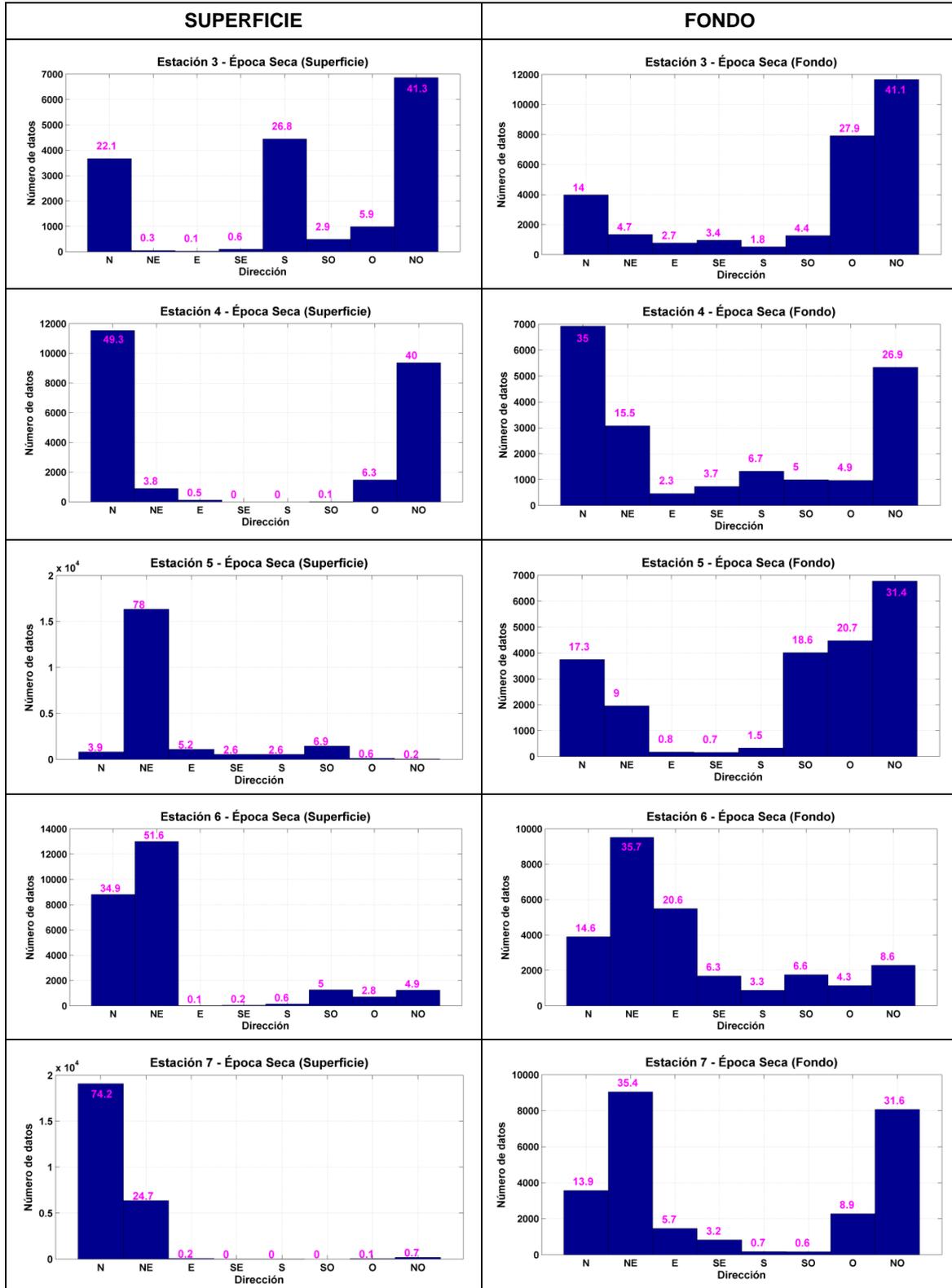
A nivel de fondo, para la mayoría de las estaciones se presentan velocidades de hasta 0.4 m/s, solo las estaciones 3 y 7 se registraron velocidades de hasta 0.8 y 0.6 m/s respectivamente. Estos valores están representados por más del 70 % de las series.

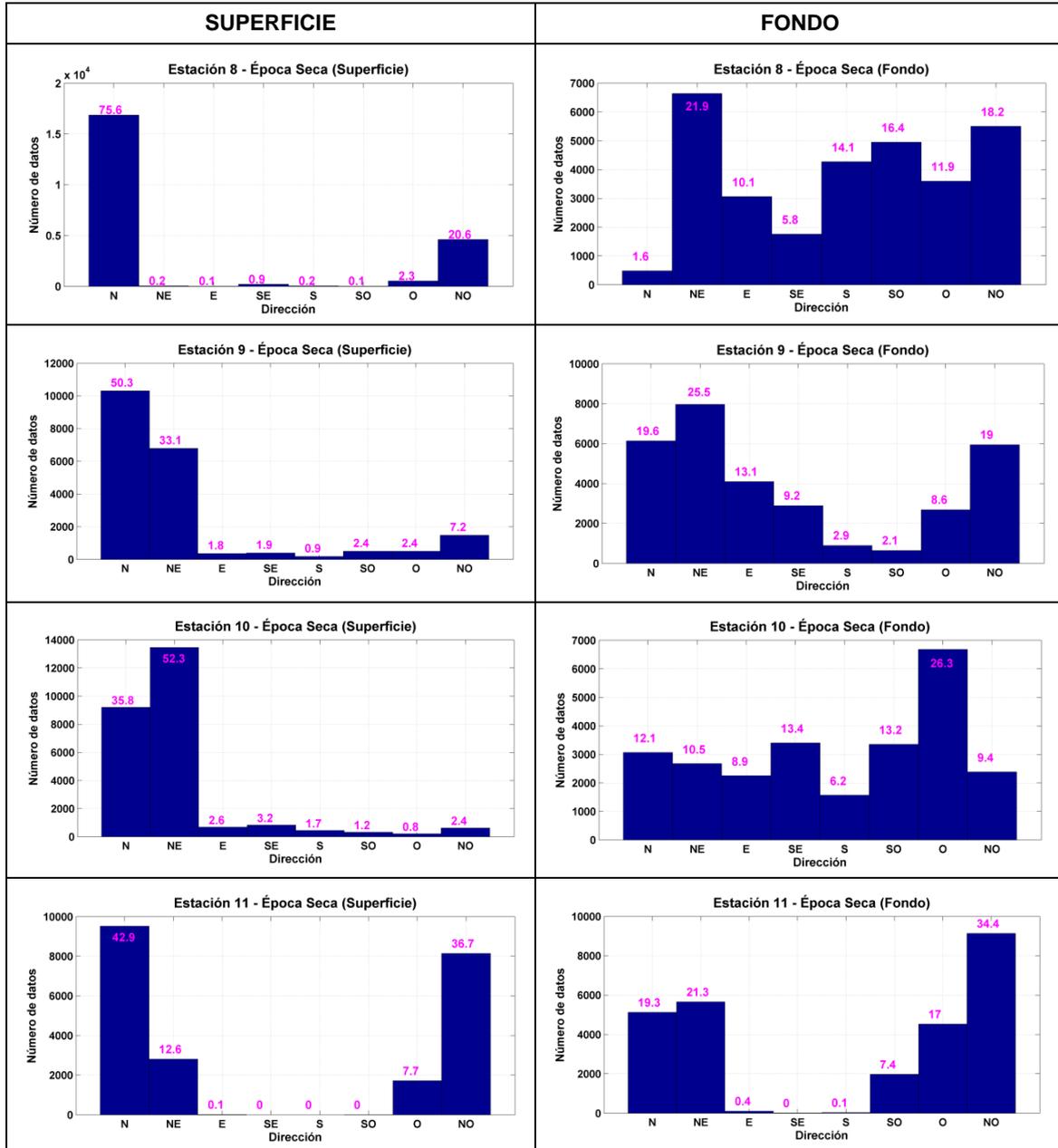
Histogramas de Dirección Superficial y de Fondo Época Seca

Dirección de corriente

Figura 22. Histogramas de dirección superficial y de fondo /Época Seca







Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

A nivel superficial, entre el 60% y 90% de las mediciones correspondientes a las estaciones 1, 3, 4, 8 y 11 presentan direcciones predominantes hacia el Norte y Noroeste. Las estaciones 6, 7, 9 y 10 presentaron una predominancia hacia el Norte y Noreste, correspondiendo entre el 80% y 90% de las mediciones. Para las estaciones 2 y 5 la predominancia se mostró entre el Noreste y Este, así mismo representada por un alto porcentaje de las mediciones. La estación ubicada en el sector de la boya de mar presenta un comportamiento diferente, encontrándose que más del 50% de las mediciones presentaron una dirección hacia el Sureste. La variabilidad de las direcciones está ligada a la cercanía de desembocaduras de pequeños esteros, así como la influencia del estado de marea.

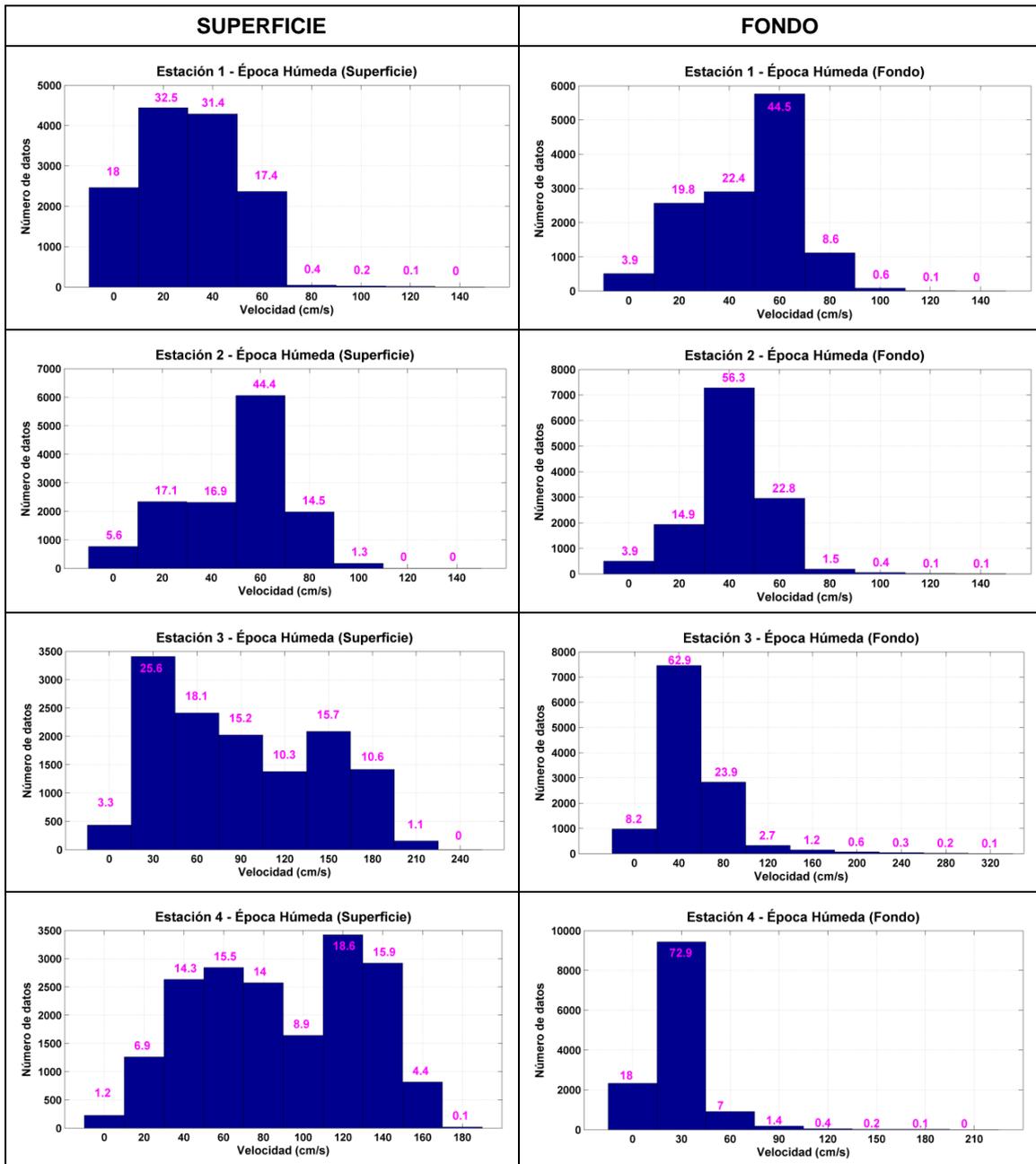
A nivel del fondo marino, de forma general se observa que aún se mantiene un porcentaje mayor (> 60% de la serie) hacia las direcciones Norte, Noreste y Noroeste,

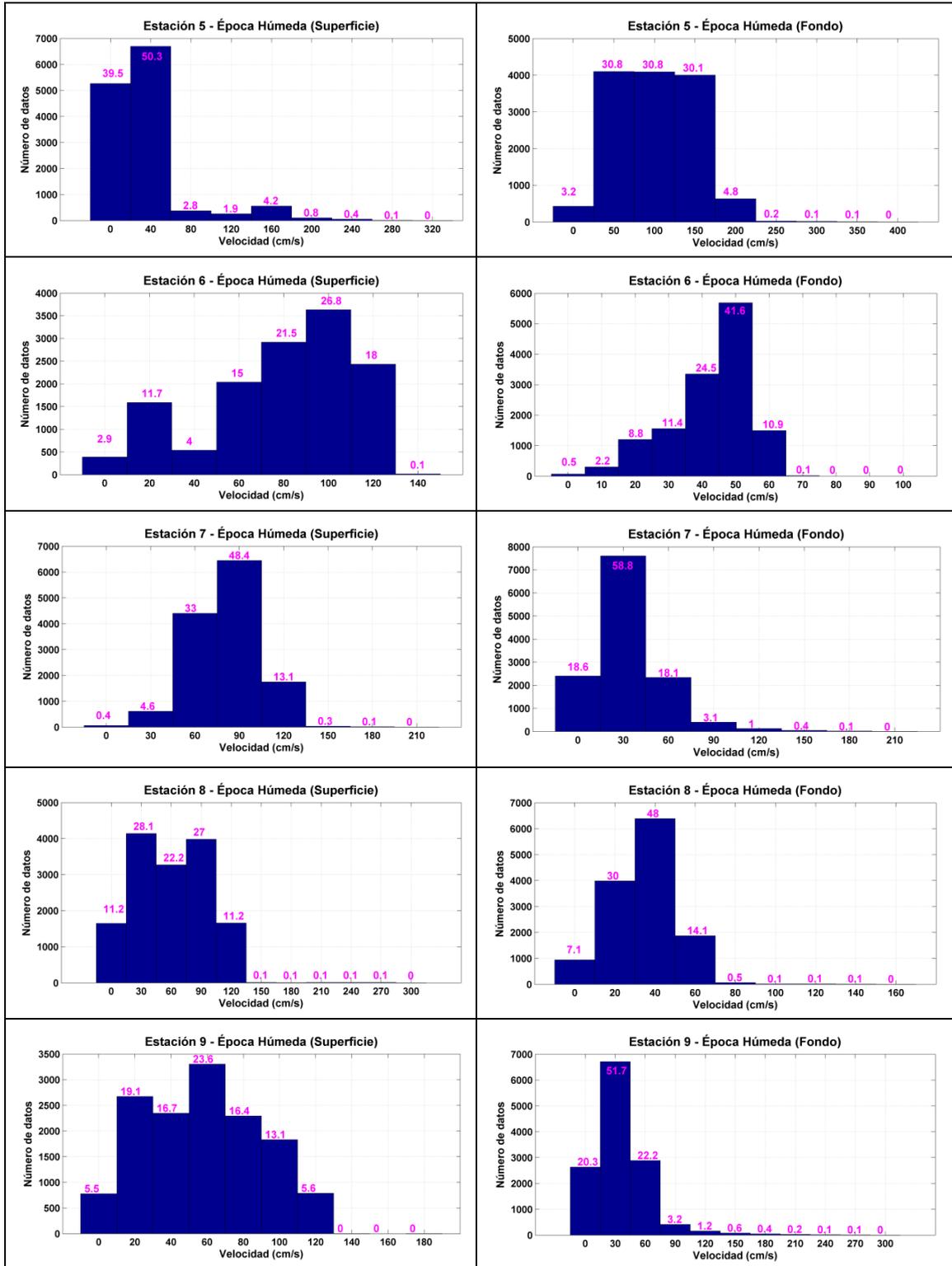
además las estaciones 1, 3, 5, 8 y 10 también muestran un considerable porcentaje (entre 30 y 50 % de la serie) hacia las direcciones Oeste y Suroeste; sin embargo también se pudo observar una distribución casi homogénea para todas las direcciones en las estaciones 8, 9 y 10.

