



IDEAM

Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

INFORME RIO AMAZONAS

INFORME TECNICO

Germán Sopó
Andrés Herreño
José Pardo
Oscar Martínez

Bogotá D.C., Junio de 2012

INFORME RIO AMAZONAS LETICIA

INTRODUCCION

El IDEAM con el apoyo de la Capitanía del Puerto al mando del Teniente Victor Hugo Santos, Alcaldía de Leticia y Gobernación del Amazonas, adelantó un trabajo de campo en inmediaciones del área urbana del municipio de Leticia, con el fin de determinar las cotas de inundación del río Amazonas y las zonas susceptibles a ser afectadas por este fenómeno. Adicional a este trabajo se hizo una evaluación del estado de la red hidrológica en este sector del país.

Para la determinación de cotas de inundación se hizo un levantamiento batimétrico de algunas secciones transversales del río Amazonas entre las poblaciones de Leticia y Atacuarí; así mismo se levantaron secciones transversales detalladas tanto en batimetría de la quebrada Yahuaraca, como topografía en cada cuadra para la zona urbana afectada por los altos niveles del río Amazonas. En relación con las secciones transversales se midieron en algunos sitios caudales del orden de los 60.000 m³/s con profundidades de hasta 55 m. Las zonas urbanas en Leticia que se encuentran afectadas son las ubicadas en los barrios Victoria Regia y el sector El Águila, que se encuentran emplazadas en el lecho mayor del río Amazonas.

En cuanto a la red hidrológica del IDEAM en la zona de estudio, se georeferenciaron las cotas ceros de las miras de Leticia y Nazareth, amarrándolas a la red de Magna-Sirgas del IGAC con cotas reales sobre el nivel del mar .

OBJETIVOS

- Identificar las zonas de inundación en el área urbana de Leticia y causadas por el río Amazonas (caño Yahuaraca).
- Determinar las cotas de afectación para el área urbana de Leticia
- Verificar el estado de la red de estaciones hidrológicas del río Amazonas.
- Georeferenciar las estaciones hidrológicas y calcular cotas ceros sobre nivel del mar de los instrumentos de lectura del nivel del río (miras).

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el área urbana de Leticia ribereña al río Amazonas (caño Yahuaraca), y un recorrido fluvial que se realizó entre Leticia y Atacuarí, en el trapecio Amazónico Colombiano (figs. 1 y 2)



Figura 1. Trapecio Amazónico colombiano
Fuente: www.googleearth.com 9 de agosto de 2011

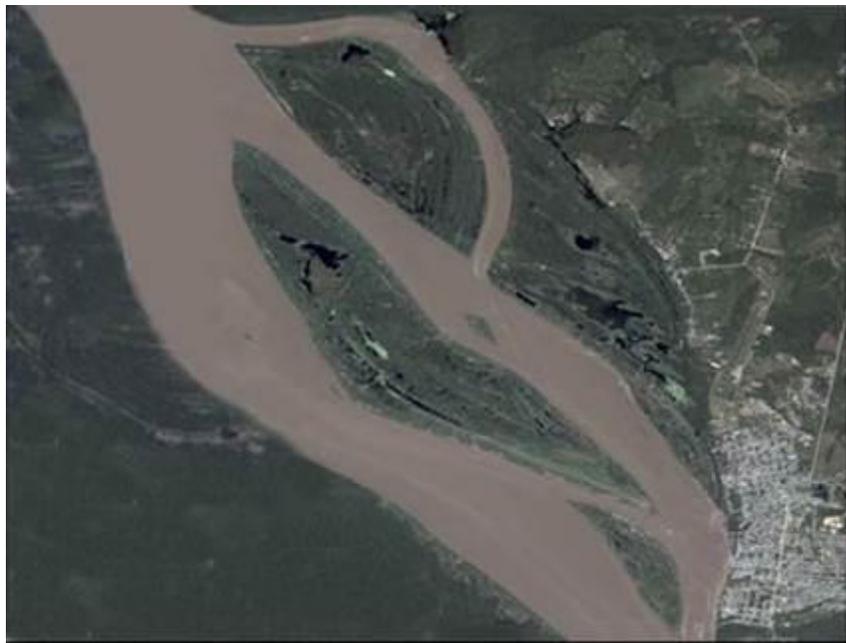


Figura 2. Imagen de Leticia.
Fuente: www.googleearth.com 9 de agosto de 2011

CARACTERISTICAS GENERALES DEL RÍO AMAZONAS EN LETICIA.

De cerca de los 7.000 km de longitud que tiene el río Amazonas, desde su nacimiento en los Andes peruanos hasta su desembocadura en el Océano Atlántico en las costas de Brasil; Colombia tan solo tiene jurisdicción sobre 110 km, los cuales sirven de límite fronterizo con el Perú al sur del Trapecio Amazónico.

El río Amazonas en Colombia, recorre una zona de planicie selvática por donde divaga, comportándose como un río meándrico, esto significa que presenta gran cantidad de curvas suaves a izquierda y derecha, que lo asemejan al movimiento de una gran serpiente arropada sobre la selva amazónica.

El IDEAM cuenta con datos de niveles y caudales en cinco sitios diferentes del río Amazonas en su paso por Colombia, sin embargo, dado a su comportamiento trezado en un complejo de brazos, islas y selva, tan sólo en tres sectores se puede apreciar el río en toda su magnitud, con un ancho que varía entre 2 y 3 km, siendo imposible vislumbrar en el horizonte la otra orilla del río, durante gran parte de la trayectoria.

El río Amazonas presenta un comportamiento monomodal, con niveles máximos en los meses de abril y mayo, en tanto que entre agosto y septiembre se tienen las aguas más bajas, entre los máximos y los mínimos niveles en un mismo año, la variación puede estar del orden de los 10 m de nivel de mira (fig. 3)

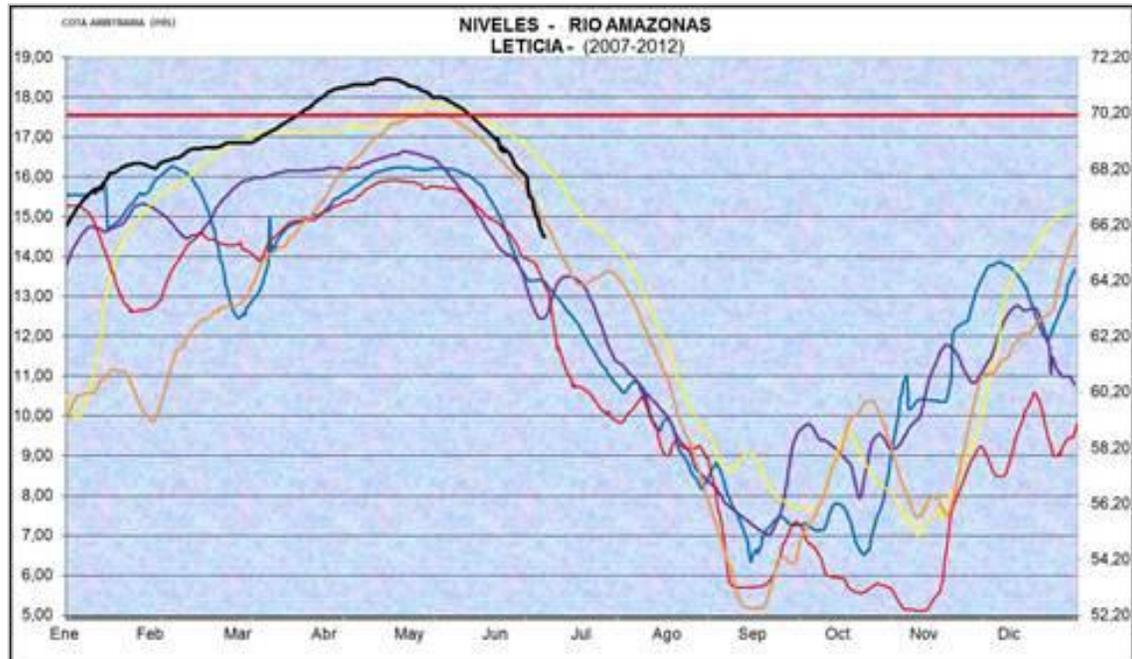


Figura 3. Niveles en Leticia 2007-2012

En la visita de campo realizada del 8 al 25 de mayo de 2012, se midió un caudal cercano a los 60.000 m³/s (el río Magdalena en Barranquilla en el evento de La Niña en diciembre de 2010 se midieron 17.000 m³/s). Las profundidades promedio medidas estuvieron entre 30 y 40 m, sin embargo en el punto específico finca La Libertad donde el río se “estrucha” con un ancho de 1.5 km, se alcanzaron profundidades de 55 m (imagínese un edificio de 18 pisos de alto).

Los niveles registrados recientemente en Leticia (abril-mayo 2012), son los más altos de los últimos 20 años, y ocasionaron afectaciones a las viviendas que aunque son de tipo palafítico con una altura promedio sobre el nivel del terreno de 2 m, los niveles superaron las bases de las casas en cerca de 40 cm, sin embargo, de acuerdo con el testimonio de algunos nativos de la región, estos aseguraban que hace 40 años los niveles del río superaban los valores actualmente registrados. Así mismo es importante señalar las grandes fluctuaciones que durante un mismo año registra el río Amazonas y que están entre los 10 y 12 m inclusive, variación que se presenta en sólo 5 meses desde mayo hasta septiembre

En la Figura 4 (a y b), se observan los niveles máximos, medios y mínimos anuales desde el año 1987 hasta 2012 con nivel de referencia de mira (a) y sobre el nivel del mar (b), se observa que es en este último año donde se registraron los máximos valores de los últimos 25 años desde donde se tienen datos registrados (Tabla 1).



Figura 4a. Niveles máximos anuales de Leticia, datos calculados sobre el nivel de mira