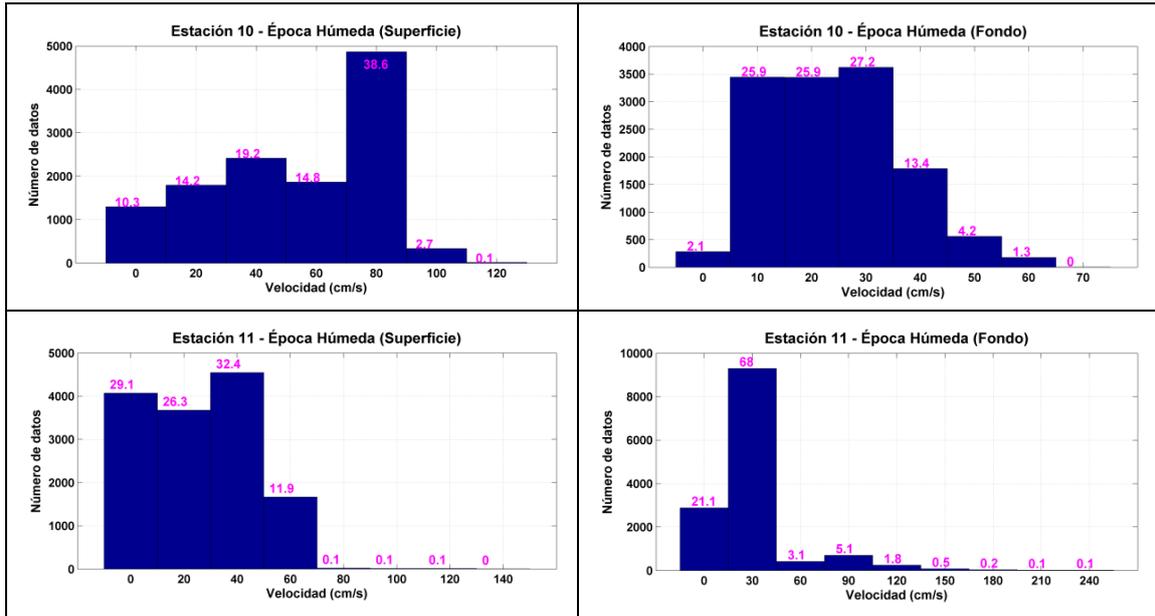
Histogramas de Velocidad Superficial y de Fondo Época Húmeda

Velocidad de corriente

Figura 23. Histogramas de velocidad superficial y de fondo /Época Humeda







Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

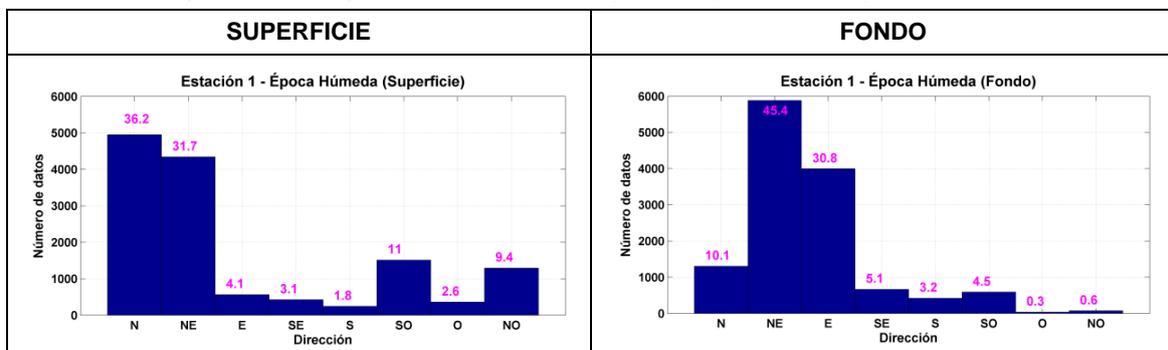
A nivel superficial se puede observar una distribución relativamente homogénea para todas las estaciones; en la mayoría de las estaciones se registraron velocidades predominantes entre 0.3 y 1.8 m/s, la excepción fueron las estaciones 5 y 11 cuyas velocidades predominantes no fueron mayores a 0.4 m/s. En general más del 60 % de las series representan estos valores.

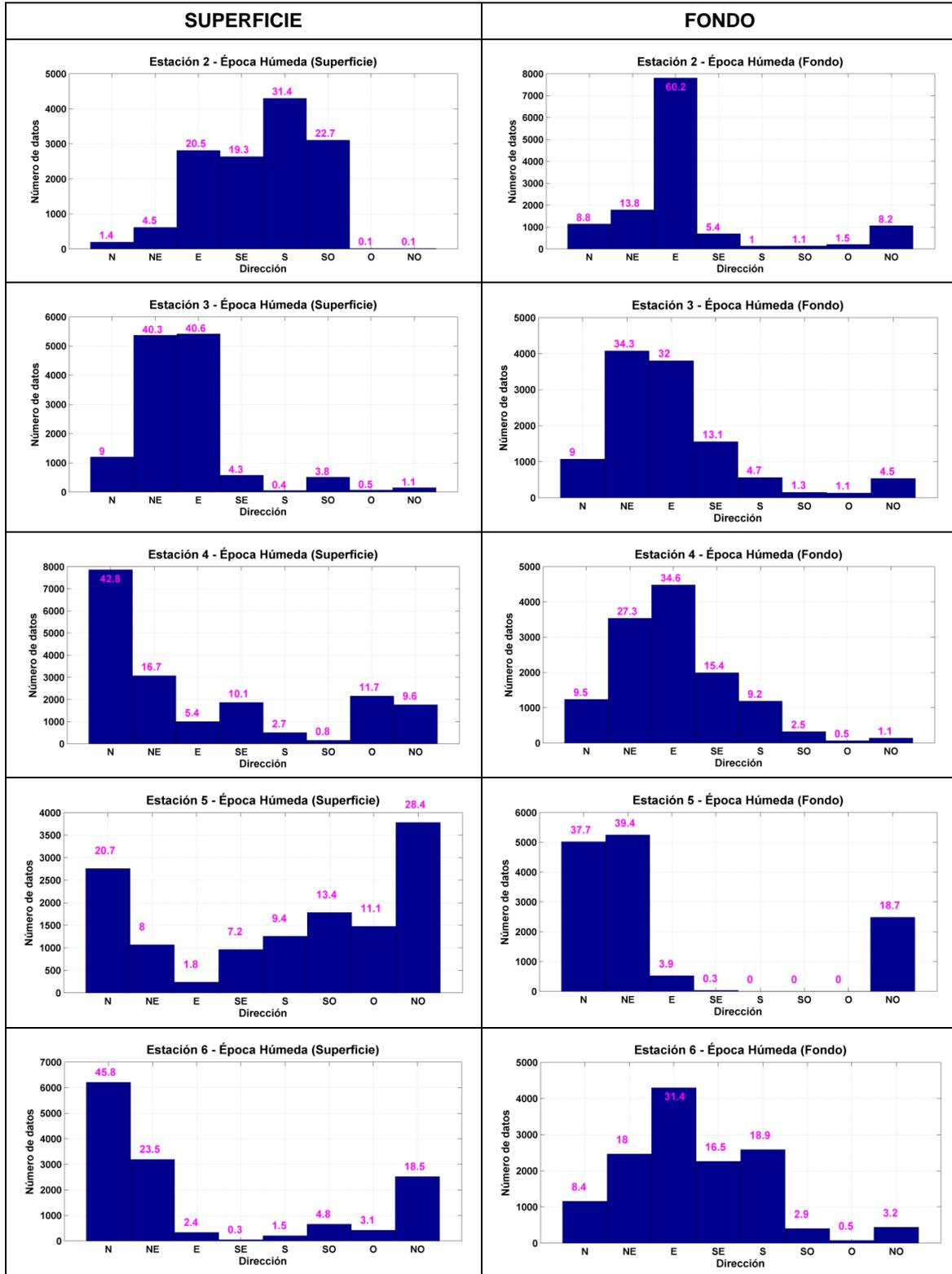
A nivel de fondo, también se puede apreciar cierta homogeneidad en la distribución de las velocidades; sin embargo si se aprecia una predominancia en las mismas, encontrándose que las velocidades que más se destacan en todas las estaciones oscilan entre 0.3 y 0.8 m/s. Las estaciones 5 y 10 presentaron porcentaje igual para las velocidades entre 0.5-1.5 y 0.1-0.3 respectivamente. Más del 70 % de las series representa la descripción mencionada previamente.

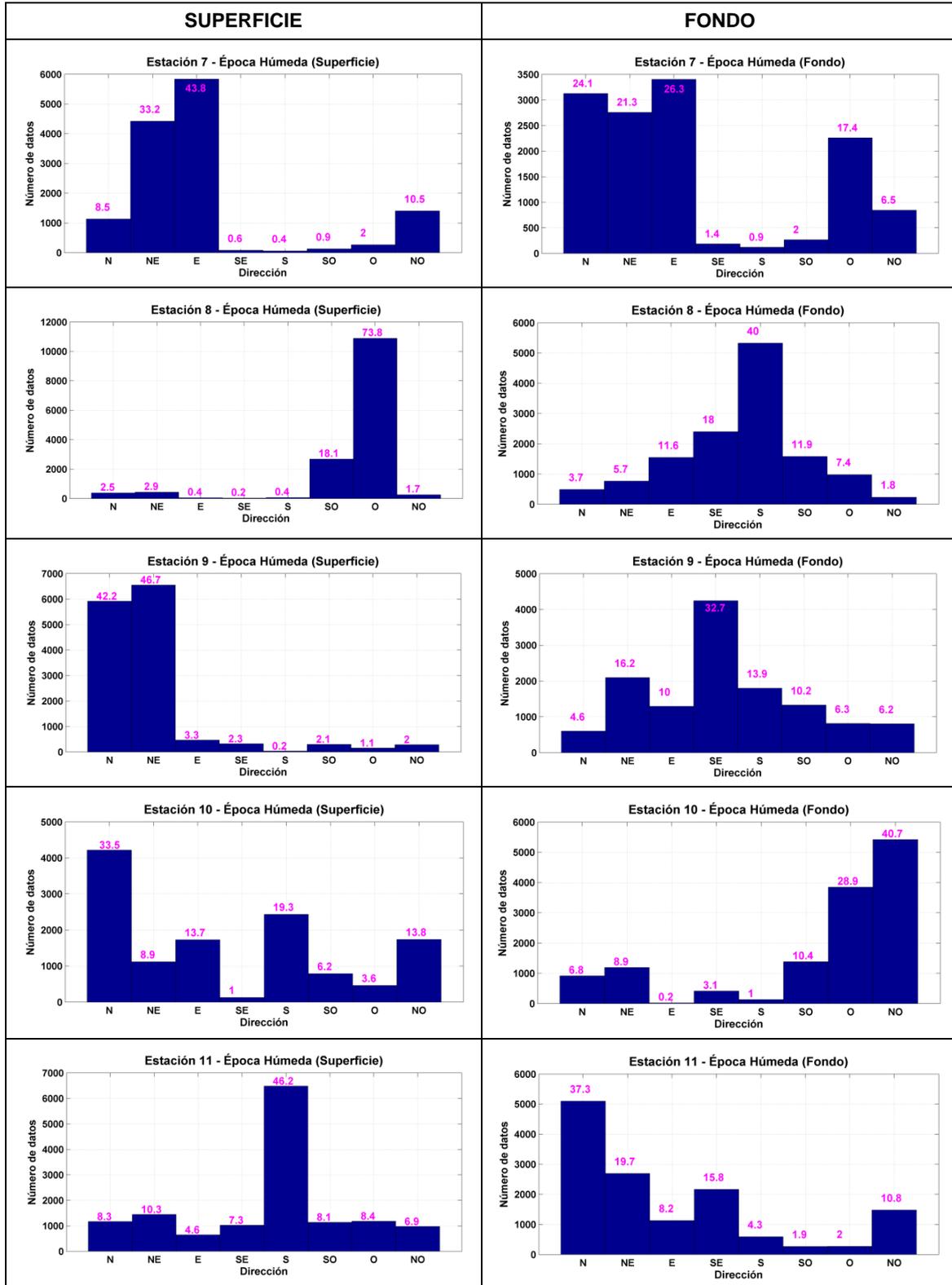
Histogramas de Dirección Superficial y de Fondo Época Húmeda

Dirección de corriente

Figura 24. Histogramas de dirección superficial y de fondo /Época Húmeda







Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

A nivel superficial se observó una marcada predominancia, representada por el 50% y hasta el 90% de las series, hacia el Norte y Noreste en las estaciones 1, 4, 6, 9 y 10. En las estaciones 3 y 7 predominaron las direcciones hacia el Noreste y Este. La EH2 presentó una distribución homogénea hacia las direcciones que caen dentro del

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: Febrero 2012	7-59

segundo y tercer cuadrante correspondiendo al 90% de la serie. Las estaciones 8 y 11 mostraron una predominancia en una dirección específica, Oeste y Sur respectivamente.

A nivel de fondo, las estaciones 1, 2, 3 y 4 mostraron una dirección predominante hacia el Noreste y Este. Las estaciones 5, 7, 10 y 11 muestran direcciones distribuidas entre el primer y tercer cuadrante, representadas por porcentajes mayores al 65% de la serie. Las estaciones 6, 8 y 9 presentan una distribución ligeramente homogénea teniendo como dirección predominante el Este, Sur y Sureste respectivamente.

En la Tabla 13 se muestran las direcciones y magnitudes registradas por el S4, así como un mapa con los vectores resultantes de velocidad y dirección para el nivel superficial y de fondo para la época húmeda y seca.

Tabla 13. Velocidades de corriente para diferentes niveles y estados de marea durante la época seca

Estación	Estado de marea	Nivel	Velocidad (m/s)		Dirección
			Promedio	Máxima	
EH 1	Flujo	Fondo	0.18	2.55	*
	Reflujo	Superficie	1.00	5.75	*
EH 2	Reflujo	Fondo	0.31	0.80	*
	Flujo	Superficie	0.54	0.90	36.30
EH 3	Reflujo	Fondo	0.42	1.91	*
	Flujo	Superficie	0.97	5.41	331.41
EH 4	Flujo	Fondo	0.29	1.40	*
	Reflujo	Superficie	1.13	2.40	268.65
EH 5	Reflujo	Fondo	0.30	1.10	235.60
	Flujo	Superficie	0.56	1.40	50.71
EH 6	Reflujo	Fondo	0.28	1.00	*
	Flujo	Superficie	0.74	1.20	59.59
EH 7	Reflujo	Fondo	0.45	1.20	*
	Flujo	Superficie	0.88	3.76	74.61
EH 8	Reflujo	Fondo	0.27	1.20	*
	Flujo	Superficie	1.07	1.70	282.36
EH 9	Reflujo	Fondo	0.31	1.05	*
	Flujo	Superficie	0.60	1.20	72.66
EH 10	Reflujo	Fondo	0.21	0.85	*
	Flujo	Superficie	0.56	1.45	65.70
EH 11	Reflujo	Fondo	0.14	0.60	*
	Flujo	Superficie	0.41	1.10	283.99

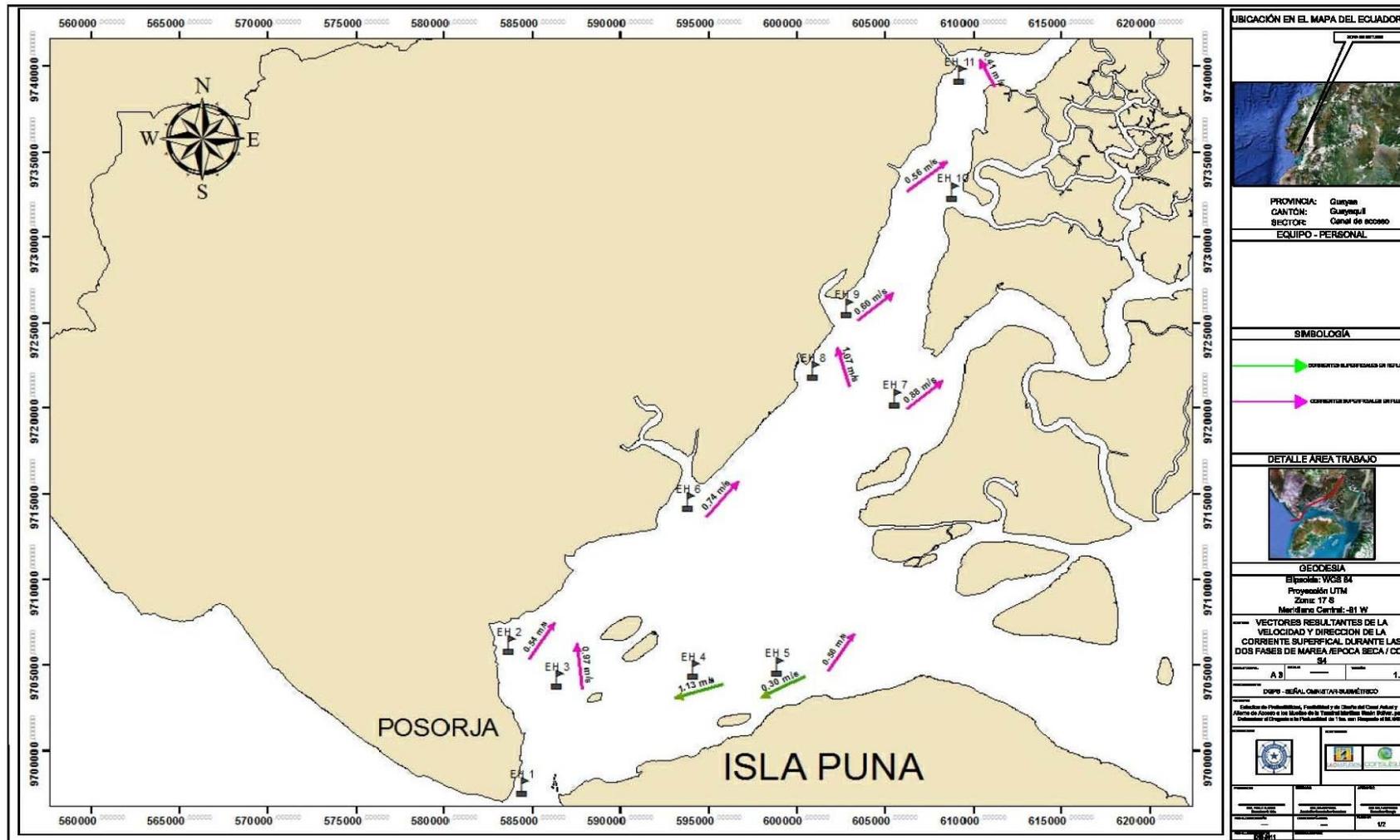
Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Tabla 14. Velocidades de corriente para diferentes niveles y estados de marea durante la época húmeda

Estación	Estado de marea	Nivel	Velocidad (m/s)		Dirección
			Promedio	Máxima	Grados
EH 1	Reflujo	Fondo	0.47	1.93	*
	Flujo	Superficie	0.30	5.15	70.70
EH 2	Reflujo	Fondo	0.41	1.20	*
	Flujo	Superficie	0.55	1.05	307.68
EH 3	Reflujo	Fondo	0.53	2.00	*
	Flujo	Superficie	0.99	2.00	30.94
EH 4	Reflujo	Fondo	0.68	1.80	*
	Flujo	Superficie	0.86	1.90	78.7
EH 5	Flujo	Fondo	0.91	1.90	66.28
	Reflujo	Superficie	0.48	1.90	336.33
EH 6	Flujo	Fondo	0.43	0.70	337.71
	Reflujo	Superficie	0.90	1.30	*
EH 7	Reflujo	Fondo	0.41	1.50	*
	Flujo	Superficie	0.84	1.20	35.99
EH 8	Reflujo	Fondo	0.41	0.70	*
	Flujo	Superficie	0.65	1.30	11.94
EH 9	Reflujo	Fondo	0.37	1.50	*
	Flujo	Superficie	0.60	1.20	66.84
EH 10	Reflujo	Fondo	0.24	0.50	*
	Flujo	Superficie	0.55	1.00	35.8
	Flujo	Fondo	0.18	0.40	0
EH 11	Reflujo	Fondo	0.28	0.70	140
	Reflujo	Superficie	0.10	0.50	180
	Flujo	Superficie	0.38	0.80	280

Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 25. Vectores resultantes de corriente superficial para los dos estados de marea /Época Seca



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

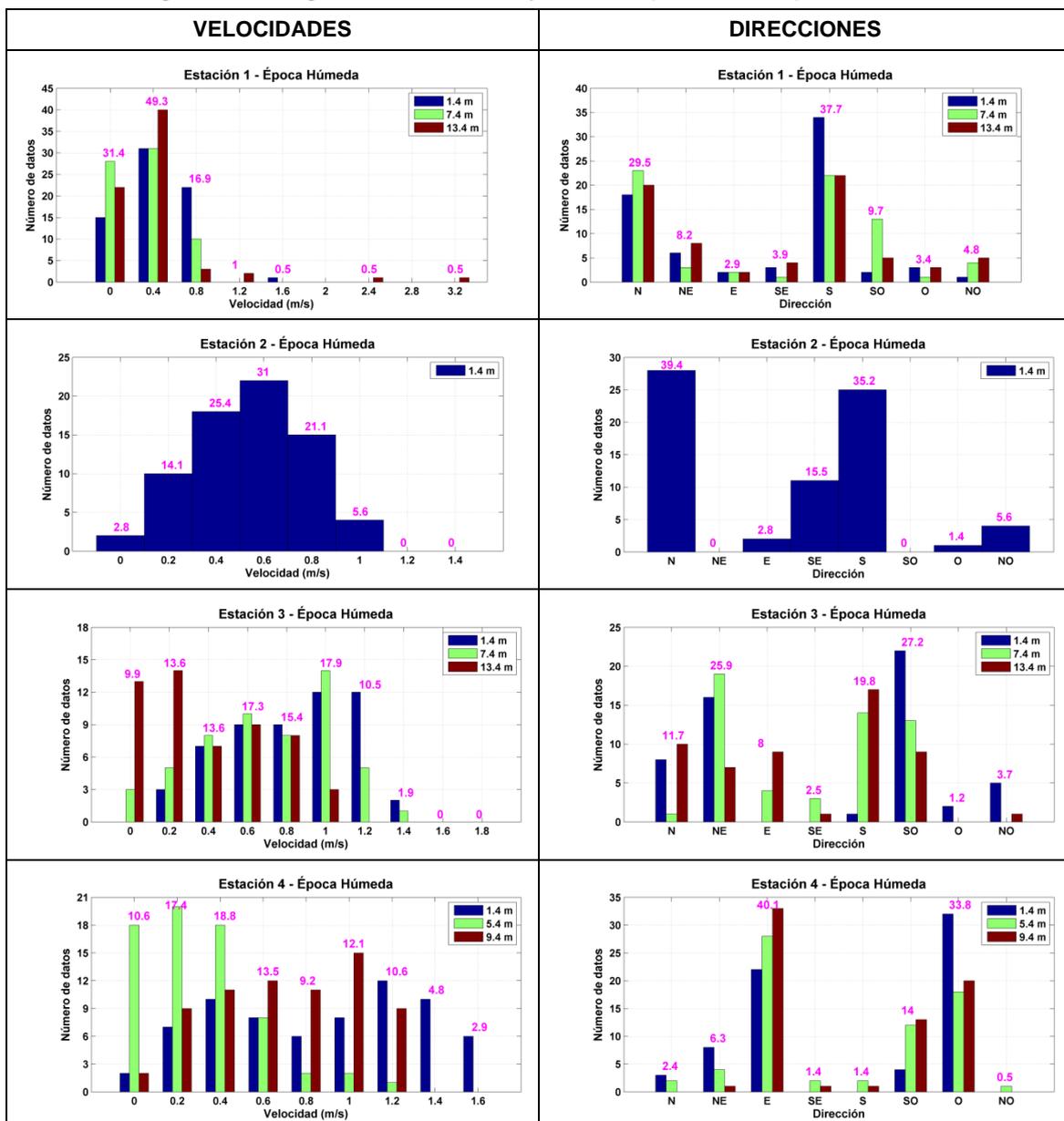
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-62

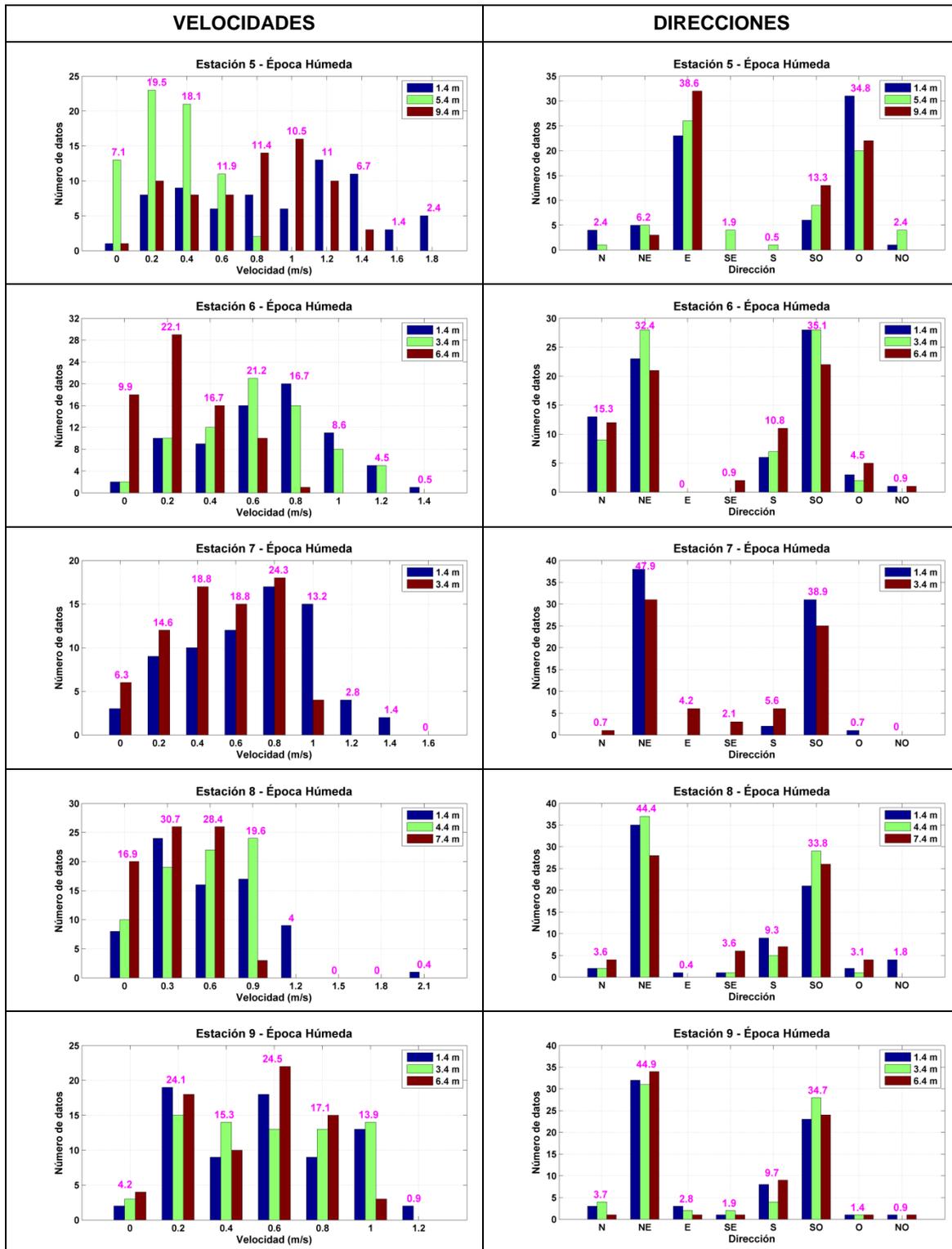
7.3.3.1.2.2 ADCP – AQUADOPP

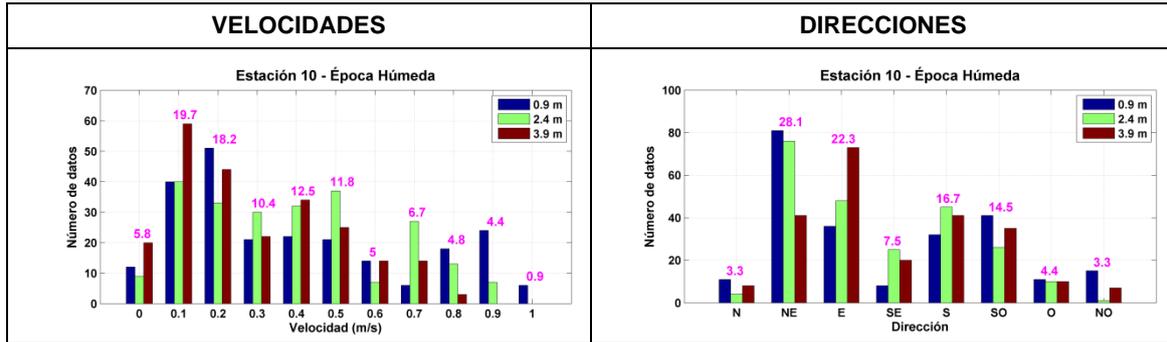
Histogramas de Velocidad y Dirección de corriente Época Húmeda

En las siguientes gráficas se muestran las velocidades y direcciones de corriente para tres niveles de profundidad: superficie, media y fondo; menos para la estación dos la cual tiene como máxima profundidad 3 metros. La campaña se realizó para las 11 estaciones hidrosedimentológicas mencionadas con anterioridad, de las mismas solo se pudo trabajar con 10 estaciones, la data de la estación 11 registro un problema al momento de ser almacenada en la memoria del equipo. A continuación se muestran los resultados para las 10 estaciones.

Figura 27. Histogramas de velocidad y dirección por niveles /Época Húmeda







Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Se seleccionaron tres niveles que están en función de la profundidad máxima medida; la profundidad entre las estaciones varía entre 3 y 14 metros aproximadamente, en base a esto la estación 2 solo se analizó el nivel superficial, y para la estación 7 solo se analizaron dos niveles.

La distribución de las velocidades presenta una distribución relativamente uniforme para todos los niveles, en las diferentes estaciones. De esta información se puede resaltar que las velocidades predominantes para el primer nivel (superficial) oscilan entre 0.2 y 1 m/s para la mayoría de las estaciones; sin embargo, las estaciones 3, 4 y 5 presentaron mayores velocidades entre 1 y 1.5 m/s. Para el nivel medio se observan que las velocidades predominantes entre 0.2 y 0.8 para las estaciones 3, 6, 7, 8 y 9; en tanto que para las estaciones 1, 4 y 5 las velocidades predominantes no sobrepasan los 0.4 m/. En el nivel más profundo, para las estaciones 1 y 4 la predominancia se da hacia velocidades menores a 0.4 m/s, las estaciones 4 y 5 muestran predominancias entre 0.6 y 1 m/s, en tanto que para las estaciones 3, 8, 9 y 10 las velocidades se distribuyen casi uniformemente entre 0.2 y 1 m/s.

La distribución de las direcciones se presenta bastante variada debido a la ubicación de cada estación, considerando los ramales del estuario que se localizan en las cercanías de algunas de ellas. Para todas las estaciones se puede apreciar dos grupos direccionales que se oponen mutuamente lo cual podría atribuirse a la fase marea (flujo y reflujo). Para la estación 10 no se puede apreciar esta diferencia por el hecho de no contar con mediciones a mayores profundidades.

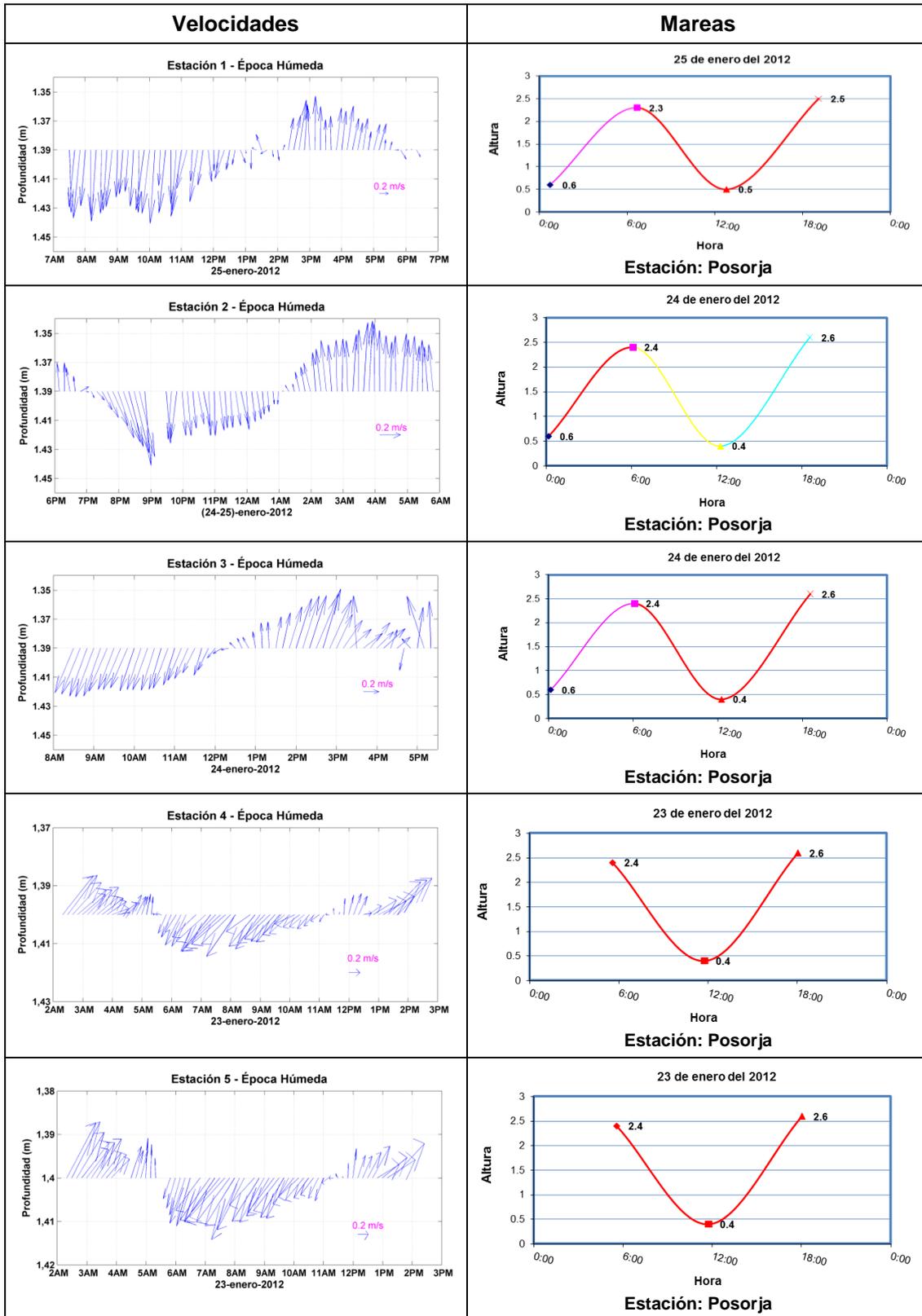
Plots Vectoriales de corriente Superficial Época Húmeda

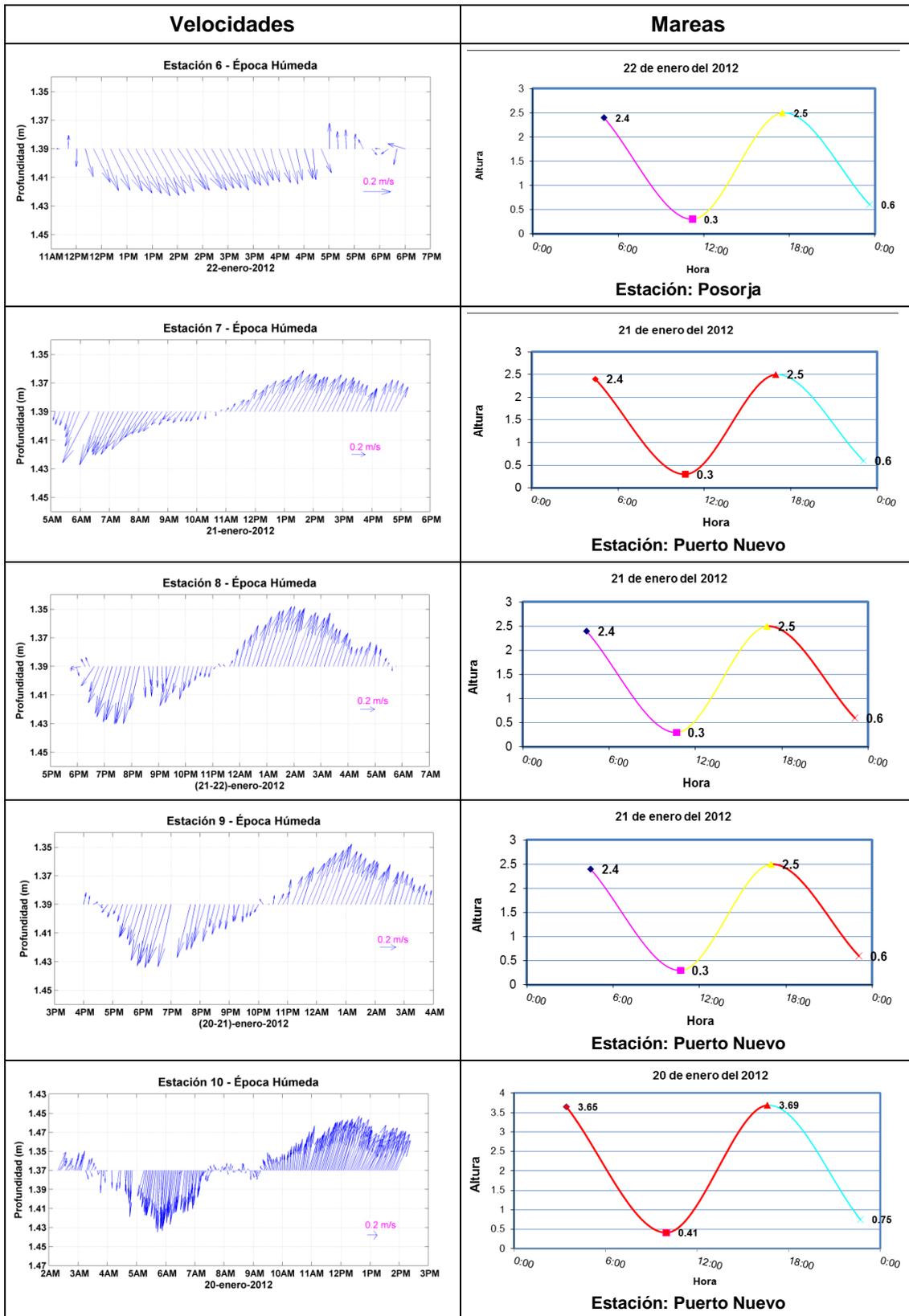
Los siguientes gráficos son información complementaria a los histogramas de frecuencia previa, de manera general se observa que los vectores muestran una variación tanto en magnitud como en dirección, que estaría en función de la fase de marea.