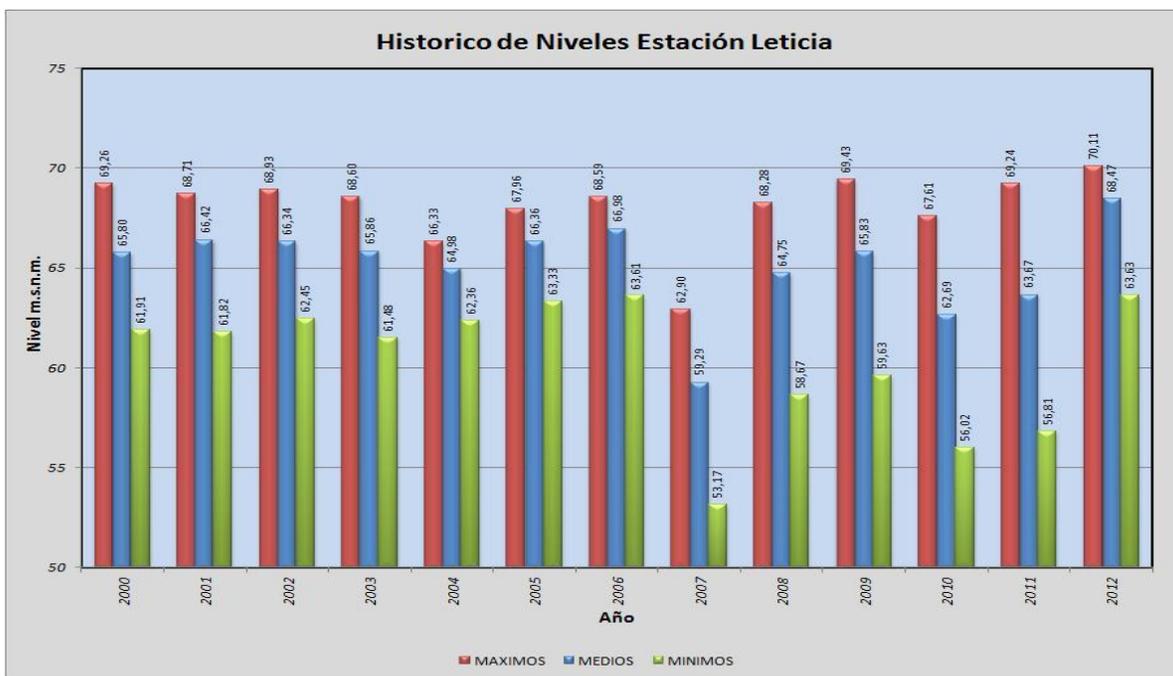
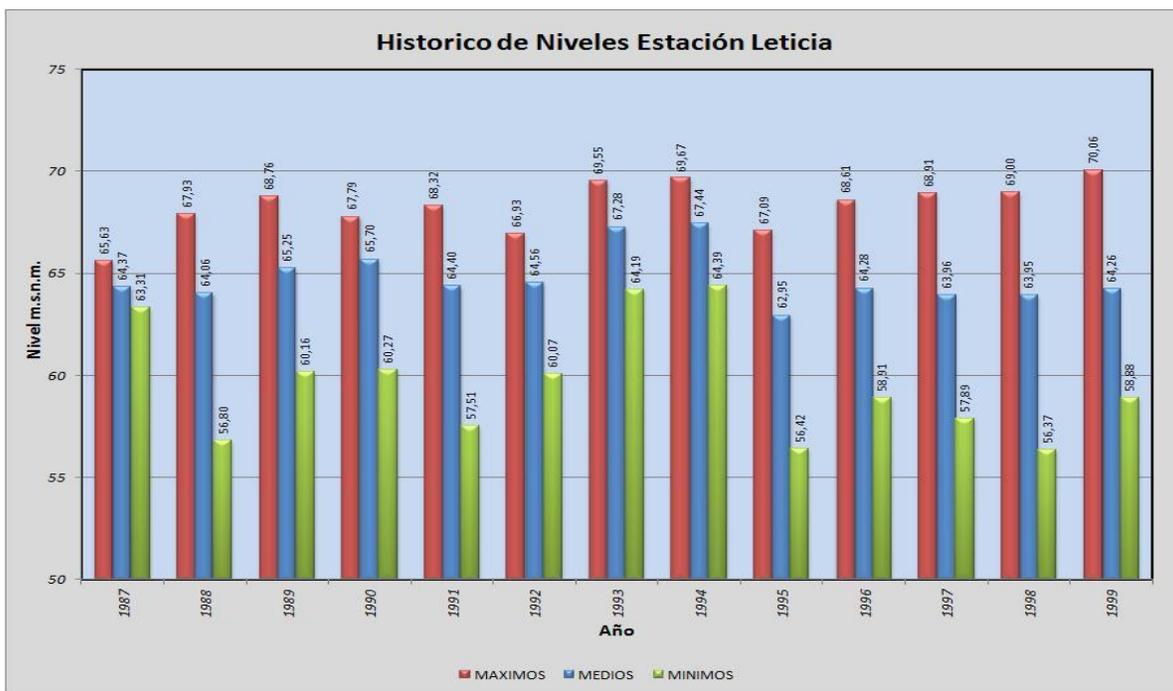


Figura 4b. Niveles máximos, medios y mínimos anuales de Leticia, datos calculados sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

Tabla 1. Niveles máximos, medios y mínimos anuales de Leticia, datos calculados sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

AÑO	MAX (m.s.n.m.)	MED (m.s.n.m.)	MIN (m.s.n.m.)
1987	65,63	64,37	63,31
1988	67,93	64,06	56,80
1989	68,76	65,25	60,16
1990	67,79	65,70	60,27
1991	68,32	64,40	57,51
1992	66,93	64,56	60,07
1993	69,55	67,28	64,19
1994	69,67	67,44	64,39
1995	67,09	62,95	56,42
1996	68,61	64,28	58,91
1997	68,91	63,96	57,89
1998	69,00	63,95	56,37
1999	70,06	64,26	58,88
2000	69,26	65,80	61,91
2001	68,71	66,42	61,82
2002	68,93	66,34	62,45
2003	68,60	65,86	61,48
2004	66,33	64,98	62,36
2005	67,96	66,36	63,33
2006	68,59	66,98	63,61
2007	62,90	59,29	53,17
2008	68,28	64,75	58,67
2009	69,43	65,83	59,63
2010	67,61	62,69	56,02
2011	69,24	63,67	56,81
2012	70,11	68,47	63,63

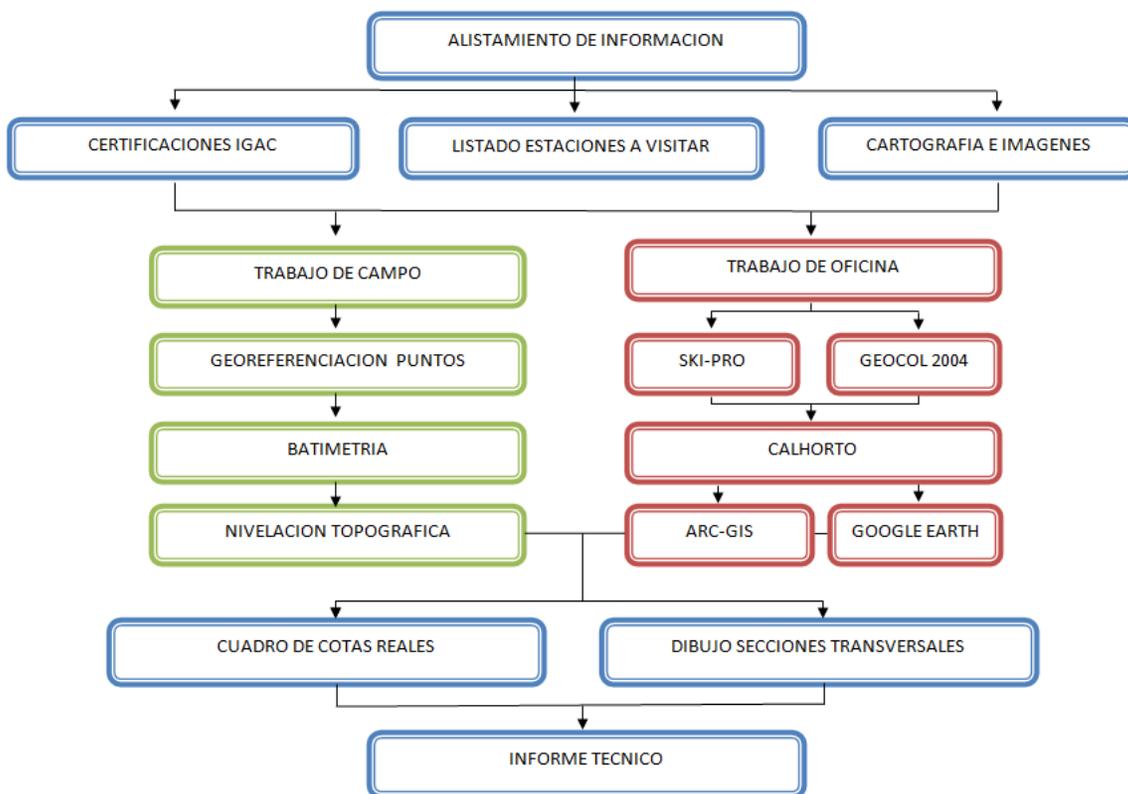
METODOLOGIA

MARCO METODOLOGICO

La metodología de trabajo empleada consistió en dos grandes etapas: Trabajo de Campo y Oficina, sin embargo antes de iniciar el trabajo de campo, se realizó el plan de trabajo para la recolección de información tanto de datos hidrológicos, como la identificación de todo el material (cartografía, imágenes satelitales) para el caso del plano urbano de Leticia, este fue suministrado amablemente por la Alcaldía de Leticia, así como los vértices geodésicas de amarre disponibles en la zona de estudio (Ver flujograma).

Las especificaciones de cada punto geodésico de amarre de la red Magna Sirgas, fue solicitada al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), con esta información se amarraron todos los datos levantados en campo a cotas reales sobre el nivel del mar.

FLUJOGRAMA



TRABAJO DE CAMPO

Se levantaron 11 secciones topográficas en el área urbana de Leticia, en donde se encuentran asentados algunos barrios que se ven afectados por los altos niveles del río Amazonas.

De la misma manera, se realizó con el equipo de ADCP -perfilador acústico-, múltiples secciones transversales del río (Batimetrías), tanto de la quebrada Yahuaraca, como de los brazos del río Amazonas, a la altura del muelle, al frente de Leticia, en el sector de Nazareth, en el sector llamado La Libertad localizado entre Nazareth y el parque Amacayacu y en un sector entre la población de Naranjales (K88) y Caballococha (Perù), donde se obtuvo entre otra información, datos de caudales, velocidades, profundidades y naturalmente se dibujó con detalle el lecho del río, para ello se realizaron múltiples recorridos de orilla a orilla (mínimo 4 por cada sección) para de esta manera obtener un perfil promedio.

Todos los datos de campo, (cotas de inundación, huellas dejadas por las crecientes, cotas ceros de las miras) se levantaron con los GPS de alta precisión a la cota real sobre el nivel medio del mar, “amarrándolas” a la red oficial del IGAC Magna-Sirgas. Las estaciones de Leticia y Nazareth quedaron georreferenciadas sobre un mismo plano de referencia, esto con el fin que los datos de niveles quedaran estandarizados a un mismo nivel para así poder compararlas y realizar cualquier tipo de análisis espacial de las áreas de inundación.



Figura 5. GPS de precisión, georreferenciando el BM de la estación.

TRABAJO DE OFICINA

Una vez en la oficina, se realizaron los cálculos de los datos levantados en campo (Post-proceso de la información), actividad que requirió, debido al gran volumen de información levantada en campo, una cantidad importante de horas de trabajo/hombre de oficina para realizar el post-proceso de toda la información, el dibujo de las secciones transversales y la elaboración final de los cuadros resultados.

El trabajo de oficina consistió inicialmente en descargar los datos de las tarjetas de los GPS's y de la estación topográfica; mediante el software SKI-PRO, seguidamente se obtiene la altura elipsoidal y las coordenadas del punto a georreferenciar, tomando como punto de base, los datos de coordenadas y altura elipsoidal de los vértices de la red Magna-Sirgas certificado por el IGAC.

Con el software GEOCOL 2004 del IGAC, se obtienen las ondulaciones geoidales de cada uno de los puntos; una vez calculados estos datos, con el software CALHORTO se calculan las alturas niveladas finales de todos los puntos que se quieran georeferenciar.

Finalmente, teniendo el dato de la altura nivelada, con una hoja de Excel, se calcula la cartera de campo, obteniendo de esta manera las cotas reales amarradas ya a la red Magna-Sirgas. Ya con todos los datos tomados en campo y transformados a cotas reales, se procede a dibujar los perfiles topográficos en cota real.

EQUIPOS UTILIZADOS

GPS DE PRECISIÓN GEODÉSICA LEICA 530



Figura 6. GPS de Precisión Marca Leica 530.

ESTACIÓN TOTAL TOPOGRAFICA LEICA TC-1102



Figura 7. Estación Total topográfica.



Figura 8. Prima y porta prisma geo referenciando un vértice.

PERFILADOR ACUSTICO (ADCP) DE 600 KHZ



Figura 9. Equipo de Aforos y Batimetría ADCP



Figura 10. Vista del perfilador. ADCP

SOFTWARE UTILIZADOS

- **SKI-PRO**, con el cual se obtiene la altura elipsoidal y las coordenadas del punto a georreferenciar.