De manera general se observa que para las 10 estaciones las mayores magnitudes de velocidad superficial se la registraron durante la fase de reflujo, en las figuras siguientes se muestran las curvas de mareas para cada una 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: Febrero 2012	7-66

Figura 28. Plots vectoriales de corriente superficial / Época Húmeda





Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

La Tabla 15 muestra el resumen de las velocidades promedio y máximas obtenidas del registro de doce horas realizado por el ADCP AQUADOPP, teniendo que las velocidades de reflujos en la capa superficial son mayores que a la capa media y de

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: Febrero 2012	7-68

fondo. La estación 7 ubicada a la salida del Estero Grande registran velocidades mayores a 1 metro, así mismo las estaciones ubicadas en el canal de Cascajal también registran velocidades mayores a 1 metro, respecto a sus direcciones, estas se encuentran influenciadas directamente por la marea teniendo que durante el reflujó están tienden a tener direcciones sur oscilando entre el oeste y este, mientras en el flujo estas tienden a dirigirse hacia el sur oscilando entre el oeste y este. También se observa que en las estaciones ubicadas a las salidas de cuerpos de agua aportantes al sistema general del estuario, las corrientes a los tres niveles tienden a ingresar durante el flujo.

Tabla 15. Velocidad y Dirección de corrientes/ Epoca Húmeda/Reflujo

Estación	Nivel	Velocidad Promedio (m/s)	Dirección (grados)	Velocidad Máxima (m/s)	Dirección (grados)
EST1	Superficie	0.37	185	0.76	196
	Media	0.25	215	0.59	174
	Fondo	0.49	224	0.75	221
EST2	Superficie	0.25	163	0.67	136
	Superficie	1.19	204	1.20	204
EST3	Media	1.03	197	1.12	206
	Fondo	0.87	194	1.02	194
	Superficie	1.12	113	1.49	253
EST4	Media	0.82	101	1.02	250
	Fondo	0.64	124	1.06	247
	Superficie	1.35	250	1.47	253
EST5	Media	1.00	261	1.05	242
	Fondo	0.66	260	1.26	263
	Superficie	1.06	215	1.31	217
EST6	Media	0.56	208	0.95	223
	Fondo	0.32	183	1.05	212
	Superficie	0.40	205	1.17	221
EST7	Fondo	0.19	153	1.04	208
	Superficie	0.54	219	0.94	208
EST8	Media	0.31	236	0.49	212
	Fondo	0.32	208	0.44	213
EST9	Superficie	0.66	217	0.95	203
	Media	0.42	209	0.57	220
	Fondo	0.35	205	0.49	202
EST10	Superficie	0.32	212	0.51	204
	Media	0.29	236	0.58	222
	Fondo	0.31	225	0.43	196

Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Durante la pleamar o flujo, se registraron magnitudes menores en comparación con la fase de reflujos, lo cual ha sido verificado y detallado por varios estudios anteriores entre estos el INOCAR, 2002. Las mayores velocidades se registraron en las estaciones 3 y 7, las mismas que están influenciadas por cuerpos de agua aportantes, haciendo que la corriente aumente su velocidad al encontrarse con este brazo abierto creando un canal por donde fluye con mayor rapidez. La Tabla 16 muestra las velocidades promedio y máximas registradas durante este estado.

Tabla 16. Velocidad y Dirección de corrientes/ Epoca Húmeda/Flujo

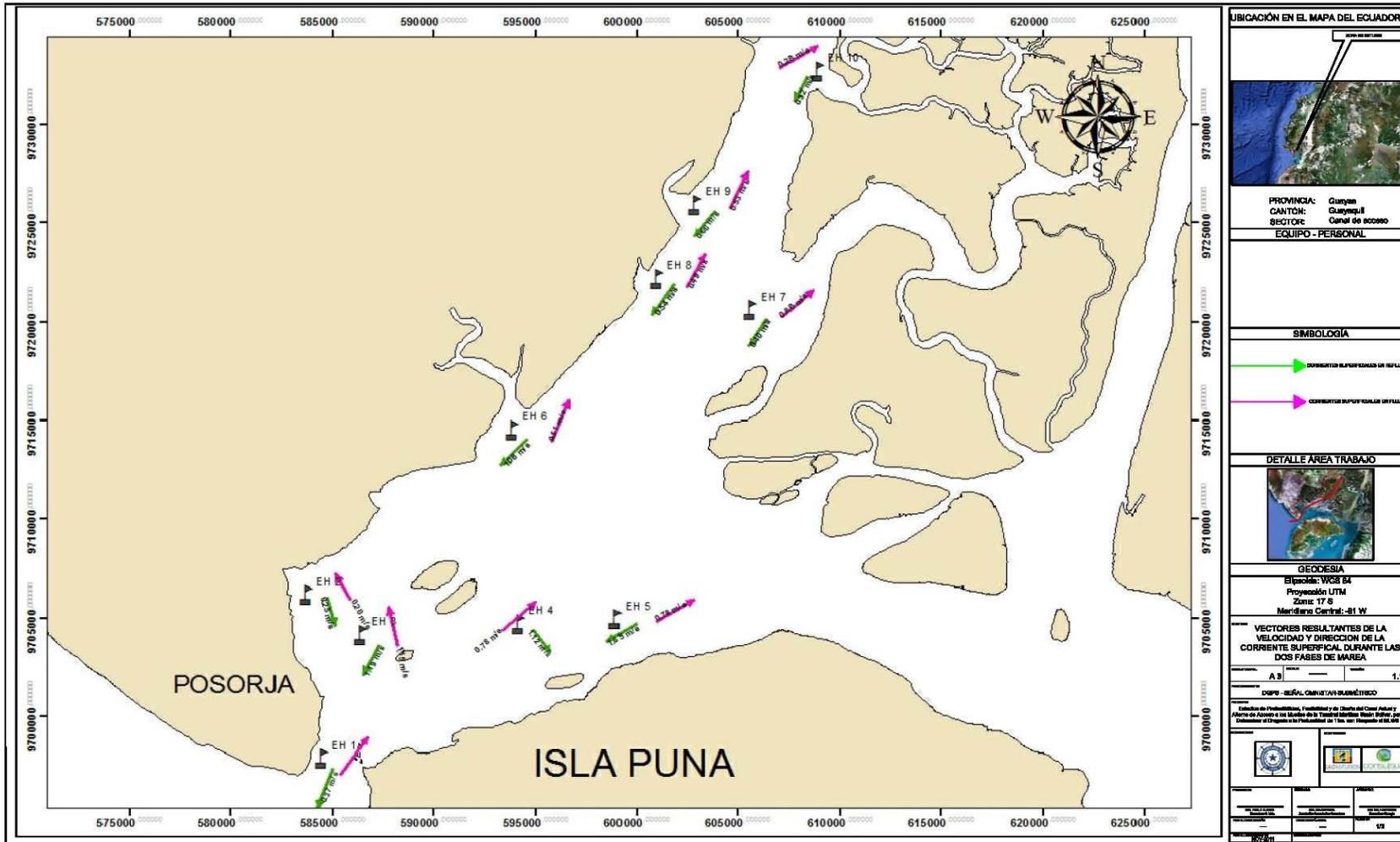
Estación	Nivel	Velocidad Promedio (m/s)	Dirección (grados)	Velocidad Máxima (m/s)	Dirección (grados)
EST1	Superficie	0.32	22	0.60	54
	Media	0.29	15	1.05	12
	Fondo	0.27	12	0.98	24
EST2	Superficie	0.20	302	0.43	63
	Superficie	1.15	355	1.15	28
EST3	Media	1.08	29	1.08	27
	Fondo	0.33	43	0.70	10
	Superficie	0.78	83	1.45	72
EST4	Media	0.41	42	0.67	83
	Fondo	0.53	84	0.57	62
	Superficie	0.78	83	1.25	76
EST5	Media	0.48	63	0.67	83
	Fondo	0.54	68	0.51	88
EST6	Superficie	0.51	28	0.72	34
	Media	0.37	30	0.52	52
	Fondo	0.26	341	0.43	30
EST7	Superficie	0.66	49	0.98	47
	Fondo	0.64	50	0.92	48
EST8	Superficie	0.49	28	1.06	38
	Media	0.32	45	0.61	43
	Fondo	0.35	81	0.73	50
EST9	Superficie	0.53	19	1.06	34
	Media	0.32	23	0.59	45
	Fondo	0.28	33	0.58	37
EST10	Superficie	0.28	76	0.49	60
	Media	0.25	67	0.43	75
	Fondo	0.25	71	0.50	84

Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

A continuación se muestran los gráficos por niveles de profundidad (superficie, media y fondo) con los vectores resultantes de dirección y magnitud, registrados por el ADCP en las 10 estaciones hidrosedimentológicas.

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: Febrero 2012	7-70

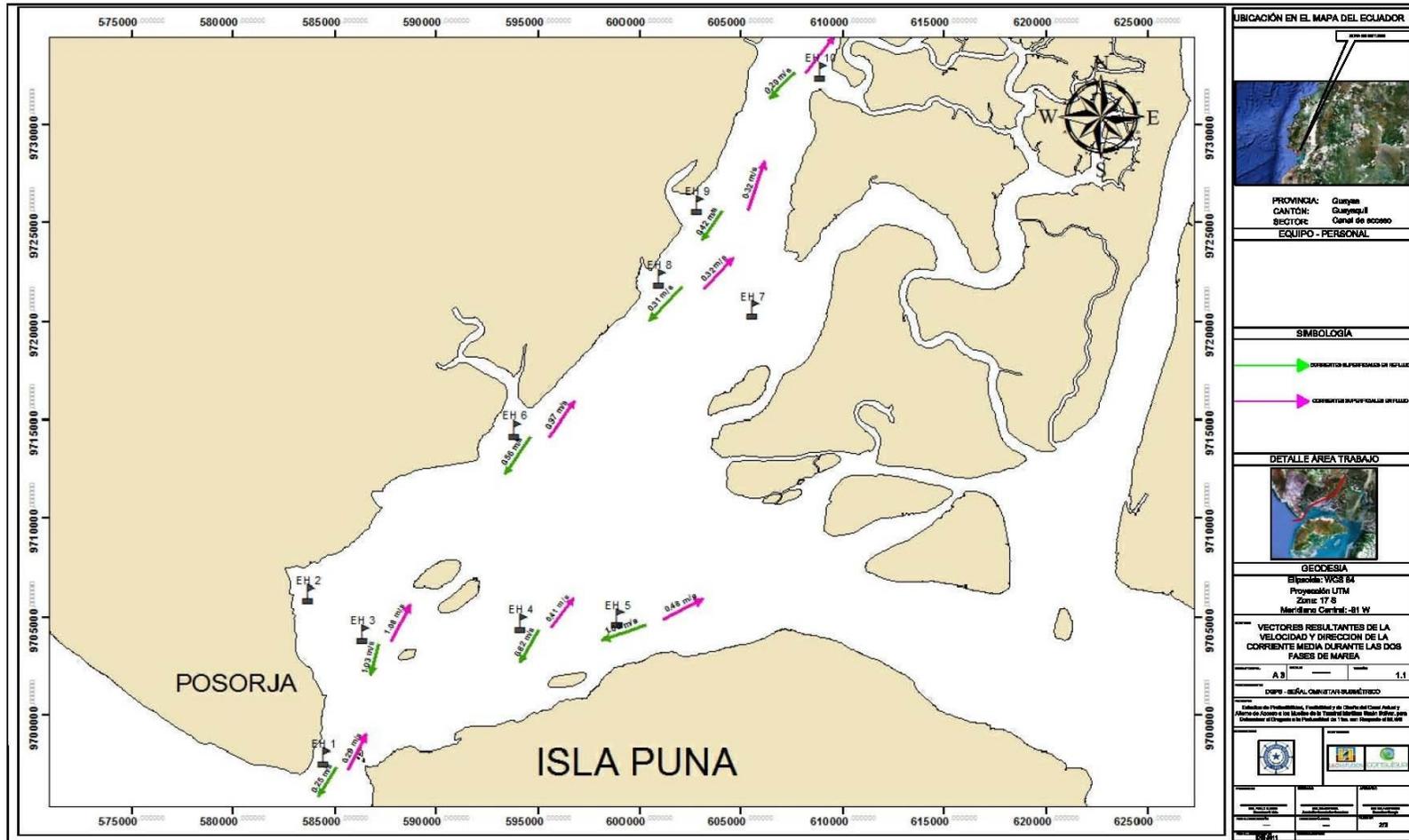
Figura 29. Vectores resultantes de corriente superficial / Época Humeda/ADCP



Elaborado: 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: Febrero 2012	7-71

Figura 30. Vectores resultantes de corriente media / Época Humeda/ADCP



Elaborado: Asociación Geostudios Consultasua, 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 Geostudios – Consultasua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-72



7.3.3.1.3 Salinidad

El estero Salado se encuentra influenciado por el efecto de la onda de marea, que ocasiona un influjo periódico de agua salada a lo largo del canal principal hacia la intrincada red de canales secundarios. La acción predominante de la marea permite que este cuerpo de agua se mezcle de forma homogénea, por lo que en ausencia de un aporte de agua dulce, el gradiente de salinidad tanto en la columna de agua como en su superficie tiende a ser pequeño. Sin embargo, durante la estación húmeda, el estero Salado recibe un aporte importante de agua dulce de lluvias locales, así como de caudal del río Guayas que desemboca en el estero a través de los canales de Cascajal y del estero Cobina. El agua dulce diluye el contenido de sal en la capa superior del agua al entrar en contacto con el agua salada; esto ocasiona una disminución de los valores de salinidad a nivel superficial, especialmente en la sección interna y externa del canal principal, y un mayor gradiente de salinidad en la columna de agua -sistema estratificado-.

Varios estudios llevados a cabo en los últimos treinta años, han aportado con información acerca de los patrones de salinidad presentes en el estero Salado y su variación estacional. Así, la información del estudio más completo realizado en 1984, ha sido actualizada con estudios posteriores realizados en los años 1996, 1998, 2001, 2003 y 2008. Todos estos estudios reportan una variación estacional/espacial en los patrones de salinidad en el estero, donde los mayores valores de salinidad se registran durante la época seca, con un menor gradiente de salinidad presente en la columna de agua; mientras que los menores valores de salinidad y el mayor gradiente de salinidad en la columna de agua se reportan durante la época húmeda, en el área de influencia de los canales que aportan agua dulce al estero desde el río Guayas. El rango de salinidad reportado en el último estudio, realizado en el canal principal, en junio del 2008, es de [18.2, 25.9] UPS en superficie, y [18.5, 25.7] UPS a nivel fondo. La información arrojada por este estudio para la variable de salinidad es consistente con los valores encontrados en estudios anteriores, por lo que se presenta como valor referencial.

El presente estudio incluyó el levantamiento de datos de salinidad en once estaciones de medición distribuidas a lo largo del canal de acceso al puerto de Guayaquil, utilizando para este efecto un equipo S4. Las mediciones de temperatura se llevaron a cabo en dos campañas realizadas durante la época seca -a finales de Noviembre/2011- y la época húmeda -a finales de Enero/2012-, cubriendo un ciclo continuo de mareas -condiciones de flujo y reflujos- para dos niveles de profundidad, superficial y fondo. Debido a una limitación en la capacidad de registro del equipo utilizado -el S4 realiza un registro puntual de los parámetros de interés en la columna de agua- los registros de salinidad a nivel superficial y fondo cubrieron en su mayoría, una sola fase de marea por nivel -6 horas de mediciones en cada nivel- para cada estación muestreada.

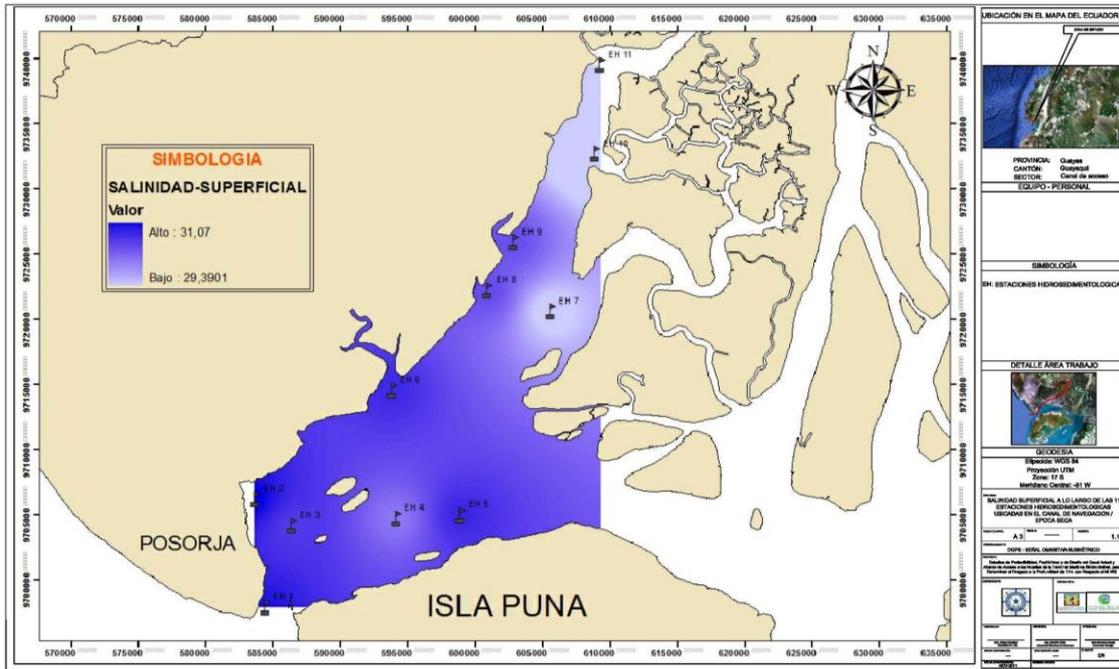
ÉPOCA SECA

La campaña de medición de salinidad durante la época seca se realizó del 23 al 30 de noviembre del 2011. Las Figuras 32 y 33 presentan la distribución espacial de los promedios de salinidad obtenidos en nueve de las once estaciones de medición

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: Febrero 2012	7-74

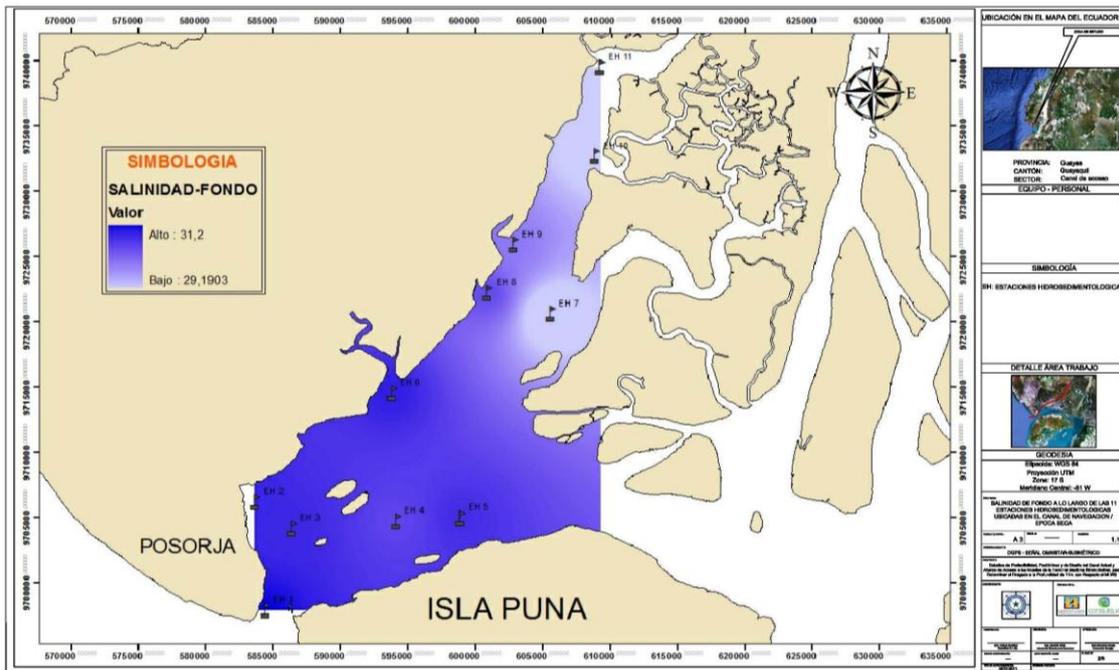
ubicadas en el canal de acceso al puerto de Guayaquil -nivel superficial durante la fase de flujo, y fondo durante la fase de reflujó-.