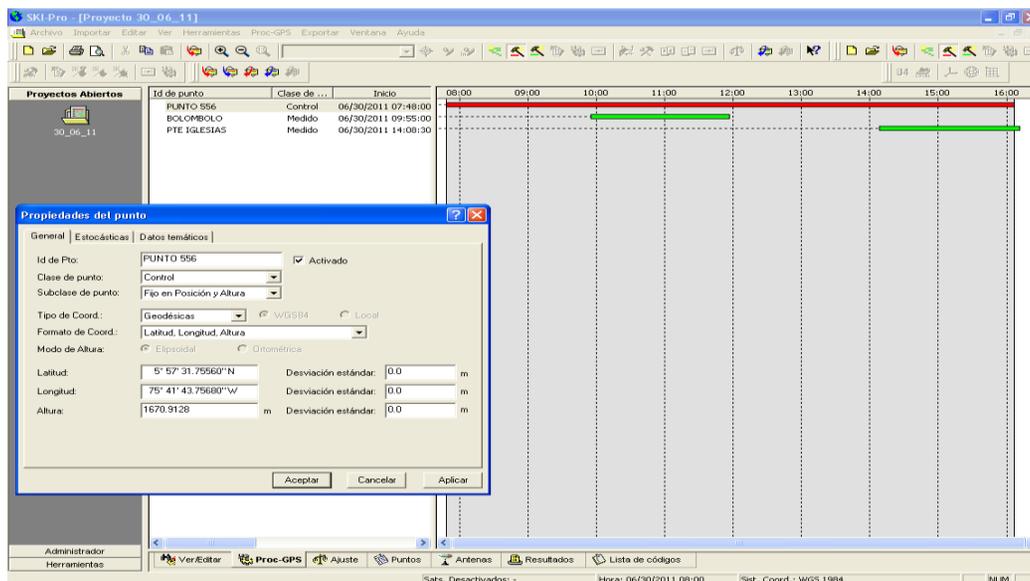


Figura 11. Pantalla del SKI-Pro

- **GEOCOL 2004** del IGAC, se obtienen las ondulaciones geoidales de todos los puntos.



Figura 12. Pantalla del Geocol 2004

- Con el software **CALHORTO** se calculan las alturas niveladas de todos los puntos que se quieren georeferenciar.

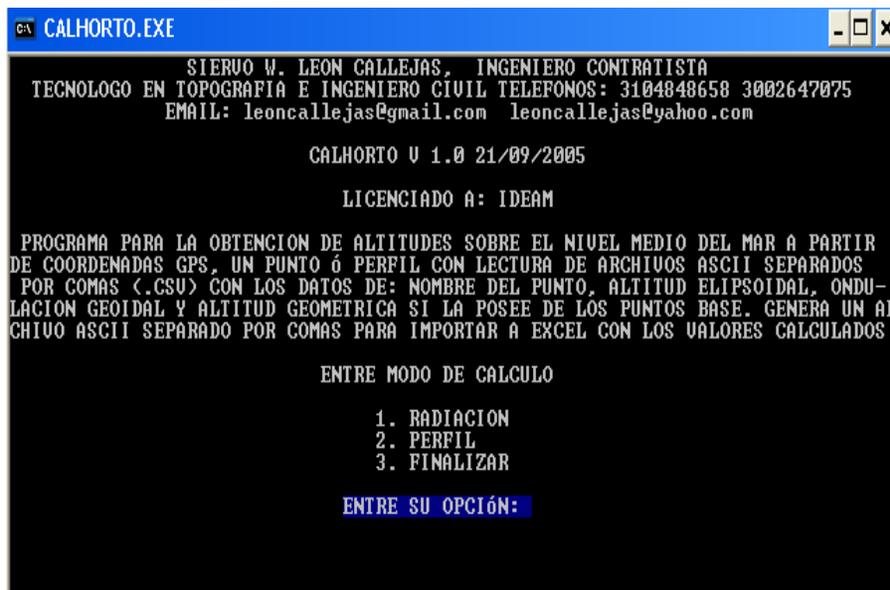


Figura 13. Pantalla del Calhorto.

- **WIN RIVER II**, software que se utiliza con el equipo de ADCP en la selección de los perfiles transversales del río.

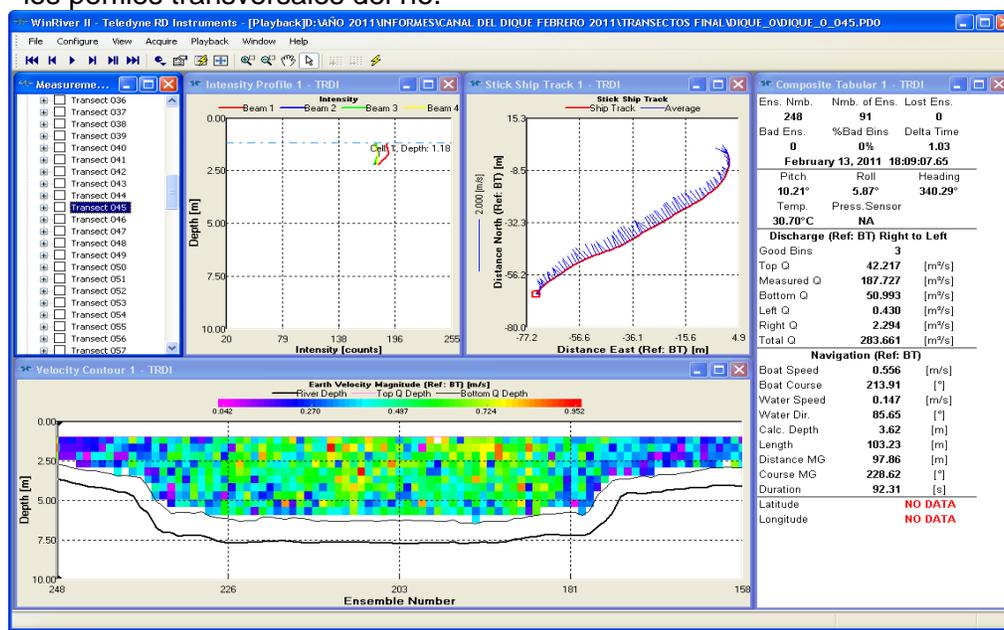


Figura 14. Pantalla del Win River II

LOGISTICA Y EQUIPO DE CAMPO REQUERIDO

Para llevar a cabo el trabajo se recibió por parte de la Capitanía de Puerto de Leticia, perteneciente a la Dimar y al mando del Teniente Victor Hugo Santos el apoyo y soporte logístico necesario en cuanto a la embarcación y al transporte terrestre. Así mismo se recibió apoyo para el combustible de la lancha de parte tanto de la Alcaldía de Leticia, como por parte de la Gobernación del Amazonas, sin este importante apoyo logístico hubiese sido imposible realizar el trabajo de campo.



Figura 15. Lancha de Capitanía del Puerto de Leticia



Figura 16. Funcionarios Ideam y Capitanía del Puerto

RESULTADOS

PERFILES TRANSVERSALES LEVANTADOS EN CAMPO.

Las siguientes son las secciones transversales que se levantaron en campo con el ADCP, todos los valores de niveles se encuentran sobre cota real (m.s.n.m), y los resultados se presentan desde aguas abajo, (Leticia) hacia aguas arriba Atacuari.

En la figura 17 se observa el perfil de la sección levantada en el kilómetro 0 (K0) en el límite entre Brasil y Colombia. Se anota que en este punto el río no va en su totalidad, pues es el brazo que se encuentra entre Leticia y la isla de Santa Rosa (Perú). La figura 18 se realizó 100 m aguas arriba de la anterior.

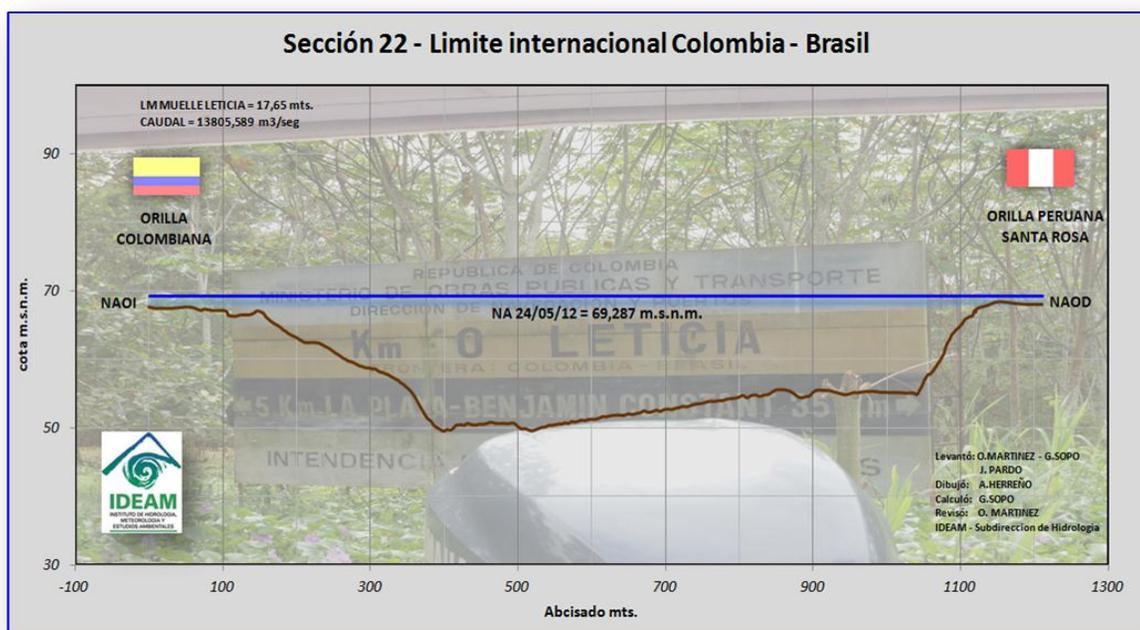
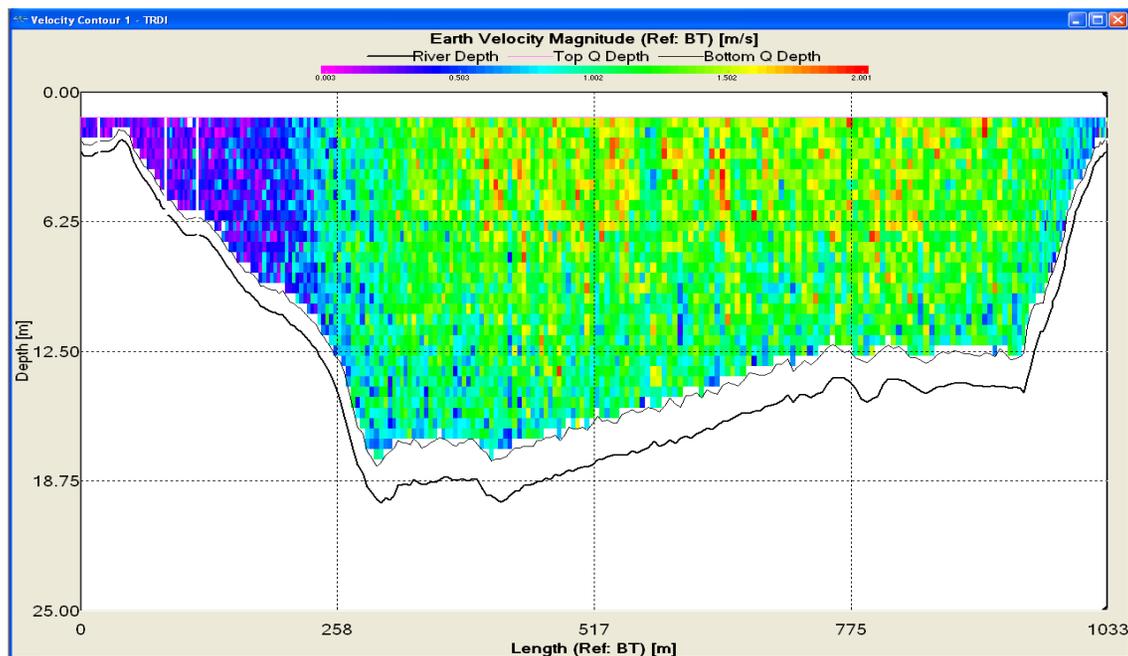


Figura 17. Sección levantada en el límite internacional K0



Sección 22 Win River II

Cuadro resumen sección 22

RESUMEN SECCION 22 LIMITE INTERNACIONAL				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	13910.846	1213.96	14109.70	1.016
002	13814.429	1224.33	14092.29	1.048
003	13839.939	1209.97	14007.65	1.030
004	13657.140	1216.43	14069.54	1.070
Promedios	13805.589	1216.17	14069.79	1.041

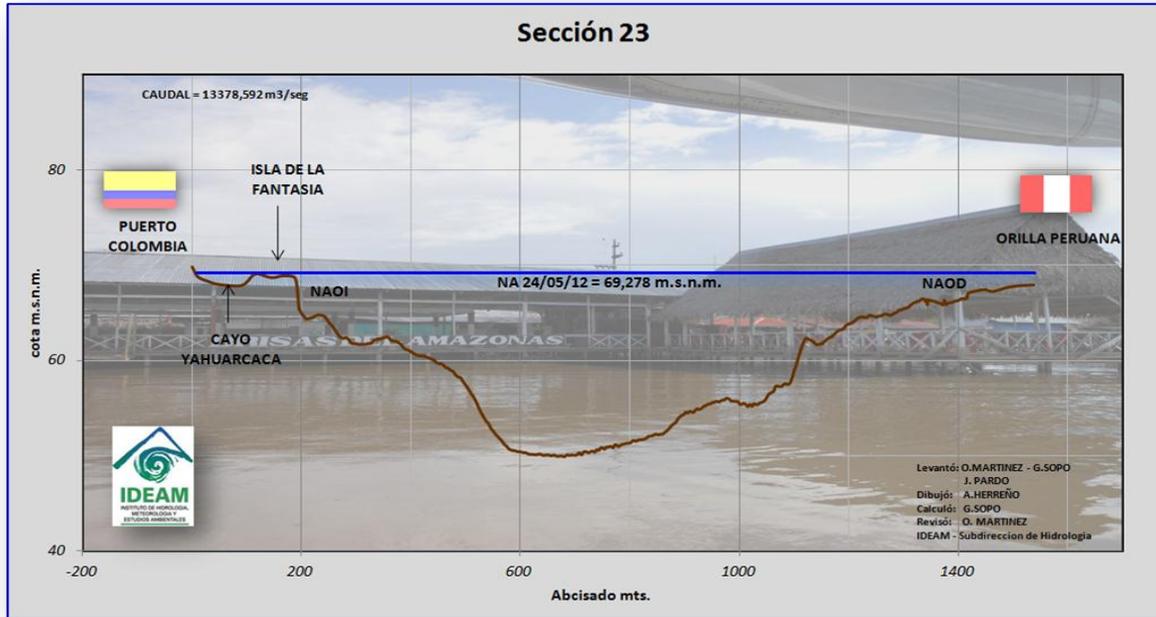
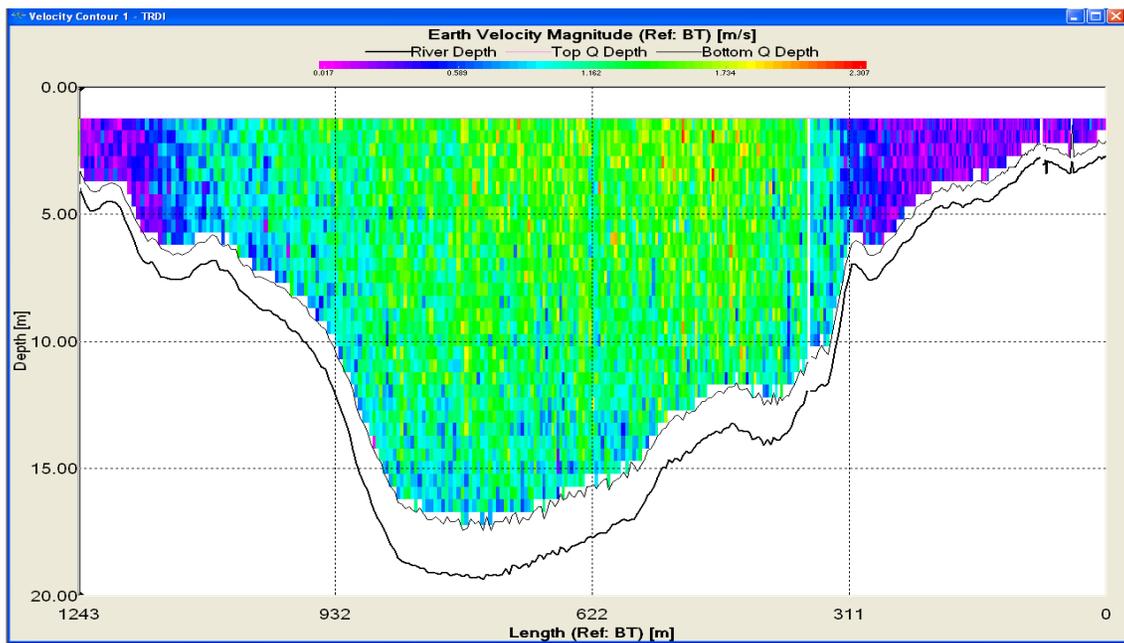


Figura 18. Sección entre Leticia y la isla de Santa Rosa. (Perú)



Sección 23 Win River II

RESUMEN SECCION 23 AGUAS ARRIBA LIMITE				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	13408.669	1358.85	13880.17	1.070
002	13224.949	1370.96	13802.88	1.052
003	13502.157	1371.79	13823.21	1.054
Promedios	13378.592	1367.20	13835.42	1.059

Cuadro resumen sección 23

El muelle de Leticia que se observa en la figura 19, debido a la fuerte variación anual del río Amazonas, en la época de estiaje o niveles bajos, se queda completamente seco.

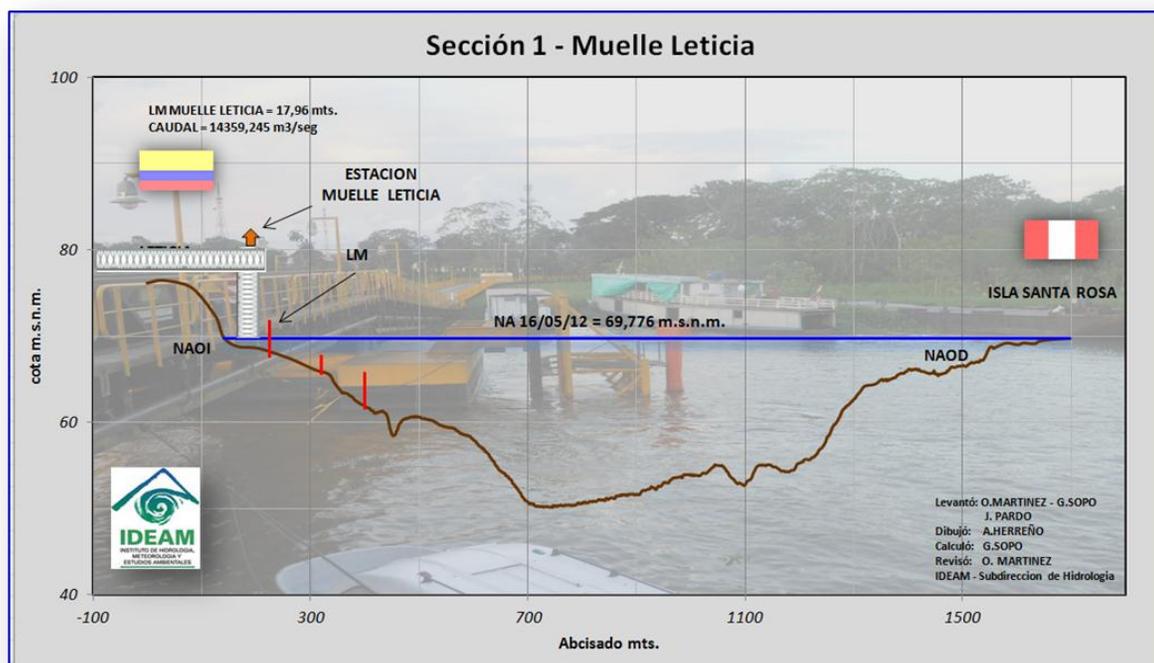
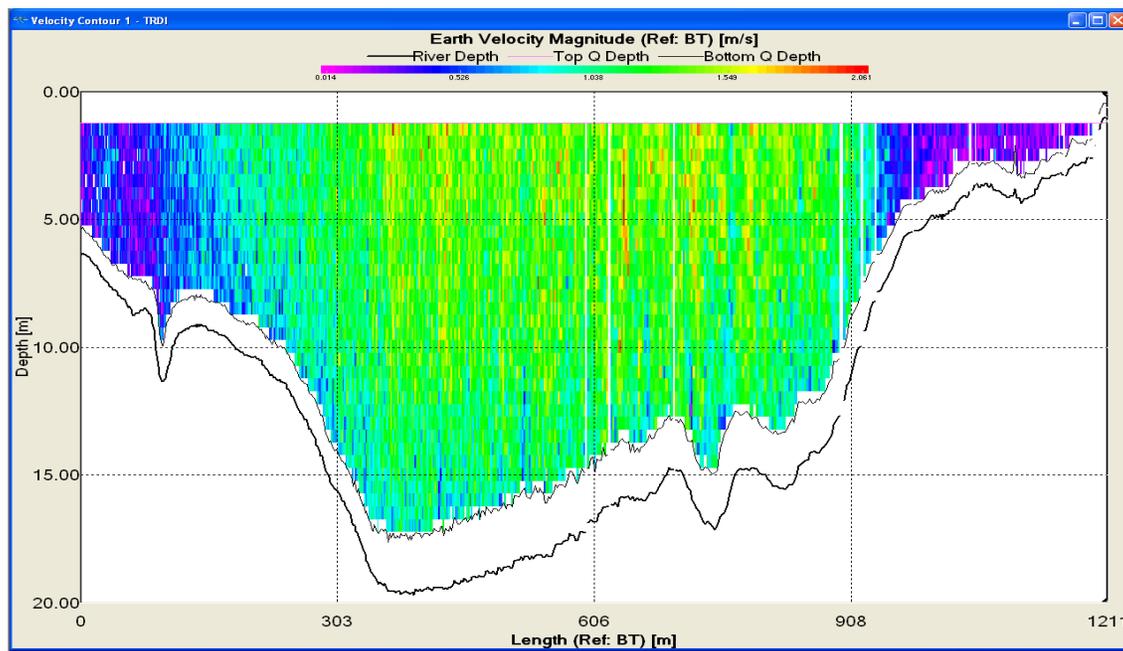


Figura 19. Realizada a la altura del muelle de Leticia.



Sección 1 Win River II

RESUMEN SECCION 1 MUELLE LETICIA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	m	m ²	m/s
001	14432.967	1377.40	14952.02	1.036
002	14311.501	1398.71	15017.39	1.033
003	14477.055	1395.06	15071.57	1.052
004	14215.456	1408.77	15000.74	1.037
Promedios	14359.245	1394.99	15010.43	1.039

Cuadro resumen sección 1

La sección de la figura 20 se levanto a la altura de la calle 4 en el sector El Aguila, donde se encuentran asentadas viviendas informales de menores recursos