Figura 32. Salinidad a nivel superficial durante el flujo / Época Seca



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 33. Salinidad a nivel de fondo durante el reflujó / Época Seca



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Aunque las dos Figuras no son comparables, puesto que se encuentran en dos fases distintas de marea, exponen claramente el estado de mezcla en el que se encuentra el

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: Febrero 2012	7-75

sistema en cada nivel de profundidad. También se observa una pequeña disminución de los valores promedio de salinidad en las áreas cercanas a los canales de aporte de agua dulce. Los promedios más altos de salinidad se registran a nivel fondo, entre la parte media y externa del canal de acceso al puerto.

A continuación se presentan los promedios de salinidad con su respectiva desviación estándar para cada nivel de medición por estación durante la época seca.

Tabla 17. Salinidad promedio/Epoca Seca

Estación	Estado de marea	Nivel	Salinidad promedio (PSU)	Desviación Estándar
EH 1	Flujo	Fondo	31,2	0,2
	Reflujo	Superficie	30,99	0,19
EH 2	Reflujo	Fondo	30,97	0,07
	Flujo	Superficie	31,07	0,25
EH 3	Reflujo	Fondo	30,95	0,21
	Flujo	Superficie	30,75	0,16
EH 4	Flujo	Fondo	30,69	0,05
	Reflujo	Superficie	30,34	0,36
EH 5	Reflujo	Fondo	30,91	0,15
	Flujo	Superficie	30,88	0,18
EH 6	Reflujo	Fondo	31,04	0,31
	Flujo	Superficie	30,86	0,12
EH 7	Reflujo	Fondo	29,19	0,67
	Flujo	Superficie	29,75	0,51
EH 8	Reflujo	Fondo	30,65	0,21
	Flujo	Superficie	30,64	0,15
EH 9	Reflujo	Fondo	30,25	0,23
	Flujo	Superficie	30,62	0,14
EH 10	Reflujo	Fondo	29,49	0,17
	Flujo	Superficie	29,39	0,13
EH 11	Reflujo	Fondo	29,48	0,20
	Flujo	Superficie	29,68	0,06

Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

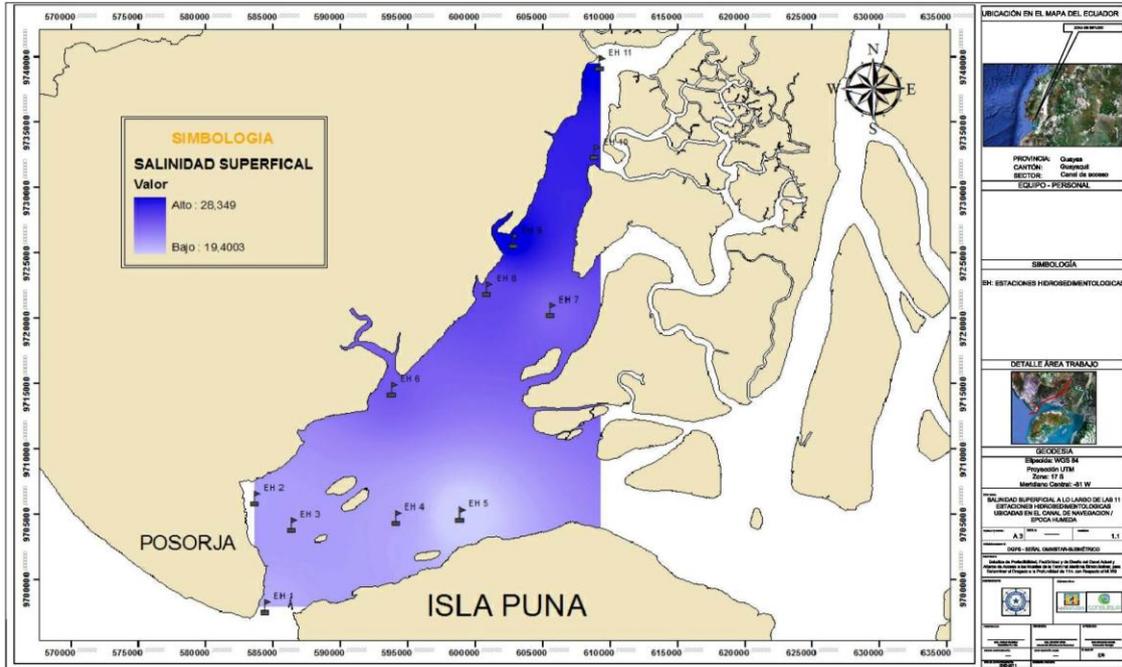
ÉPOCA HÚMEDA

La campaña de medición de salinidad en época húmeda se realizó del 19 al 25 de enero del 2012. Las Figuras 34 y 35 presentan la distribución espacial de los promedios de salinidad obtenidos en nueve de las once estaciones de medición

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: Febrero 2012	7-76

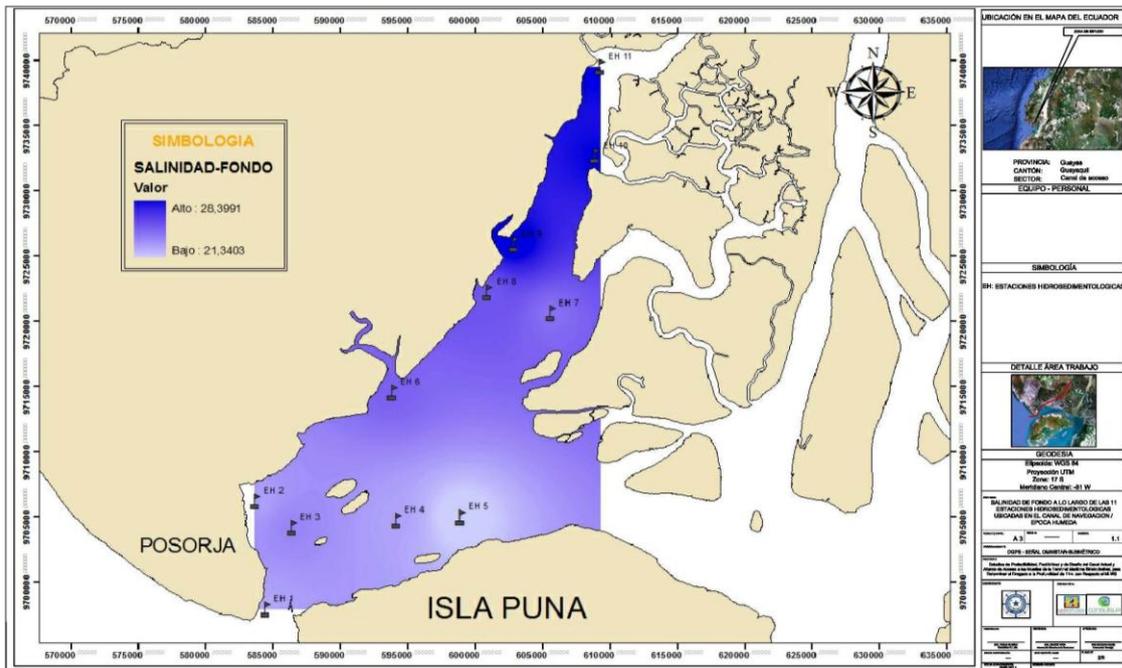
ubicadas en el canal de acceso al puerto de Guayaquil -nivel superficial durante la fase de flujo, y fondo durante la fase de reflujo-.

Figura 34. Salinidad a nivel superficial durante el flujo / Época Húmeda



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 35. Salinidad a nivel de fondo durante el reflujo / Época Húmeda



Elaborado: 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: Febrero 2012	7-77

Como se puede observar en las gráficas el gradiente de salinidad a nivel superficial y fondo, es mucho más pronunciado que durante la época seca, debido al incremento sustancial del aporte de agua dulce desde el río Guayas, principalmente. Los valores más bajos de salinidad se registran a nivel superficial y fondo, en la parte media y externa del canal de acceso al puerto de Guayaquil.

A continuación se presentan los promedios de salinidad con su respectiva desviación estándar para cada nivel de medición por estación, durante la época húmeda.

Tabla 18. Salinidad promedio/Epoca Húmeda

Estación	Estado de marea	Nivel	Salinidad promedio (PSU)	Desviación Estándar
EH 1	Reflujo	Fondo	22,95	0,93
	Flujo	Superficie	21,21	1,44
EH 2	Reflujo	Fondo	23,07	0,56
	Flujo	Superficie	21,67	0,67
EH 3	Reflujo	Fondo	23,90	1,02
	Flujo	Superficie	21,77	1,43
EH 4	Reflujo	Fondo	23,04	0,89
	Flujo	Superficie	21,54	1,30
EH 5	Flujo	Fondo	21,34	1,23
	Reflujo	Superficie	19,40	1,04
EH 6	Flujo	Fondo	24,99	0,64
	Reflujo	Superficie	24,39	0,20
EH 7	Reflujo	Fondo	24,49	1,64
	Flujo	Superficie	23,95	2,05
EH 8	Reflujo	Fondo	25,29	0,33
	Flujo	Superficie	25,18	0,25
EH 9	Reflujo	Fondo	28,40	0,49
	Flujo	Superficie	28,35	0,41
EH 10	Reflujo	Fondo	27,83	0,10
	Flujo	Superficie	27,04	0,81
EH 11	Flujo	Fondo	27,91	0,10
	Reflujo	Fondo	27,79	0,09
	Reflujo	Superficie	28,14	0,10
	Flujo	Superficie	28,11	0,11

Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

7.3.3.1.4 Densidad volumétrica

En ambientes costeros, la densidad volumétrica es una función de la salinidad y la temperatura del agua. De estas dos variables, la salinidad es el parámetro que presenta la mayor variación en espacio y en tiempo, debido a la dinámica de los procesos que rigen la mezcla o estratificación del sistema estero Salado. El agua de mar con una salinidad de alrededor de 35‰, tiene una densidad de 1027 kg/m³ en contraste con el agua dulce que tiene 1000 kg/m³

En época seca, con poco influjo de agua dulce, el estero salado permanece bien mezclado por lo que los bajos gradientes de salinidad producen que la densidad volumétrica sea casi homogénea en todo el cuerpo de agua; mientras que en época húmeda, el influjo de agua dulce causado por lluvias locales y el aporte del río Guayas, causan que el ambiente se estratifique, presentando una mayor densidad en la capa profunda de la columna de agua –capa de agua más pesada que se mueve hacia el interior del estero-, y una menor densidad en la capa superficial de la columna de agua –capa liviana, de menor salinidad que se desplaza hacia el mar- divididas por una delgada capa de mezcla.

Los estudios realizados en el estero Salado en los últimos treinta años confirman este patrón, basando su análisis en la distribución espacial de los valores de salinidad medidos en campo, por lo que no estiman valores referenciales para densidad volumétrica por estación y fase de marea.

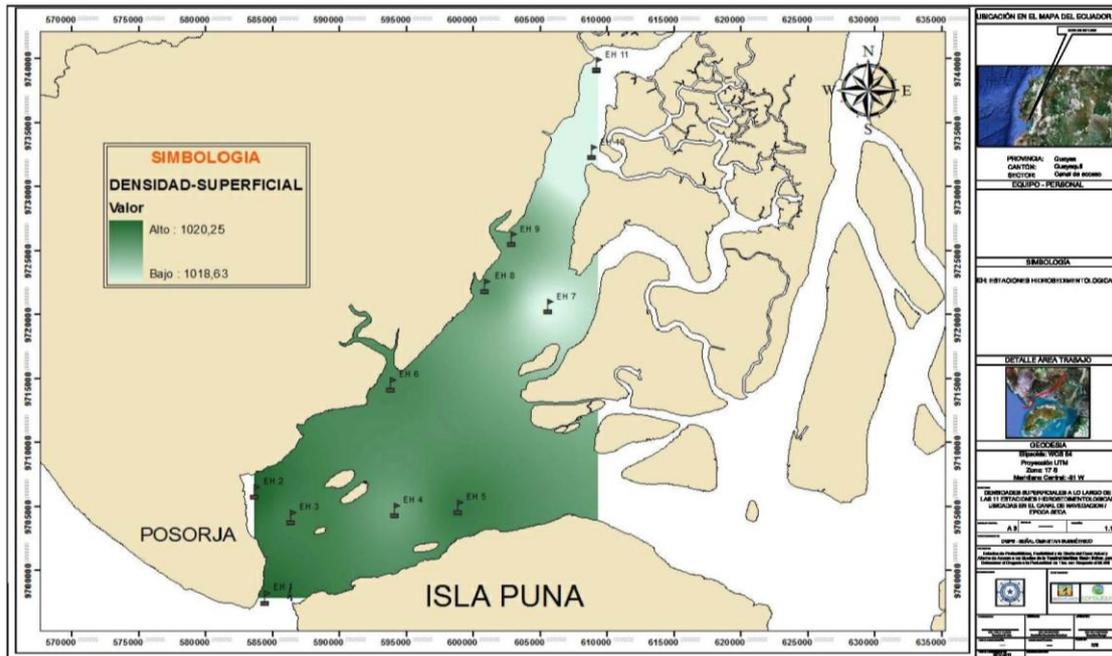
Al igual que para salinidad, se incluyó el levantamiento de datos de densidad volumétrica en once estaciones de medición distribuidas a lo largo del canal de acceso al puerto de Guayaquil, utilizando para este efecto un equipo S4. Las mediciones de temperatura se llevaron a cabo en dos campañas realizadas durante la época seca –a finales de Noviembre/2011- y la época húmeda -a finales de Enero/2012-, cubriendo un ciclo continuo de mareas -condiciones de flujo y refluo- para dos niveles de profundidad, superficial y fondo. Al igual que para salinidad, los registros de densidad volumétrica a nivel superficial y fondo cubrieron en su mayoría, una sola fase de marea por nivel -6 horas de mediciones en cada nivel- para cada estación muestreada.

ÉPOCA SECA

La campaña de medición de densidad volumétrica durante la época seca se realizó del 23 al 30 de noviembre del 2011. Las Figuras 36 y 37 presentan la distribución espacial de los promedios de densidad obtenidos en nueve de las once estaciones de medición ubicadas en el canal de acceso al puerto de Guayaquil -nivel superficial durante la fase de flujo, y fondo durante la fase de refluo-.

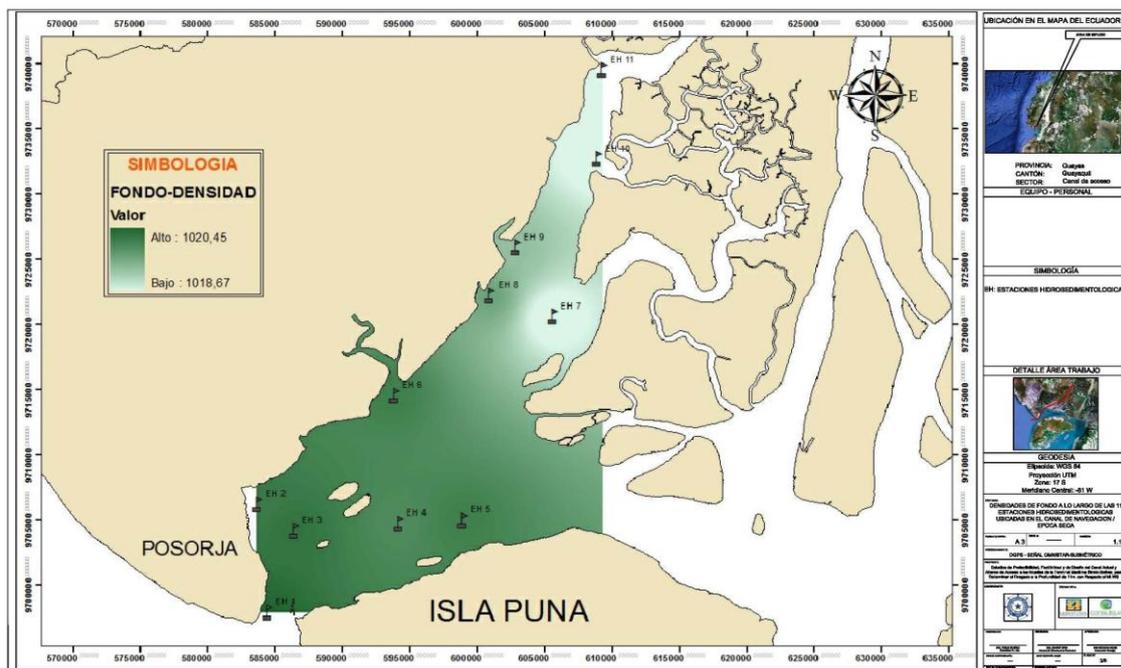
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-79

Figura 36. Densidad a nivel superficial durante el flujo / Época Seca



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 37. Densidad a nivel de fondo durante el refluo / Época Seca



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Tal como se puede apreciar en las figuras 36 y 37, los valores de densidad medidos en campo a nivel superficial y fondo, durante la época seca no presentan mayores diferencias en su distribución espacial entre niveles, observándose una mayor densidad del agua en la parte externa del canal, mientras que los valores más bajos se

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: Febrero 2012	7-80

registran en la parte interior del estero. Esta información es consistente con la distribución reportada para salinidad para la misma época.