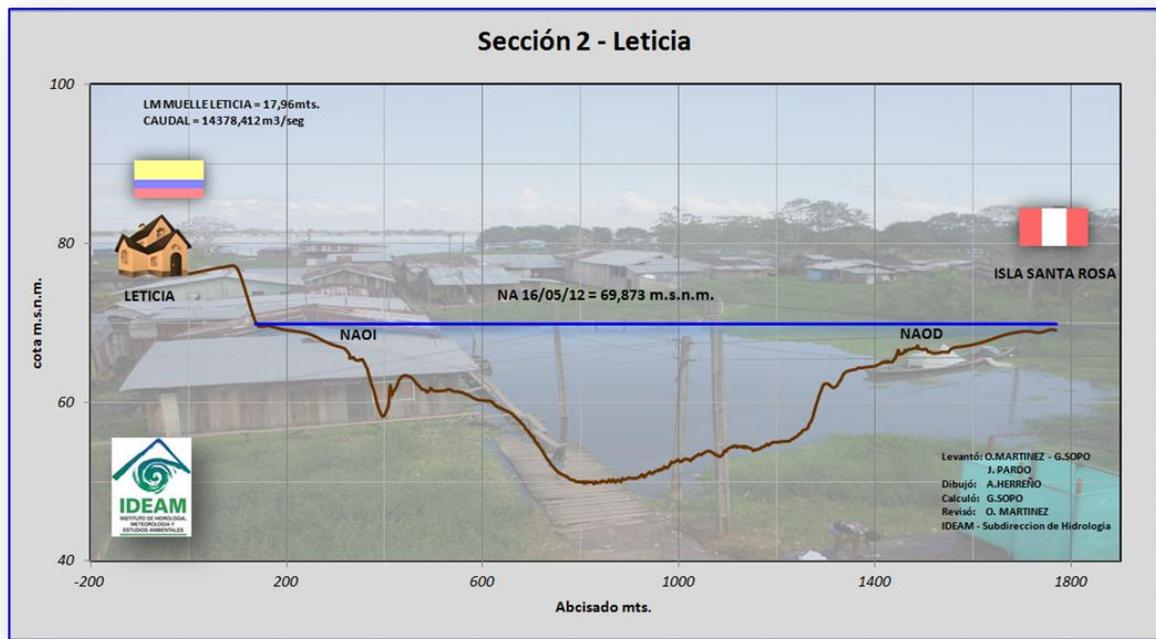
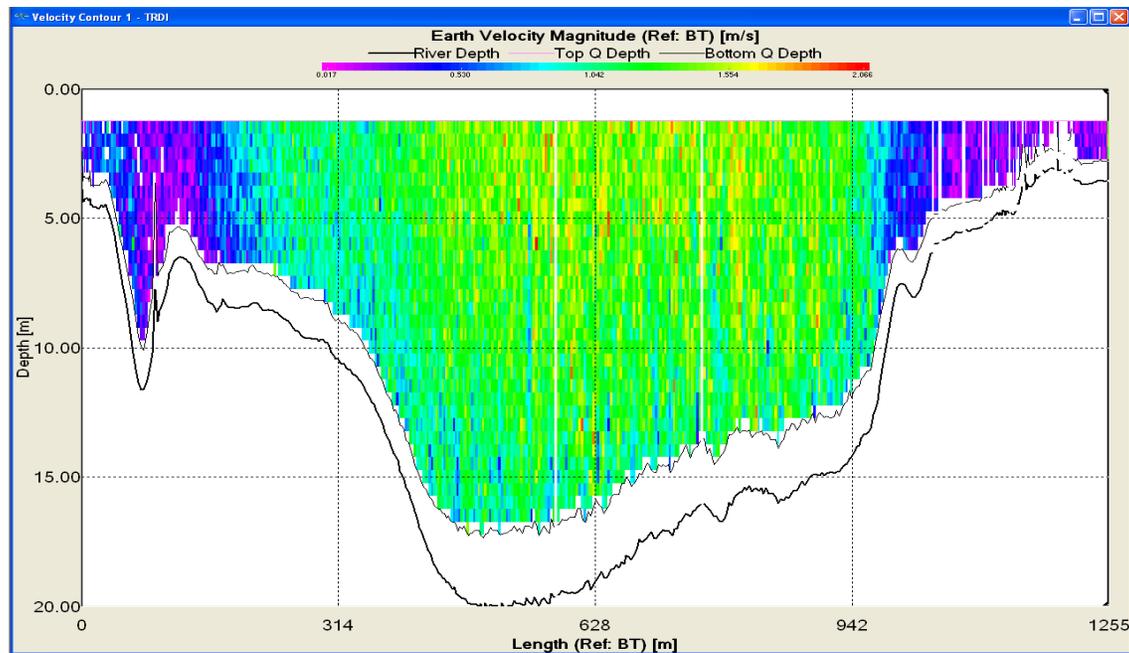


Figura 20. Sección entre Leticia y Isla de Santa Rosa (Perú) Calle 4^a



Sección 2 Win River II

RESUMEN SECCION 2 AGUAS ARRIBA MUELLE LETICIA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	m	m ²	m/s
001	14402.907	1441.59	15121.60	1.042
002	14488.462	1412.99	15055.12	1.055
003	14243.211	1450.91	15068.47	1.033
004	14379.071	1445.69	15277.89	1.062
Promedios	14378.412	1437.80	15130.77	1.048

Cuadro resumen sección 2

En total, se levantaron 11 secciones topograficas transversales en la parte urbana de Leticia, entre la calle 4 y la calle 15, con sus respectivas batimetrías para de esta manera tener las secciones completas, area húmeda y seca. coincidentes con las calles que dan al Yahuaraca. Los caudales medidos que pasan por el Yahuaraca en niveles altos estan entre 225 y 245 m³/s y con profundidades cercanas a los 12 m, que es un poco mas de lo que se puede encontrar en el río Magdalena a la altura de Girardot (Cundinamarca).

A continuación se observan cada una de las secciones levantadas en campo.

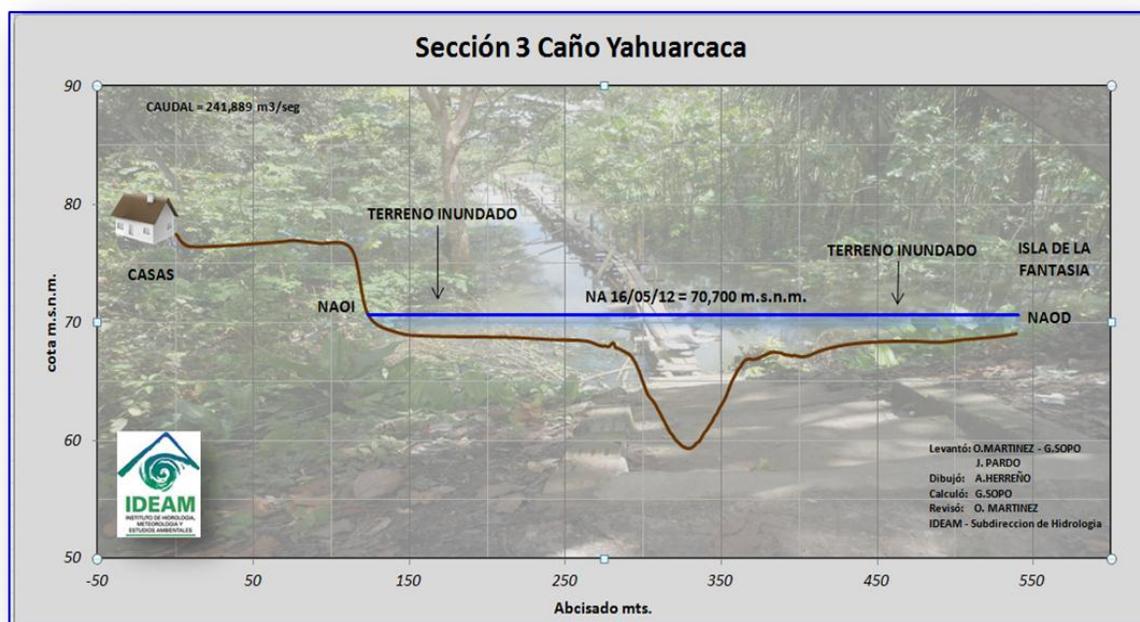
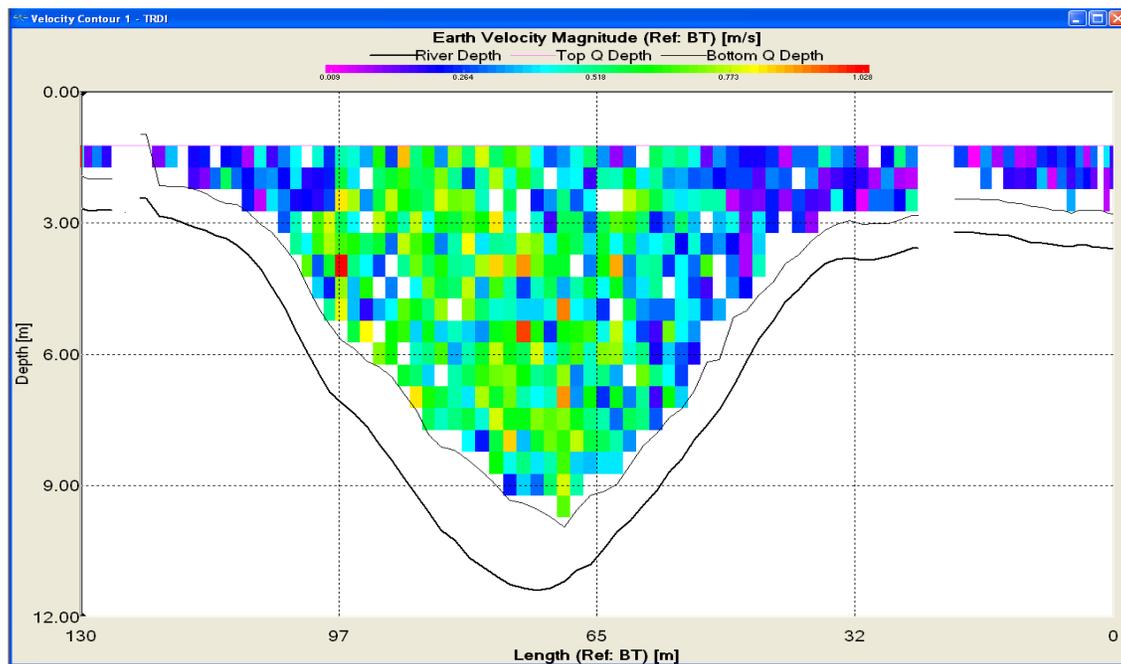


Figura 21. Sección levantada a la altura de la calle 5 y el caño Yahuaraca.



Sección 3 Win River II

RESUMEN SECCION 3 CAÑO YAHUARCACA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	243.408	189.14	847.27	0.390
002	250.660	187.26	851.04	0.392
003	235.672	193.85	912.93	0.388
004	237.816	198.10	884.12	0.373
Promedios	241.889	192.09	873.84	0.386

Cuadro resumen sección 3

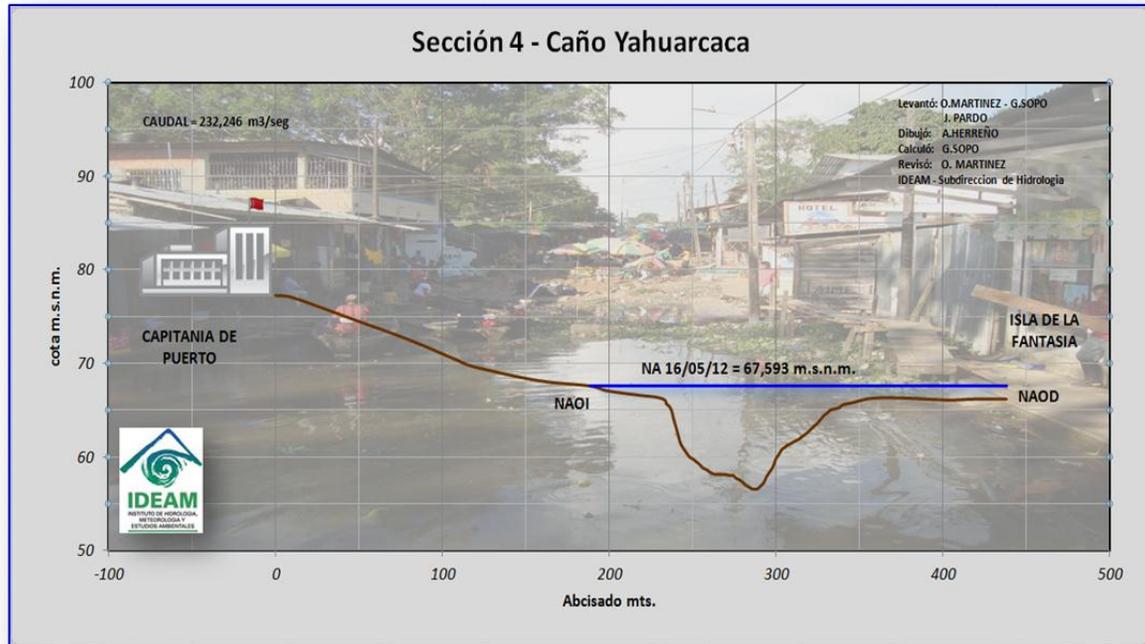
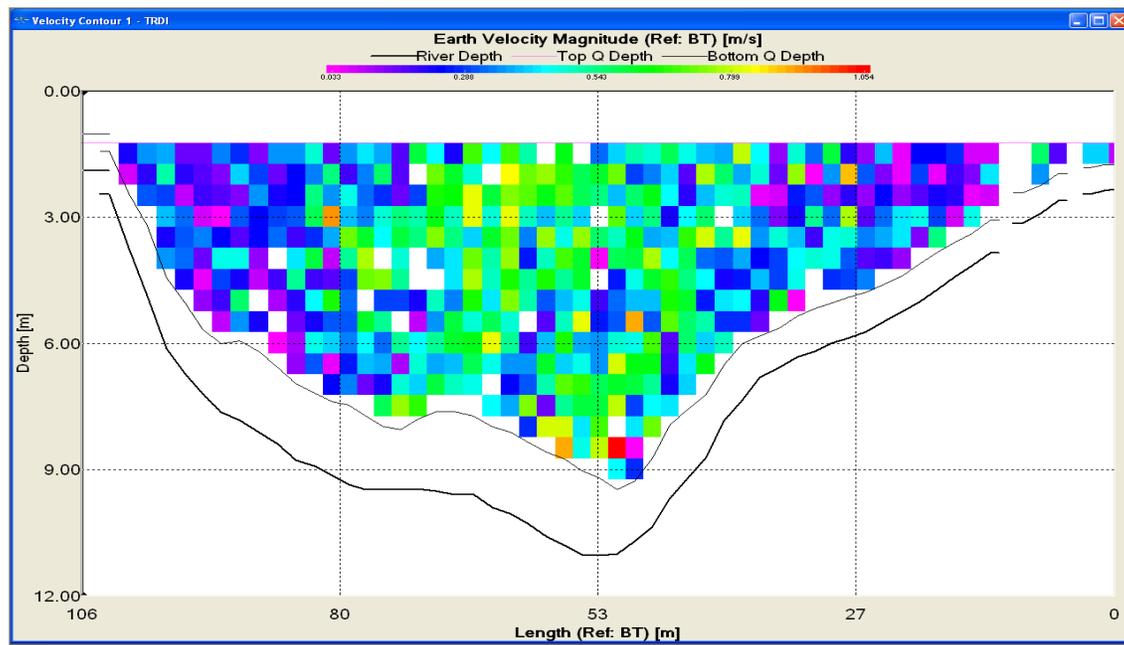


Figura 22. Sección levantada a la altura de la calle 7 y el Yahuaraca. Sector informal de venta de frutas.



RESUMEN SECCION 4 CAÑO YAHUARCACA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	204.263	217.44	948.25	0.330
002	227.915	207.44	921.52	0.344
003	257.757	225.56	933.86	0.388
004	239.050	208.68	980.63	0.340
Promedios	232.246	214.78	946.07	0.350

Cuadro resumen sección 4

En la sección de las figuras 23 y 24, los altos niveles del río sobrepasaron el malecón y afectaron viviendas y los locales comerciales de la plaza de mercado ubicados entre las calles 8 y 9, afectando así mismo CAI de la Policía Nacional y la Nueva plaza de mercado.

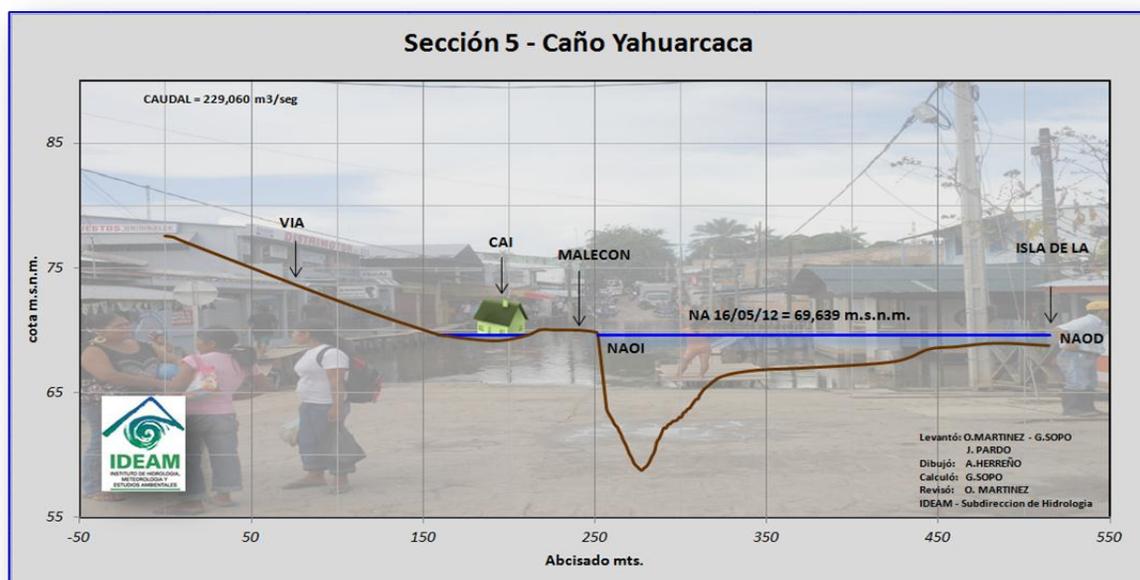
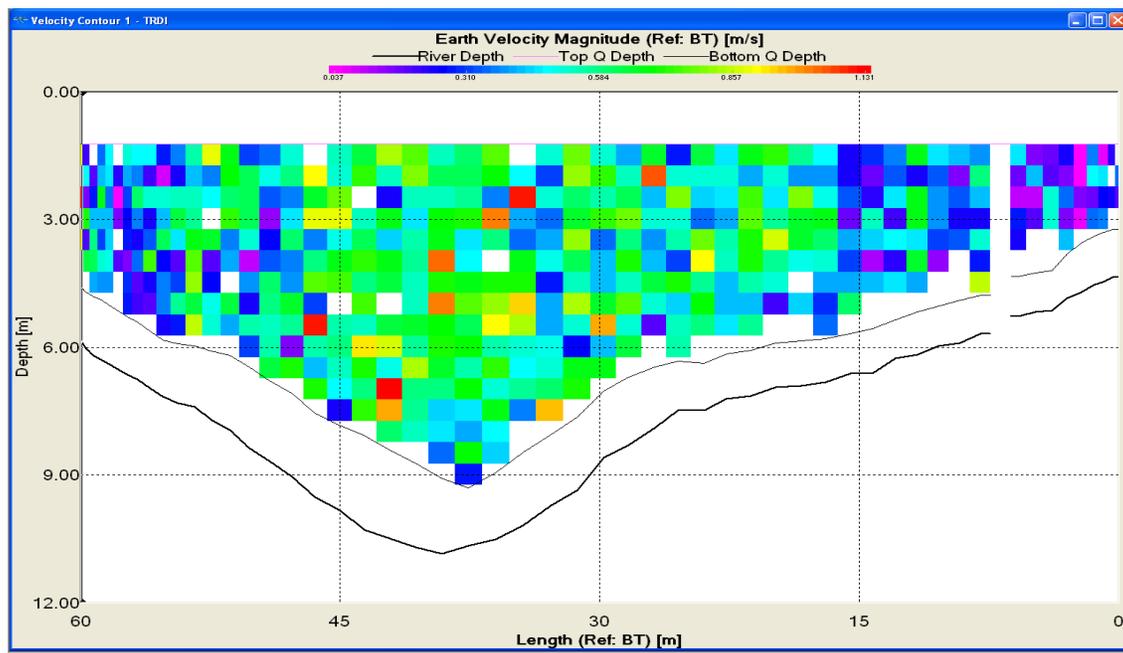


Figura 23. Sección a la altura de la calle 8 CAI Malecón-Caño Yahuaraca.



Sección 5 Win River II

RESUMEN SECCION 5 CAÑO YAHUARCACA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	231.308	120.76	623.40	0.440
002	218.749	122.03	613.84	0.441
003	237.032	123.46	645.84	0.459
004	229.150	127.39	635.86	0.448
Promedios	229.060	123.41	629.73	0.447

Cuadro resumen sección 5

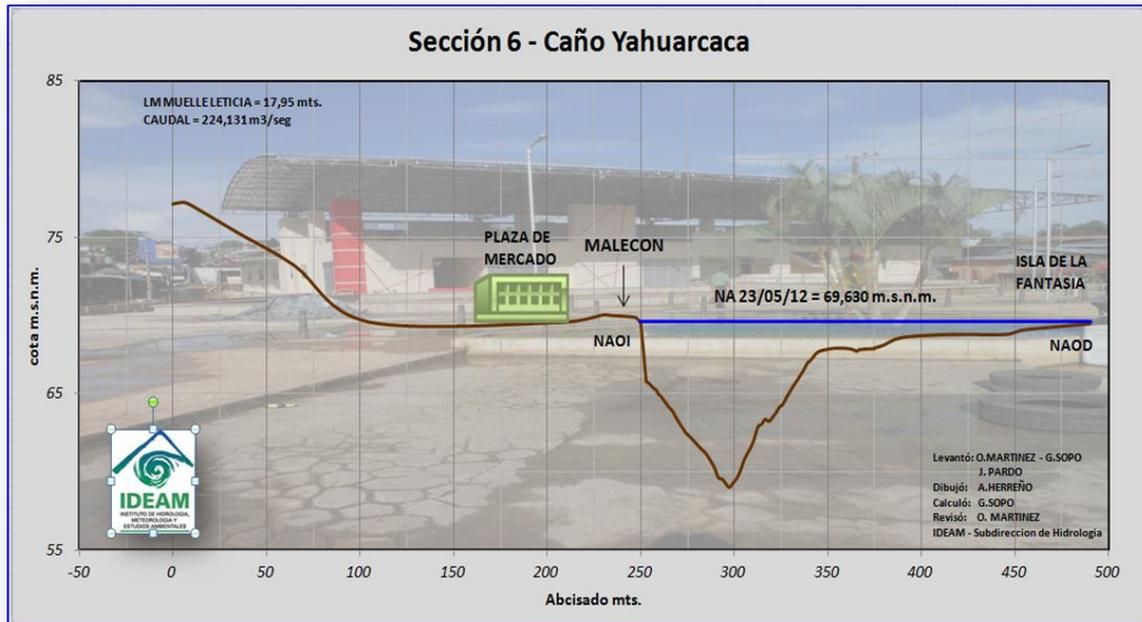
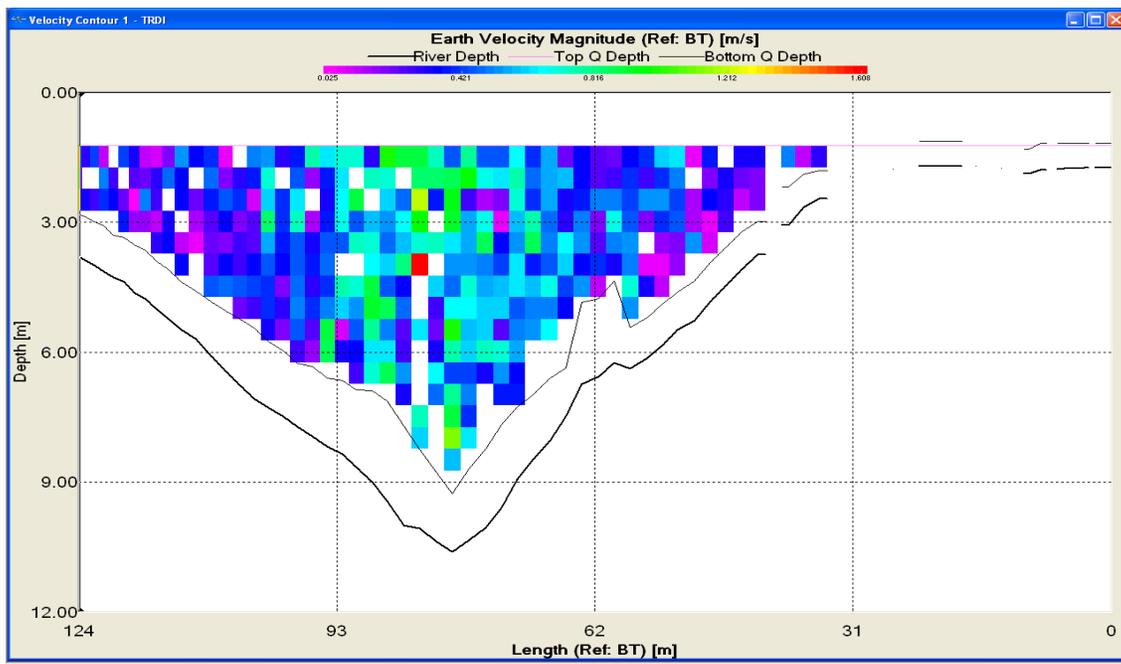


Figura 24. Sección a la altura de la calle 8A Malecón-Caño Yahuaraca.