A continuación se presentan los promedios de densidad con su respectiva desviación estándar, para cada nivel de medición, por estación, durante la época seca.

Tabla 19. Densidad promedio/Epoca Seca

Estación	Estado de marea	Nivel	Densidad promedio (Kg/m ³)	Desviación Estándar
EH 1	Flujo	Fondo	1020,45	0,16
	Reflujo	Superficie	1020,21	0,15
EH 2	Reflujo	Fondo	1020,19	0,05
	Flujo	Superficie	1020,25	0,14
EH 3	Reflujo	Fondo	1020,29	0,15
	Flujo	Superficie	1020,01	0,15
EH 4	Flujo	Fondo	1020,01	0,03
	Reflujo	Superficie	1019,71	0,27
EH 5	Reflujo	Fondo	1020,16	0,11
	Flujo	Superficie	1020,07	0,20
EH 6	Reflujo	Fondo	1020,16	0,18
	Flujo	Superficie	1019,96	0,09
EH 7	Reflujo	Fondo	1018,67	0,55
	Flujo	Superficie	1019,06	0,46
EH 8	Reflujo	Fondo	1019,76	0,19
	Flujo	Superficie	1019,81	0,15
EH 9	Reflujo	Fondo	1019,46	0,20
	Flujo	Superficie	1019,76	0,11
EH 10	Reflujo	Fondo	1018,79	0,15
	Flujo	Superficie	1018,63	0,11
EH 11	Reflujo	Fondo	1018,79	0,28
	Flujo	Superficie	1018,91	0,06

Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

ÉPOCA HÚMEDA

La campaña de medición de densidad en época húmeda se realizó del 19 al 25 de enero del 2012. Las Figuras 38 y 39 presentan la distribución espacial de los promedios de densidad obtenidos en nueve de las once estaciones de medición ubicadas en el canal de acceso al puerto de Guayaquil -nivel superficial durante la fase de flujo, y fondo durante la fase de reflujo-.

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: Febrero 2012	7-81

de los valores de salinidad encontrados para época húmeda. Los valores más altos se registran en la parte interior del estero, mientras que la densidad volumétrica es gradualmente menor en la parte media y externa del estero Salado, donde se llevan a cabo los procesos de dilución y mezcla.

A continuación se presentan los promedios de densidad con su respectiva desviación estándar para cada nivel de medición por estación, durante la época húmeda.

Tabla 20. Densidad promedio/Epoca Húmeda

Estación	Estado de marea	Nivel	Densidad promedio (Kg/m ³)	Desviación Estándar
EH 1	Reflujo	Fondo	1015,38	0,71
	Flujo	Superficie	1013,98	1,09
EH 2	Reflujo	Fondo	1015,42	0,41
	Flujo	Superficie	1014,41	0,51
EH 3	Reflujo	Fondo	1016,14	0,78
	Flujo	Superficie	1014,34	1,14
EH 4	Reflujo	Fondo	1015,39	0,69
	Flujo	Superficie	1014,27	0,97
EH 5	Flujo	Fondo	1014,15	0,92
	Reflujo	Superficie	1012,69	0,78
EH 6	Flujo	Fondo	1016,83	0,50
	Reflujo	Superficie	1016,38	0,15
EH 7	Reflujo	Fondo	1016,17	0,66
	Flujo	Superficie	1015,76	1,15
EH 8	Reflujo	Fondo	1016,97	0,23
	Flujo	Superficie	1016,95	0,19
EH 9	Reflujo	Fondo	1017,32	0,33
	Flujo	Superficie	1017,30	0,29
EH 10	Reflujo	Fondo	1017,07	0,07
	Flujo	Superficie	1016,29	0,59
	Flujo	Fondo	1017,05	0,11
EH 11	Reflujo	Fondo	1016,90	0,07
	Reflujo	Superficie	1017,17	0,10
	Flujo	Superficie	1017,20	0,09

Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012



7.3.3.1.5 Temperatura del agua

Los datos de temperatura del agua reportados en estudios anteriores (1998, 2001 y 2008) presentan una similitud entre los años 1998 y 2008, mientras que para el año 2001 se observan valores menores. Los valores de 1998 son ligeramente más altos hacia la parte sur del canal, posiblemente por la presencia del fenómeno ENOS (el Niño Oscilación del Sur) en que se presentan aguas marinas más cálidas.

Los valores de temperatura encontrados en el estudio del 2003 variaron entre 24,9 y 26,6 °C, es decir que se presentaron temperaturas dentro de las variaciones encontradas en los otros años. El estudio realizado en el mes de junio del 2008, presenta una distribución espacial de temperatura similar a la encontrada en estudios anteriores, reportando valores de temperatura del agua a nivel superficial en el rango de [26.4, 28] °C, donde las mayores temperaturas se registran en la parte interna del estero salado y las menores hacia la parte externa del sistema. Así mismo, ubica la variación de temperatura a nivel fondo en el rango de [26.5, 27.5]°C, siguiendo la misma distribución espacial que a nivel superficial.

El presente estudio incluyó el levantamiento de datos de temperatura del agua en once estaciones de medición distribuidas a lo largo del canal de acceso al puerto de Guayaquil, utilizando para este efecto un equipo S4. Las mediciones de temperatura se llevaron a cabo en dos campañas realizadas durante la época seca –a finales de Noviembre/2011- y la época húmeda -a finales de Enero/2012-, cubriendo un ciclo continuo de mareas -condiciones de flujo y reflujo- para dos niveles de profundidad, superficial y fondo. Los registros de temperatura a nivel superficial y fondo cubrieron en su mayoría, una sola fase de marea por nivel -6 horas de mediciones en cada nivel- para cada estación muestreada.

ÉPOCA SECA

La campaña de medición de temperatura del agua durante la época seca se realizó del 23 al 30 de noviembre del 2011. Las Figuras 40 y 41 presentan la distribución espacial de los promedios de temperatura obtenidos en nueve de las once estaciones de medición ubicadas en el canal de acceso al puerto de Guayaquil -nivel superficial durante la fase de flujo, y fondo durante la fase de reflujo-.

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: Febrero 2012	7-84

Figura 40. Temperatura a nivel superficial durante el flujo / Época Seca

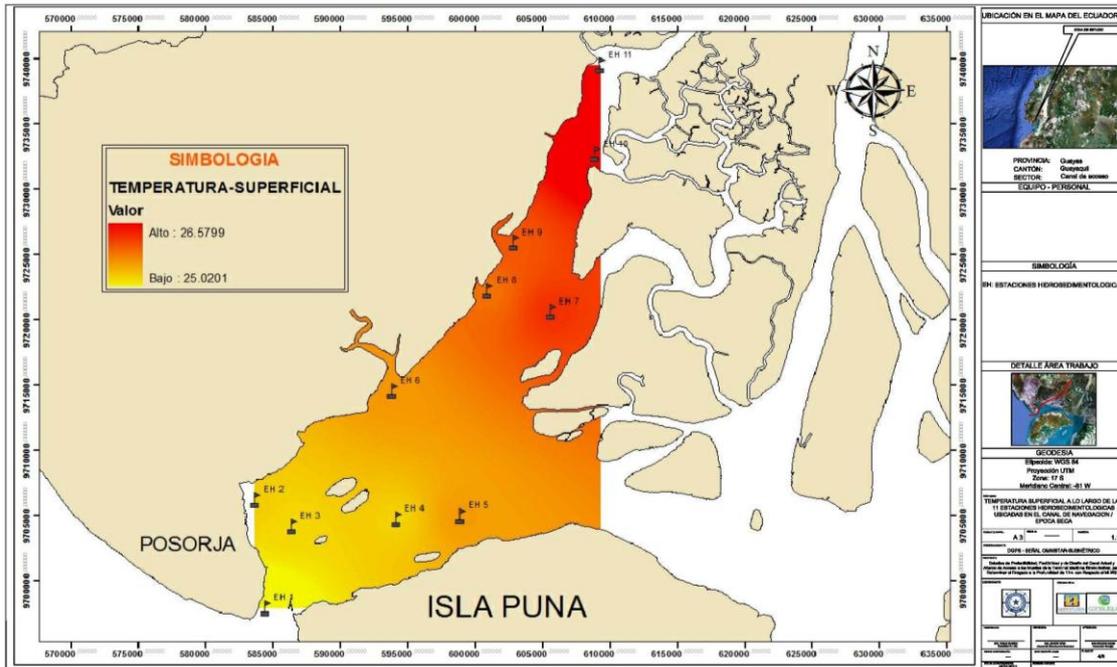
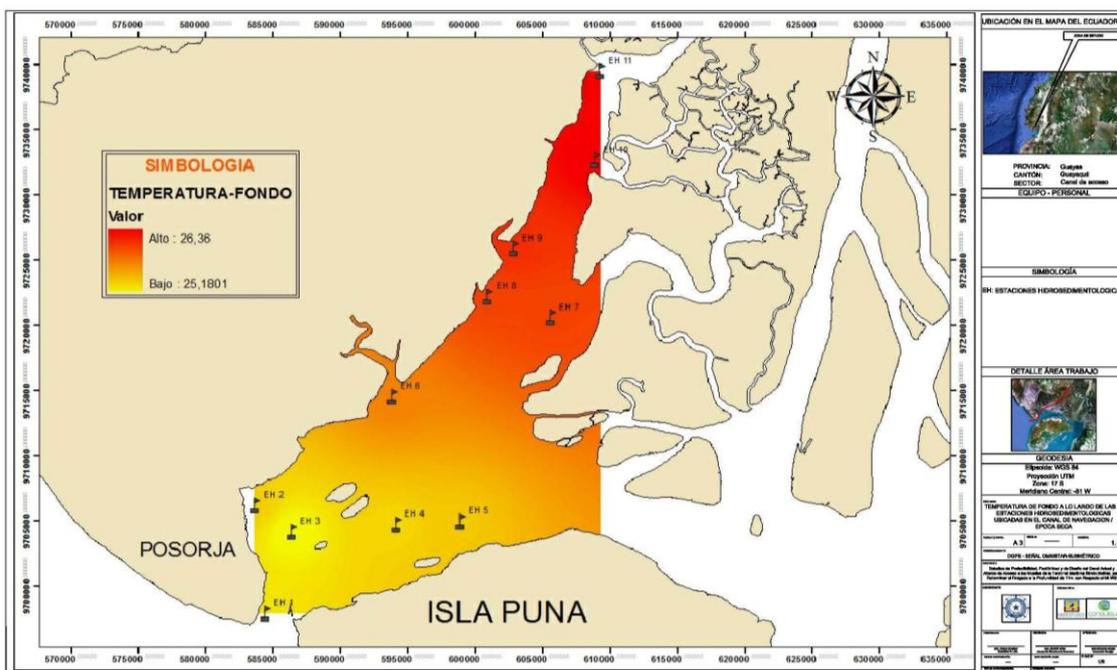


Figura 41. Temperatura a nivel de fondo durante el reflujó / Época Seca



En las Figuras 40 y 41 se observa que el patrón de variación espacial de la temperatura, tanto en superficie como a nivel fondo, se ajusta al reportado en estudios anteriores, para condiciones secas; en los cuales las temperaturas más bajas del agua han sido reportadas en la parte externa del estero Salado para los dos niveles de medición. Los rangos de temperatura registrados, un poco más bajos que los

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: Febrero 2012	7-85

reportados en el estudio del 2008, obedecen a las condiciones frías imperantes para la temperatura del mar frente a nuestras costas (BAC 256).

A continuación se presentan los promedios de temperatura con su respectiva desviación estándar para cada nivel de medición por estación, durante la época seca.

Tabla 21. Temperatura promedio/Epoca Seca

Estación	Estado de marea	Nivel	Temperatura promedio (°C)	Desviación Estándar
EH 1	Flujo	Fondo	25,31	0,1
	Reflujo	Superficie	25,02	0,74
EH 2	Reflujo	Fondo	25,42	0,1
	Flujo	Superficie	25,43	0,15
EH 3	Reflujo	Fondo	25,18	0,05
	Flujo	Superficie	25,38	0,23
EH 4	Flujo	Fondo	25,37	0,03
	Reflujo	Superficie	25,40	0,08
EH 5	Reflujo	Fondo	25,43	0,04
	Flujo	Superficie	25,63	0,36
EH 6	Reflujo	Fondo	25,75	0,41
	Flujo	Superficie	25,64	0,59
EH 7	Reflujo	Fondo	26,02	0,18
	Flujo	Superficie	26,08	0,24
EH 8	Reflujo	Fondo	26,02	0,31
	Flujo	Superficie	25,80	0,16
EH 9	Reflujo	Fondo	26,12	0,09
	Flujo	Superficie	25,91	0,18
EH 10	Reflujo	Fondo	26,36	0,09
	Flujo	Superficie	26,58	0,07
EH 11	Reflujo	Fondo	26,32	0,09
	Flujo	Superficie	26,38	0,17

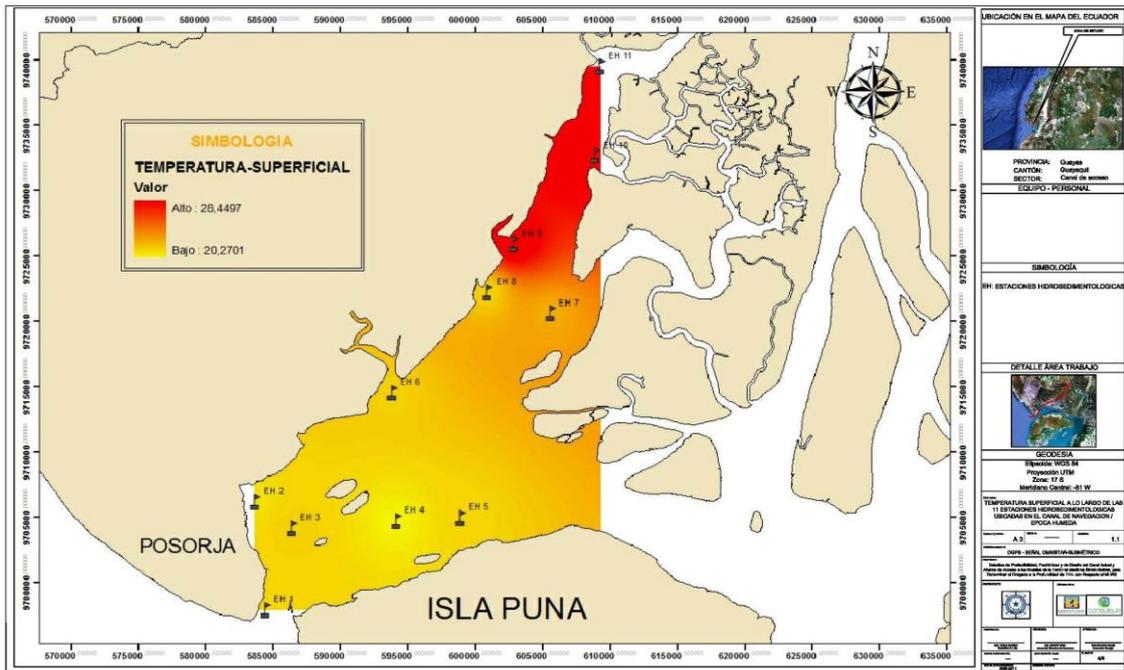
Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

ÉPOCA HÚMEDA

La campaña de medición de temperatura del agua en época húmeda se realizó del 19 al 25 de enero del 2012. Las gráficas 42 y 43 presentan la distribución espacial de los promedios de temperatura obtenidos en nueve de las once estaciones de medición ubicadas en el canal de acceso al puerto de Guayaquil -nivel superficial durante la fase de flujo, y fondo durante la fase de reflujo-.

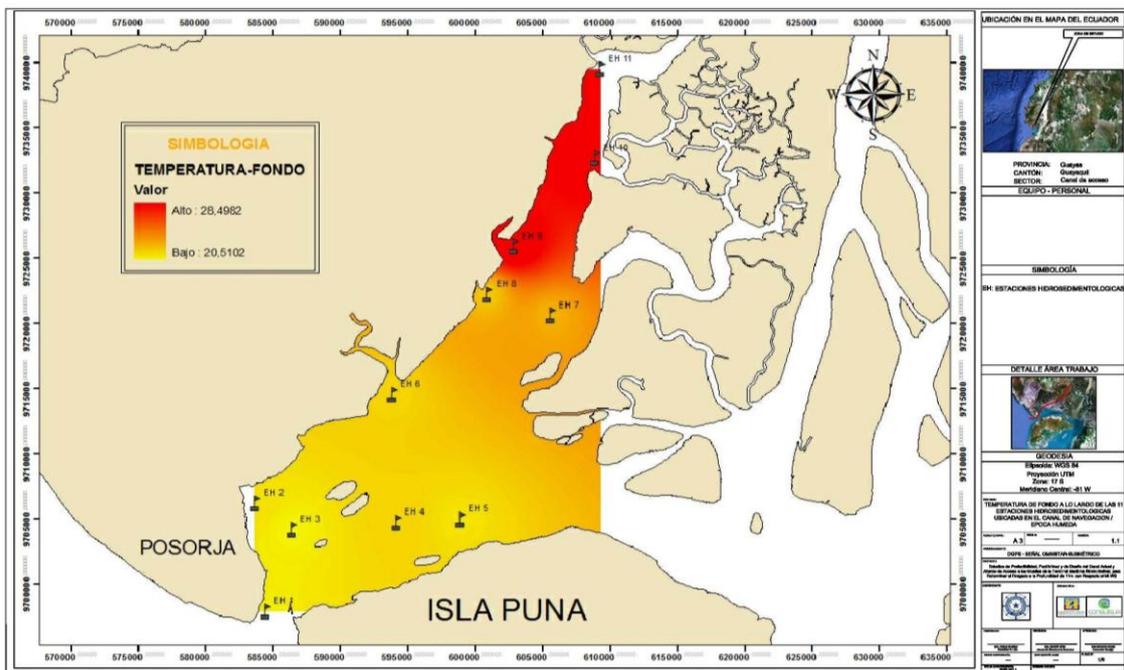
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	7-86

Figura 42. Temperatura a nivel superficial durante el flujo / Época Húmeda



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Figura 43. Temperatura a nivel de fondo durante el refluo / Época Húmeda



Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

En las Figuras 42 y 43 se observa que el patrón de variación espacial de la temperatura, tanto en superficie como a nivel fondo, se asemeja en grandes rasgos al reportado para la época seca, registrando un incremento significativo en el rango de variación de la temperatura del agua para los dos niveles de medición, con 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: Febrero 2012	7-87

gradiente de temperatura por nivel de 8°C. Las mayores temperaturas se observan en la parte interior del estero Salado.