Sección 6 Win River II

RESUMEN SECCION 6 CAÑO YAHUARCACA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	214.011	169.53	778.47	0.376
002	230.152	222.29	863.43	0.378
003	220.340	173.49	784.59	0.360
004	232.019	218.95	885.30	0.379
Promedios	224.131	196.07	827.95	0.373

Cuadro resumen sección 6

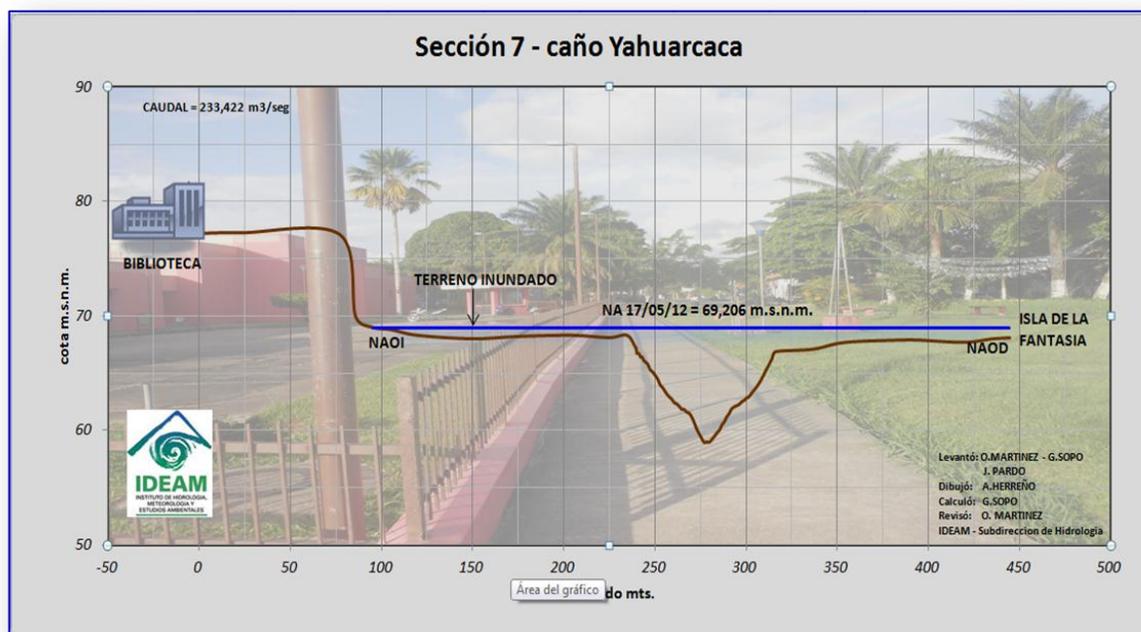
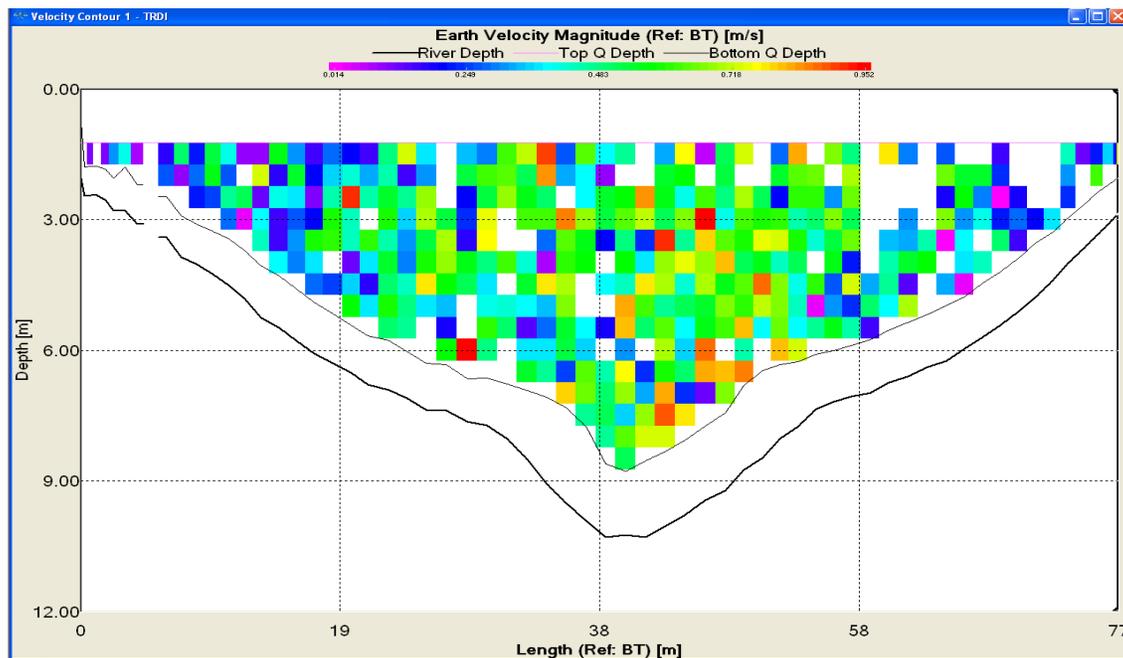


Figura 25. Sección a la altura de la calle 9 Biblioteca del Banco de la República.



Sección 7 Win River II

RESUMEN SECCION 7 CAÑO YAHUARCACA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	233.603	294.75	910.38	0.420
002	238.481	293.62	930.33	0.433
003	228.183	290.25	973.33	0.441
Promedios	233.422	292.87	938.01	0.431

Cuadro resumen sección 7

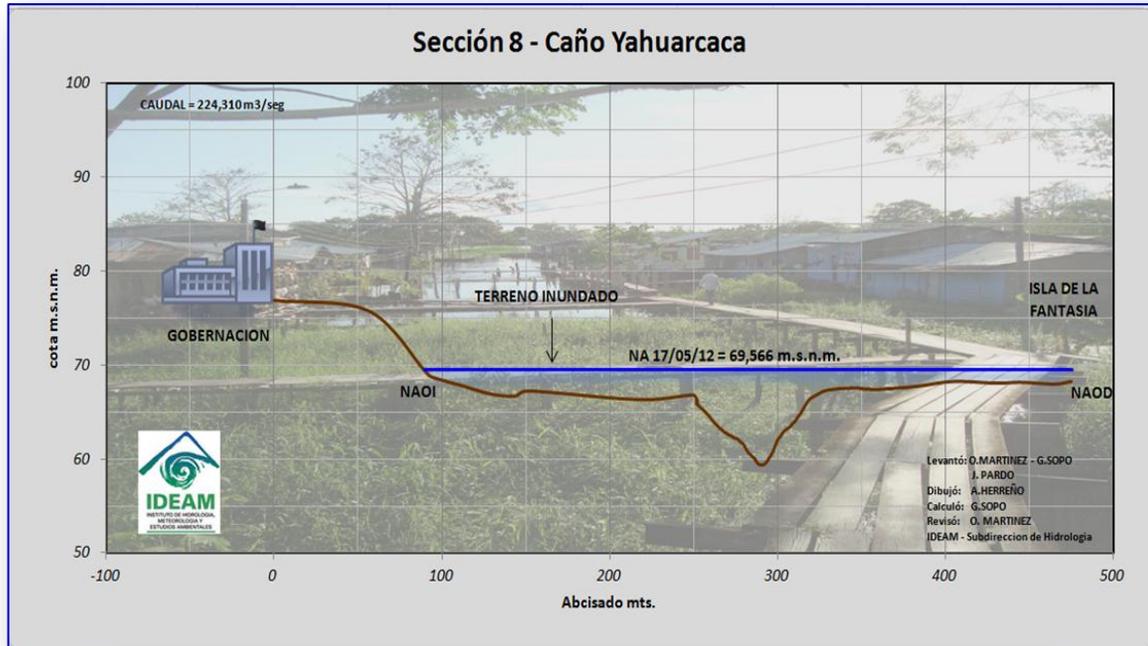
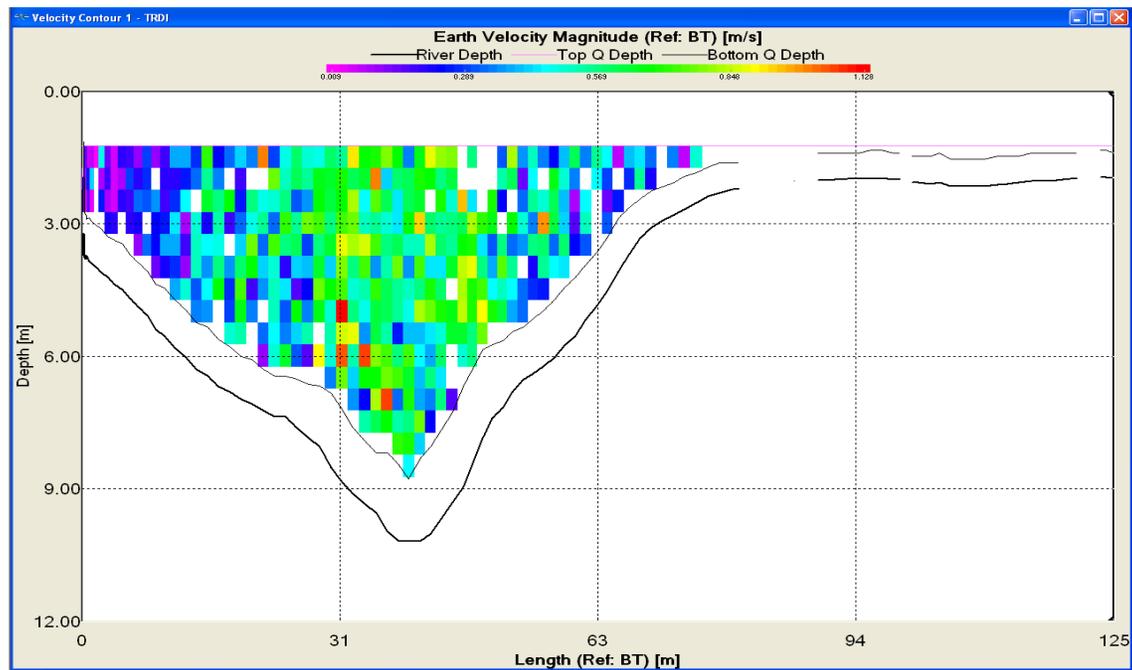


Figura 26. Sección a la altura de la calle 10 Gobernación y Caño Yahuarcaca.