A continuación se presentan los promedios de temperatura con su respectiva desviación estándar para cada nivel de medición por estación, durante la época húmeda.

Tabla 22. Temperatura promedio/Epoca Húmeda

Estación	Estado de marea	Nivel	Temperatura promedio (°C)	Desviación Estándar
EH 1	Reflujo	Fondo	20,67	0,92
	Flujo	Superficie	21,02	0,57
EH 2	Reflujo	Fondo	21,05	0,08
	Flujo	Superficie	20,75	0,53
EH 3	Reflujo	Fondo	20,51	1,16
	Flujo	Superficie	21,26	0,51
EH 4	Reflujo	Fondo	21,34	0,97
	Flujo	Superficie	20,27	1,65
EH 5	Flujo	Fondo	20,91	0,10
	Reflujo	Superficie	21,06	0,62
EH 6	Flujo	Fondo	21,26	0,06
	Reflujo	Superficie	21,19	0,30
EH 7	Reflujo	Fondo	22,20	2,71
	Flujo	Superficie	22,14	2,47
EH 8	Reflujo	Fondo	21,60	0,10
	Flujo	Superficie	21,06	0,88
EH 9	Reflujo	Fondo	28,50	0,12
	Flujo	Superficie	28,08	1,56
EH 10	Reflujo	Fondo	27,89	0,04
	Flujo	Superficie	28,45	0,31
EH 11	Flujo	Fondo	28,15	0,10
	Reflujo	Fondo	28,35	0,07
	Reflujo	Superficie	28,24	0,09
	Flujo	Superficie	28,08	0,06

Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

7.3.4 Mareas

7.3.4.1 Características de la Marea en la Zona Costera Ecuatoriana

En la Tabla de Mareas y Datos Astronómicos del Sol y la Luna 2011, se indica: “El comportamiento de la marea a lo largo de las costas del Ecuador son de tipo semi-diurna, caracterizado por la presencia de dos pleamares y dos bajamares por día; lo cual indica que en aproximadamente unas 24,5 horas se presentan dos pleamares y dos bajamares con pequeñas desigualdades diurnas. Un ciclo completo de marea dura aproximadamente unas 12 horas, y el periodo entre una pleamar y bajar consecutiva es de 6 horas, sin embargo esta variación periódica se ve influenciada por todos los movimientos asociados al sistema Tierra-Sol-Luna en virtud que las fuerzas astronómicas generadoras de marea son producidas principalmente por el sol y la luna, siendo esta última las más importante, puesto que aporta en 2,5 veces más que el sol”. Indica también: “Cuando se experimenta luna nueva o luna llena (Sicigia), las fuerzas gravitacionales de la luna y del sol se suman dando como resultado las mayores pleamares y bajamares; mientras que cuando la luna se ubica entre el primer y tercer cuarto (Cuadratura), las fuerzas de atracción forman un ángulo recto, reduciendo al mínimo los valores de la fuerza generadora de marea, produciendo que las pleamares sean más bajas que el promedio y las bajamares sea más altas que el promedio (Mareas de Cuadratura), al periodo correspondiente de las mareas de sicigia en nuestro país se lo conoce como época de aguaje”.



7.3.4.2 Onda de Marea

En las costas ecuatorianas se presentan mareas de tipo semidiurna. Esta se caracteriza por presentar dos pleamares y dos bajamares en algo más de 24 horas con pequeñas desigualdades diurnas. La amplitud de la marea varía en el golfo de 1.5 m durante la fase de cuadratura a 2.3 m en la fase de sicigia. Para entender la Terminología empleada, a continuación se presentan definiciones aplicables al Estudio de Mareas:

MHWS: Promedio de las más altas mareas de Sicigia (Mean High Water Spring)

MHW: Promedio de las altas mareas de Sicigia (Mean High Water)

MSL: Nivel Medio del Mar (MSL)

MLW: Promedio de las altas bajas mareas de Sicigia (MLW)

MLWS: Promedio de las más bajas mareas de Sicigia (MLWS)

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: Febrero 2012	7-89

La Fase lunar de Sicigia (spring tide), se produce cuando la posición de los tres astros, sol, luna, tierra se encuentran sobre una misma línea se suman las fuerzas de atracción de la luna y el sol, por lo que se producen las pleamares de mayor valor y en consecuencia las bajamares son más bajas que las promedio. Cuando la luna se encuentra entre la tierra y el sol se la denomina de conjunción (luna nueva) y cuando la tierra se encuentra entre la luna y el sol se las llama de oposición (luna llena); en el Ecuador esta condición se conoce como “aguajes”.

La Fase lunar de Cuadratura (neap tide), también llamadas mareas muertas, ocurren cuando la luna y el sol forman un ángulo de 90° con centro en la tierra, la luna se encuentra en cuarto creciente o menguante. En este caso las fuerzas de atracción se restan por lo que la mayor atracción de la luna se ve disminuida por efecto de la del sol y se producen mareas de menor magnitud a las mareas promedio. En consecuencia las corrientes serán también menores por ser menor el volumen de agua a trasladarse en el mismo tiempo.

Debido a la complicada geometría del sistema estuarino y la fricción hidráulica, la onda sufre una deformación paulatina hacia el interior del estuario. Al momento de ingresar la onda por el Estero Salado, la amplitud se incrementa gradualmente a medida que avanza hacia el interior, una vez en el Puerto Marítimo de Guayaquil, estos valores llegan a 2.1 y 3.6 m, respectivamente, tardándose aproximadamente tres horas en llegar al puerto. En el estuario del Río Guayas, la onda de marea se tarda cerca de cuatro horas hasta la ciudad.

Se interna aguas arriba hasta una distancia de 50 y 100 km. desde el Canal de Cascajal, dependiendo del caudal del río. El Instituto Oceanográfico registra información en las estaciones de Posorja y Puerto Marítimo desde los años 1984 y 1979 respectivamente. Estas estaciones son llamadas “puerto patrón”. El tener esta información histórica contribuye a mantener un conocimiento más exacto del comportamiento de las mareas, a continuación se presenta la Propagación de la Marea y Niveles en el área de Estudio.

Tabla 23. Propagación de la marea y niveles (+/- nivel medio del mar) en el área de estudio

Estación	hora (h-m)	MHWS (m+)	MHWN (m+)	MLWN (m-)	MLWS (m-)
Posorja	01.40	1.2	0.8	0.7	1.1
Puerto Marítimo	03.10	1.7	1.0	1.1	1.9

La Tabla 23 se muestra los datos de niveles para el conjunto de 3 mareógrafos ubicados a lo largo del canal de navegación, en donde se puede apreciar que las fases de retardo entre la ocurrencia de la pleamar en Puerto Marítimo y en las otras estaciones, presentan un considerable rango, esto es causado principalmente por una irregularidad en la propagación de las mareas.

Los límites más bajos del rango, pueden ser aplicados a mareas de cuadratura y medias, mientras que los límites más altos son válidos para mareas de Sicigia; debe tomarse en cuenta que bajo esta última condición, la marea es considerablemente desacelerada por el efecto del enorme almacenamiento que ocurre en el Estero Salado; a través de los Esteros Corvina, Chupadores Grande y Libertad.

Tabla 24. Algunos datos de las estaciones mareográficas en el Estero Salado

ESTACIÓN	MHW relativo al MLWS (m)	MLW relativo al MLWS (m)	Fase de Retardo HW relativo a	
			Pto. Marítimo (h)	Data de Posorja
Data de Posorja	1,94	0,22	- (1,8 - 2,65)	0
Posorja	2,25	0,25	-(1,05 - 1,95)	0,7 - 0,75
Puerto Marítimo	3,78	0,35	0	1,8 - 2,65

Fuente: INOCAR 1986

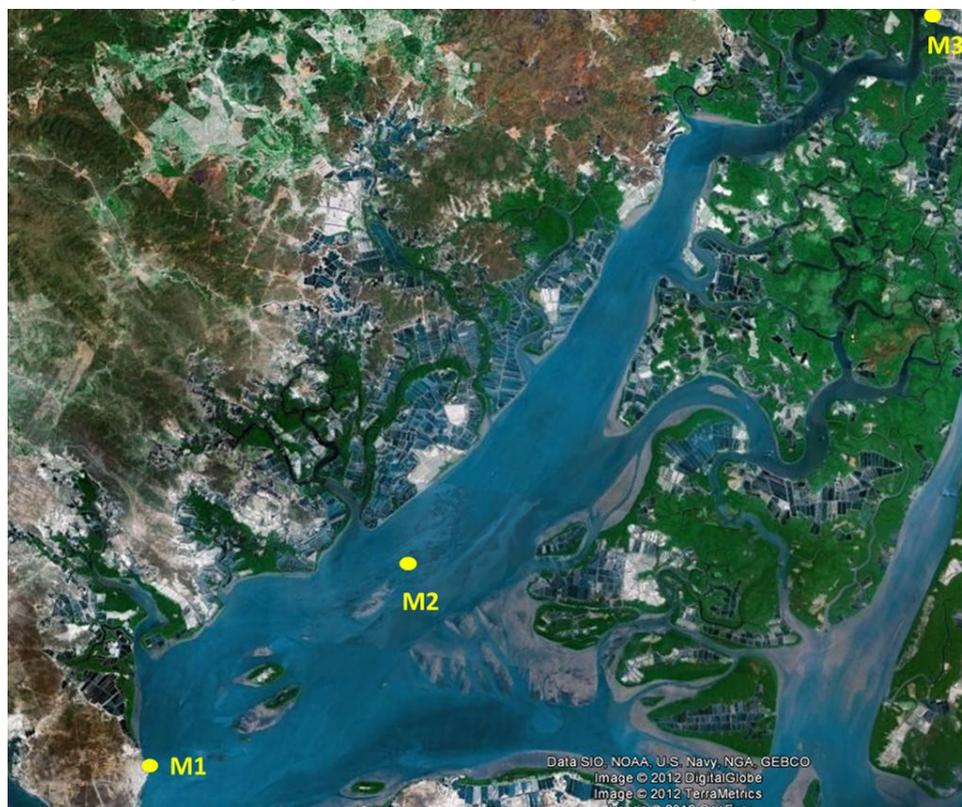
7.3.4.3 Medición de Marea

Se ubicaron 3 Mareógrafos en el área del Proyecto:

Tabla 25. Estaciones Mareógrafos

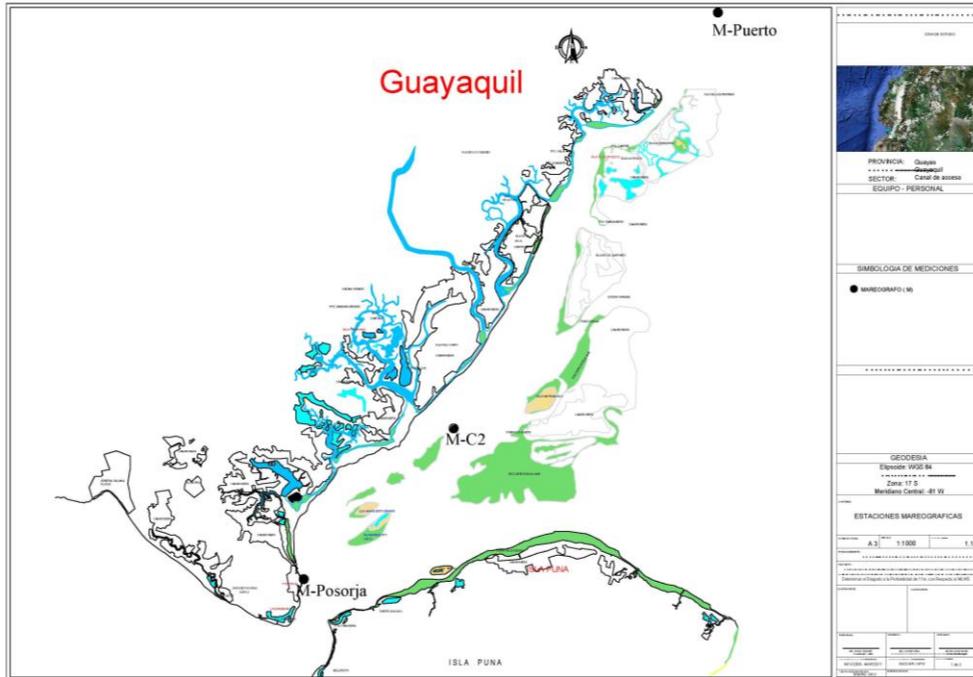
Estación	Tipo de Mareógrafo	Ubicación	Coordenadas x; y (m) (WGS 84)
Posorja	TGR 1050 (RBR)	Muelle Discolda	584121.062 9701194.098
Enfilada C2	TGR 2050 (RBR)	Enfilada C2	597479.2 9714093.6
Guayaquil	Valenport	Puerto Guayaquil de	621540.9 9748297.6

Figura 44. Ubicación de Estaciones Mareográficas



FUENTE: Google Earth

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: Febrero 2012	7-91



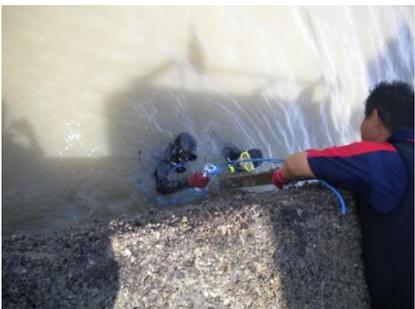
Elaborado: Asociación Geoestudios Consulsua, 2012

Los 3 mareógrafos operaron simultáneamente por el lapso de 1 mes, desde el 26 de Diciembre 2011, hasta el 26 de Enero 2012.

Posorja:

Preparación del Mareógrafo	Ubicación del Mareógrafo en jaula
Preparación para la ubicación	Medición de ubicación

Enfilada C2:

	
<p>Vista de la enfilada C-2</p>	<p>Mareógrafo TGR-2050</p>
	
<p>Llegada a la enfilada C-2</p>	<p>Mareógrafo listo para la colocación</p>
	
<p>Colocación de mareógrafo con buzos</p>	<p>Colocación de mareógrafo</p>
	
<p>Suministro del mareógrafo a los buzos</p>	<p>Trabajo de colocación terminado</p>

Puerto de Guayaquil:

	
<p>Caja de metal colocada</p>	<p>Vista del muelle 6 del Puerto</p>
	
<p>Montaje de la probeta</p>	<p>Programación del mareógrafo</p>
	
<p>Conexión con la computadora</p>	<p>Esperando co,iniación</p>
	
<p>Montaje del mareógrafo</p>	<p>Colocación del mareografo dentro de la caja metálica</p>

<p align="center">Vista de la colocación</p>	<p align="center">Se dejó cerrada la caja con dos candados</p>
<p align="center">Vista del tubo de acero inoxidable</p>	<p align="center">Vista de la tubería</p>

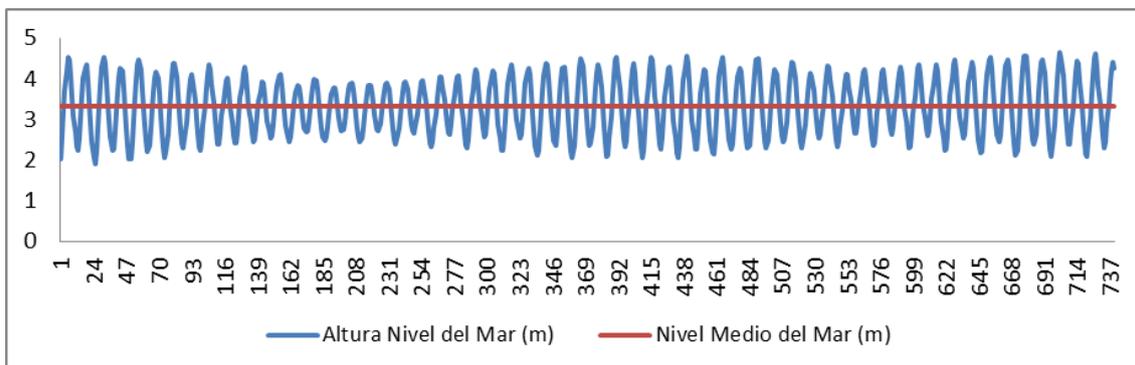
7.3.4.4 Resultados

Se analizó una serie de datos cada hora, es decir, un total de 736 datos por mareógrafo.

7.3.4.4.1 Posorja

En la Figura siguiente, se presentan los datos de elevación del tirante de agua (dato del sensor), sin reducciones.

Figura 45. Elevación del tirante de agua Posorja

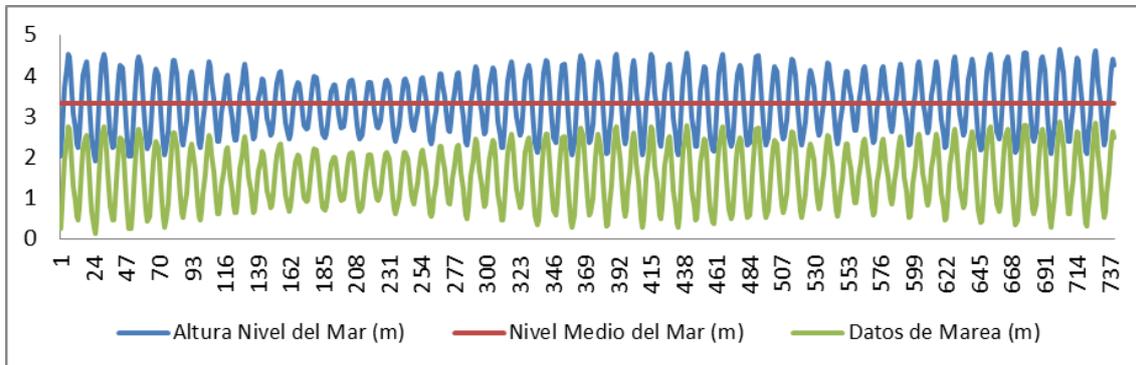


El promedio del tirante de agua es de 3,6 metros; de este valor, para tener los datos de marea se deben reducir al datum de referencia, la cota del muelle es de 3,776 metros, el Z_0 es 1,479 metros (distancia entre el MLS y el MLWS); la suma de estos dos valores es de 5,255 metros. La distancia vertical del muelle (cota del muelle) al tope del mareógrafo es de 5,58, por lo que existe un desnivel de 0,325 a esta distancia

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: Febrero 2012	7-95

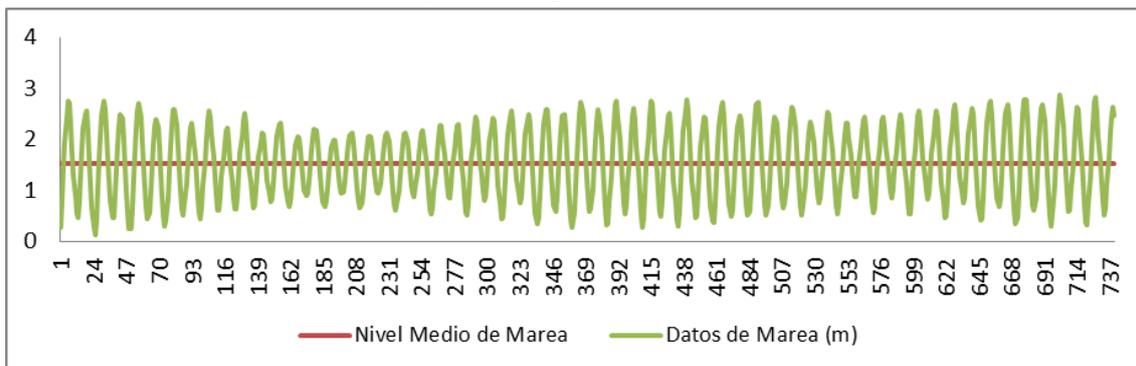
se le suma la longitud del mareógrafo y se obtiene el espectro de marea reducido, tal como se puede apreciar en la figura siguiente:

Figura 46. Reducción del tirante de agua a espectro de mareas



Separando el espectro se tiene la siguiente figura de Mareas:

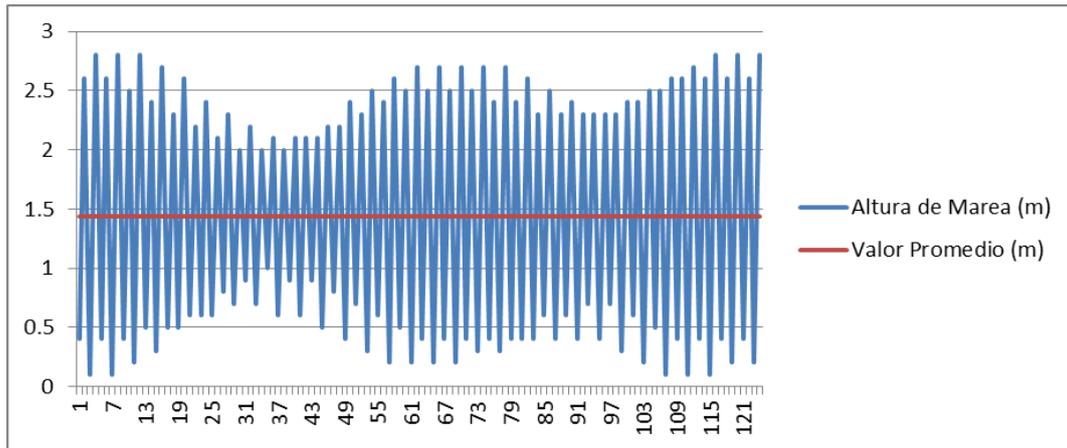
Figura 47. Espectro de mareas



Filtrando solamente los datos de mareas, se tiene la siguiente Figura, con un valor promedio de 1,530 metros. De acuerdo a la Tabla de Mareas INOCAR 2012, se tiene el siguiente gráfico del Espectro de Marea en el área del Proyecto, para el mes de Enero de 2010, el valor máximo es de 2,86 metros y el mínimo es 0,12 metros.

Para verificación en el tiempo de la medición, se corre el espectro predicho de la Tabla de Mareas del Instituto Oceanográfico de la Armada (2011 – 2012). El espectro predicho de la Tabla de Mareas tiene un promedio de 1,44 metros, existiendo una diferencia con lo medido de 9 centímetros, lo cual se considera tolerable.

Figura 48. Espectro de mareas en el área del proyecto



La Carta IOA 1070 (2009); indica los siguientes Niveles de Marea Promedios referidos al datum de sonda, tanto para Sicigia (MWHS y MLWS), como para Cuadratura (MHWN y MLWS).

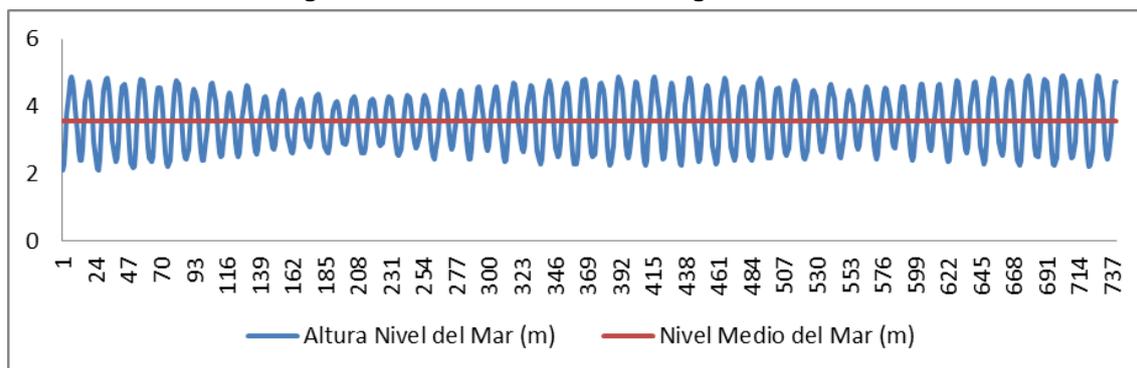
Tabla 26. Altura de mareas

Altura de la Marea sobre el Datum			
Pleamar Promedio		Bajamar Promedio	
MWHS	MHWN	MLWN	MLWS
2,57 m	2,34 m	0,23 m	0,00 m

7.3.4.4.2 Enfilada C2

En la Figura siguiente, se presentan los datos de elevación del tirante de agua (dato del sensor), sin reducciones.

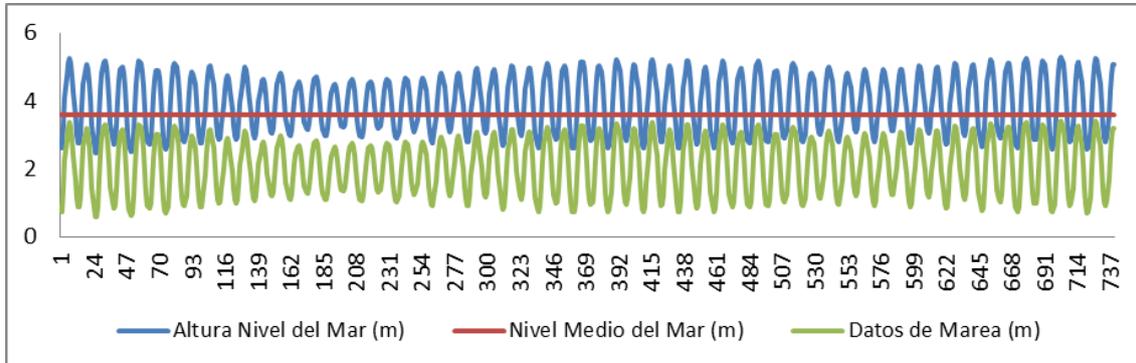
Figura 49. Elevación del tirante de agua Enfilada C2



El promedio del tirante de agua es de 3,95 metros; de este valor, para tener los datos de marea se deben reducir al datum de referencia, la cota de la losa de la enfilada es de 2 metros, el Zo es 1,87 metros (distancia entre el MLS y el MLWS); la suma de estos dos valores es de 3,87 metros. La distancia vertical del muelle (cota del muelle) al tope del mareógrafo es de 3,908 por lo que existe un desnivel de 0,038 a esta

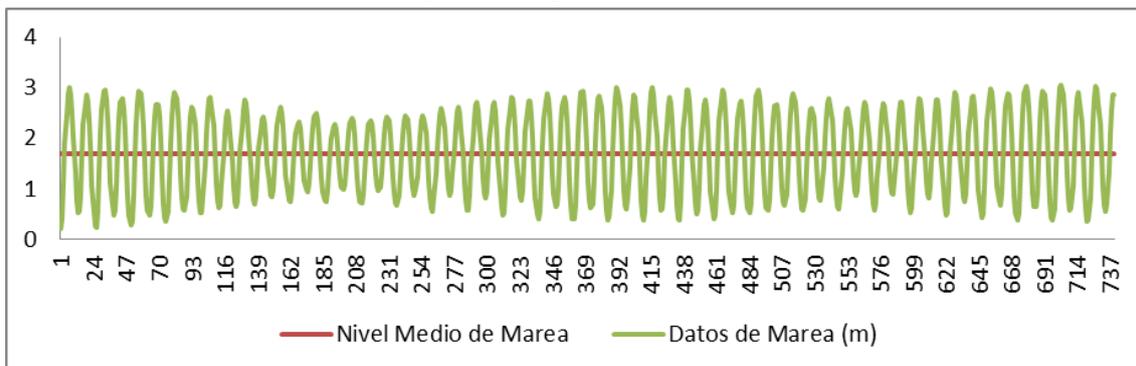
distancia se le suma la longitud del mareógrafo y se obtiene el espectro de marea reducido, tal como se puede apreciar en la figura siguiente:

Figura 50. Elevación del tirante de agua Enfilada C2



Separando el espectro se tiene la siguiente figura de Mareas:

Figura 51. Espectro de mareas

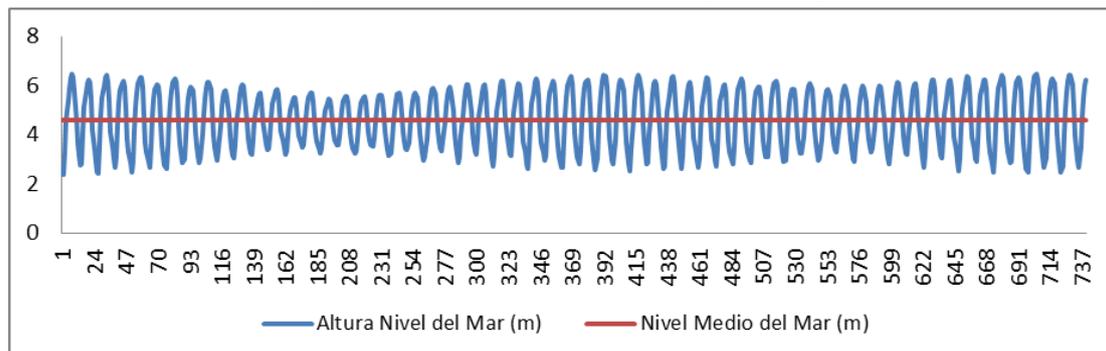


Filtrando solamente los datos de mareas, se tiene la siguiente Figura, con un valor promedio de 2.0518 metros.

7.3.4.4.3 Guayaquil

En la Figura siguiente, se presentan los datos de elevación del tirante de agua (dato del sensor), sin reducciones.

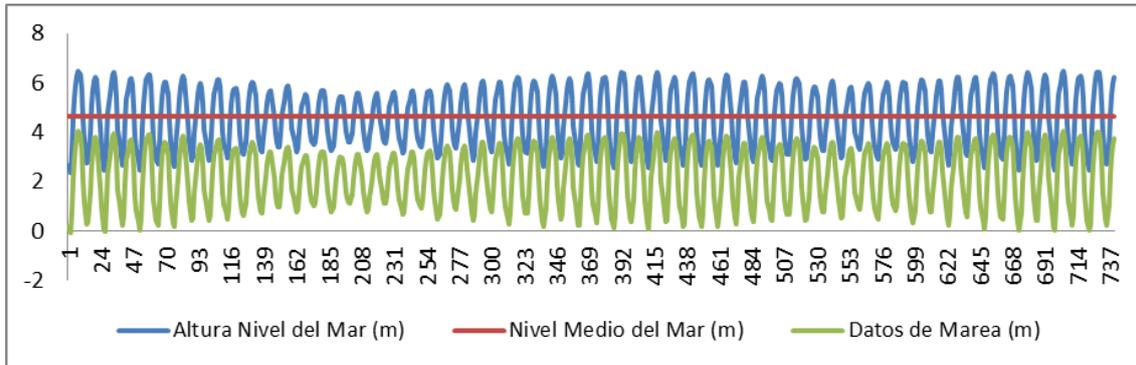
Figura 52. Elevación del tirante de Agua Posorja



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: Febrero 2012	7-98

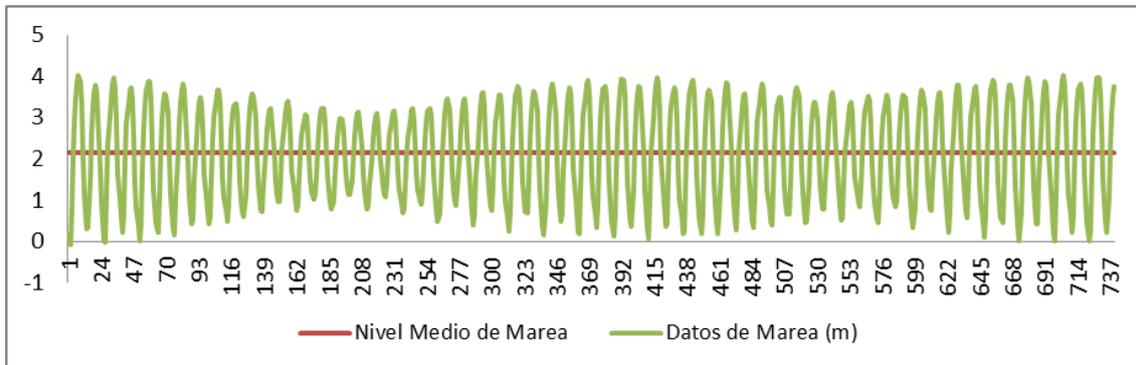
El promedio del tirante de agua es de 2.378 metros; de este valor, para tener los datos de marea se deben reducir al datum de referencia, la cota del muelle es de 6.019 metros, el Zo es 2,46 metros (distancia entre el MLS y el MLWS); la suma de estos dos valores es de 8,479 metros. La distancia vertical del muelle (cota del muelle) al sensor del mareógrafo es de 8,25, por lo que existe un desnivel de 0,22 y se obtiene el espectro de marea reducido, tal como se puede apreciar en la figura siguiente:

Figura 53. Reducción del tirante de agua a Espectro de Mareas



Separando el espectro se tiene la siguiente figura de Mareas:

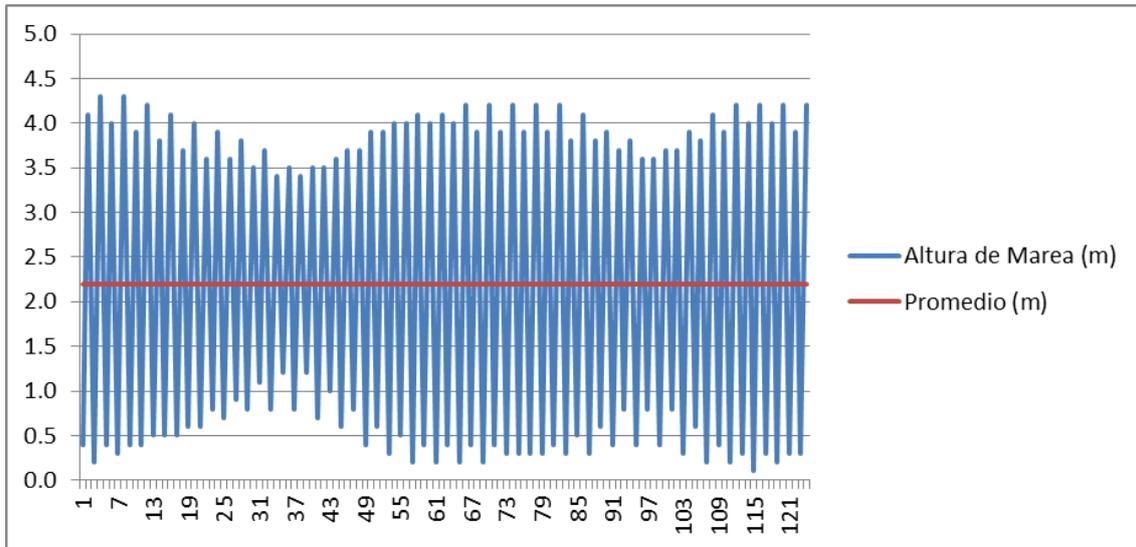
Figura 54. Espectro de Mareas



Filtrando solamente los datos de mareas, se tiene la siguiente Figura, con un valor promedio de 2,149 metros. De acuerdo a la Tabla de Mareas INOCAR 2012, se tiene el siguiente gráfico del Espectro de Marea en el área del Proyecto, para el mes de Enero de 2010, el valor máximo es de 4,6 metros y el mínimo es 0 metros.

Para verificación en el tiempo de la medición, se corre el espectro predicho de la Tabla de Mareas del Instituto Oceanográfico de la Armada (2011 – 2012). El espectro predicho de la Tabla de Mareas tiene un promedio de 2,2 metros, existiendo una diferencia con lo medido de 0.051 centímetros, lo cual se considera tolerable.

Figura 55. Espectro de Marea en el área del proyecto



FUENTE: INOCAR 2012 PROCESADO POR GRUPO CONSULTOR 2012

La Carta IOA 1070 (2009); indica los siguientes Niveles de Marea Promedios referidos al datum de sonda, tanto para Sicigia (MWHS y MLWS), como para Cuadratura (MHWN y MLWS).

Tabla 27. Altura de mareas

Altura de la Marea sobre el Datum			
Pleamar Promedio		Bajamar Promedio	
MWHS	MHWN	MLWN	MLWS
4,16 m	3,63 m	0,53 m	0,00 m

Fuente: IOA 1070 – Tabla de Mareas

7.4 Bibliografía

- 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
- Estudio de Impacto Ambiental para los trabajos de dragado permanente del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de la ciudad de Guayaquil, Volumen I, INOCAR 2008.
- 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
- Aproximación a Puerto Marítimo de Guayaquil (Canal del Morro), Carta Náutica IOA 1070

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: Febrero 2012	7-101



- Aproximación a Puerto Marítimo de Guayaquil (Estero Salada), Carta Náutica IOA 1071
- Puerto de Posorja, Carta Náutica IOA 10701
- Estero Salado – Santa Ana Estero del Muerto, Carta Náutica IOA 10710

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: Febrero 2012	7-102