Sección 8 Win River II

RESUMEN SECCION 8 CAÑO YAHUARCACA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	239.741	223.06	759.13	0.430
002	208.878	218.39	778.16	0.419
Promedios	224.310	220.72	768.65	0.424

Cuadro resumen sección 8

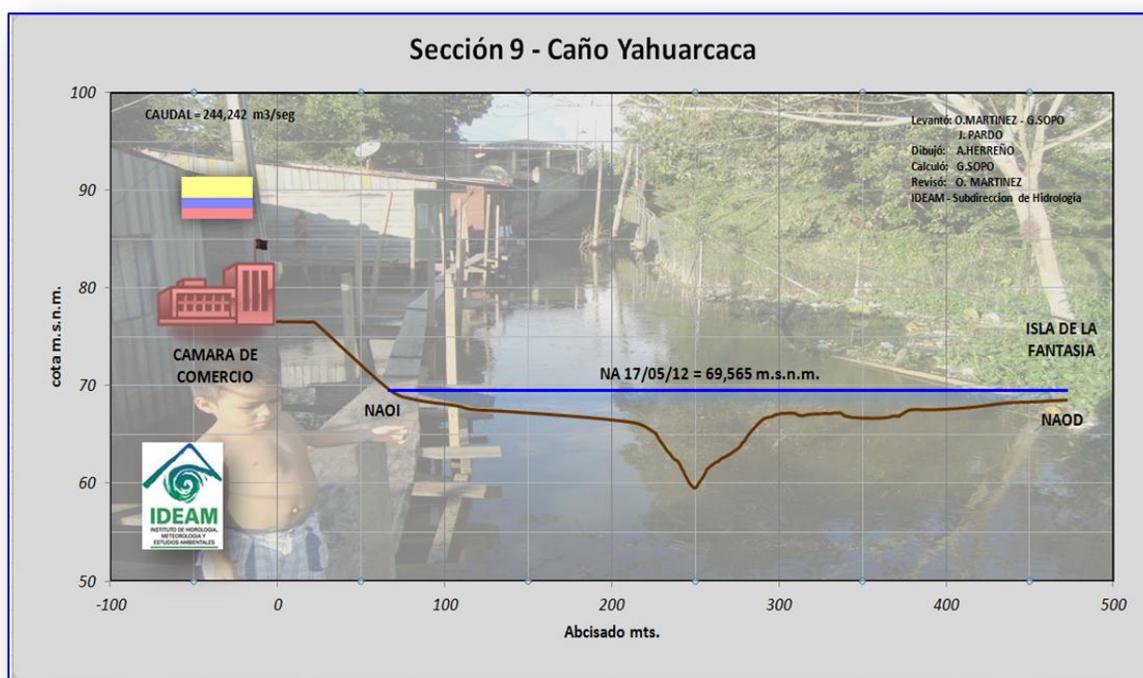
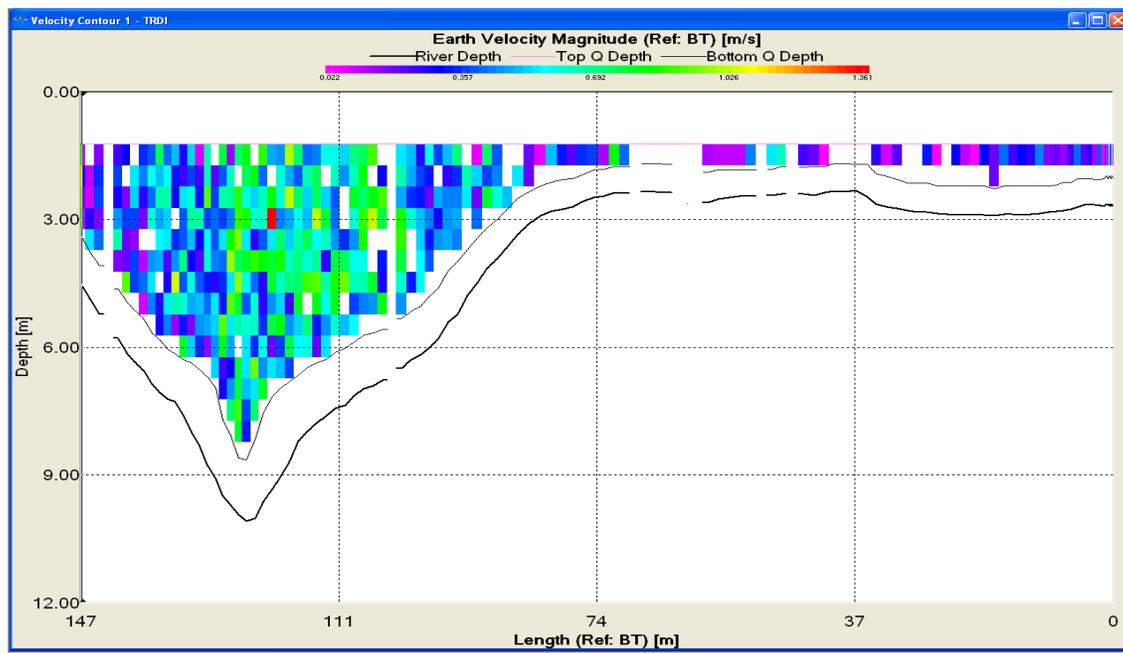


Figura 27. Sección a la altura de la calle 11 Cámara de Comercio- Caño Yahuaraca.



Sección 9 Win River II

RESUMEN SECCION 9 CAÑO YAHUARCACA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	242.013	319.57	1016.14	0.417
002	251.047	325.45	1056.62	0.413
003	224.262	325.79	1029.78	0.377
004	259.646	319.97	994.36	0.419
Promedios	244.242	322.69	1024.23	0.406

Cuadro resumen sección 9

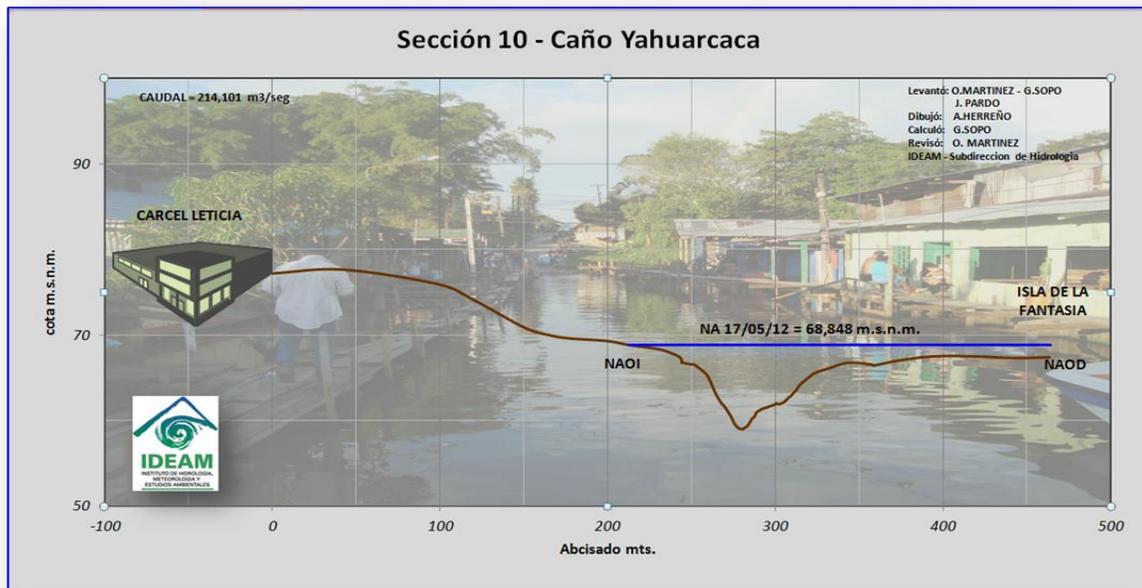
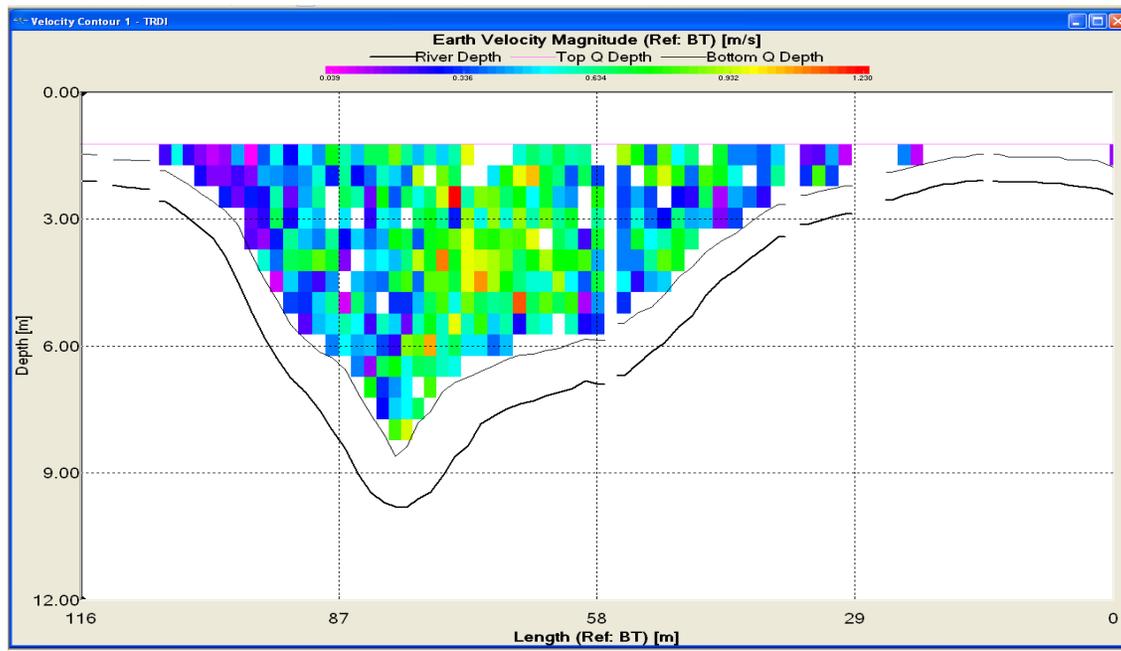


Figura 28. Sección a la altura de la calle 13 Cárcel de Leticia Inpec.



Sección 10 Win River II

RESUMEN SECCION 10 CAÑO YAHUARCACA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	202.779	217.54	733.32	0.474
002	232.458	240.06	755.47	0.490
003	207.065	210.50	698.62	0.430
Promedios	214.101	222.70	729.14	0.465

Cuadro resumen sección 10

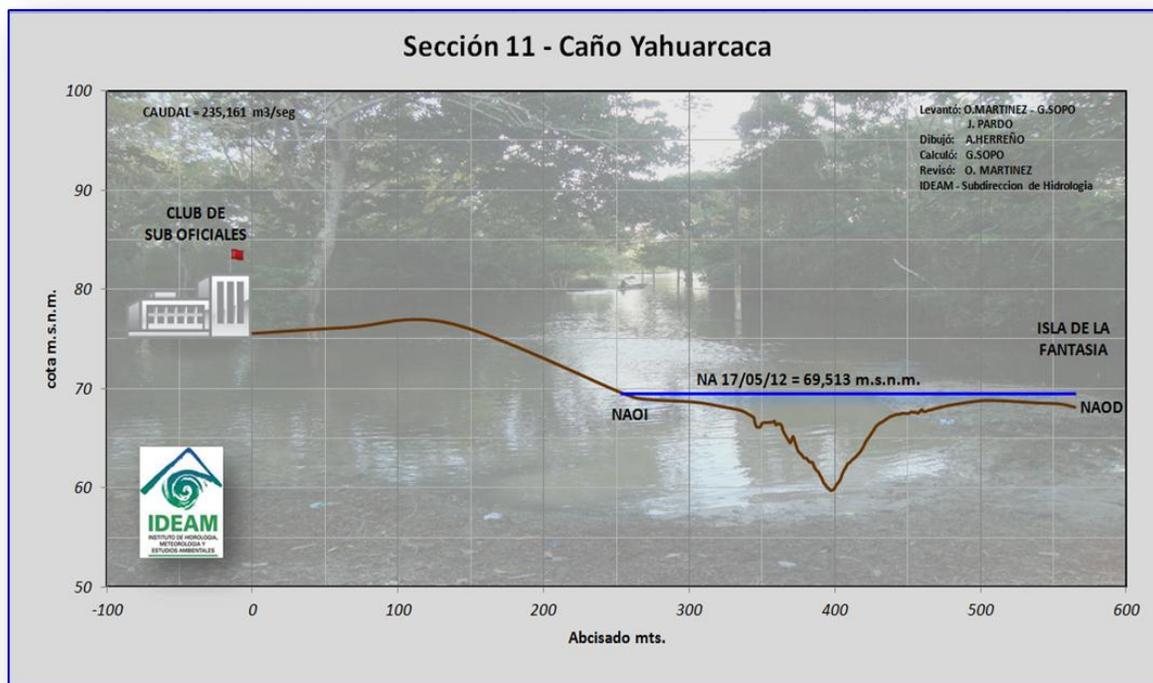
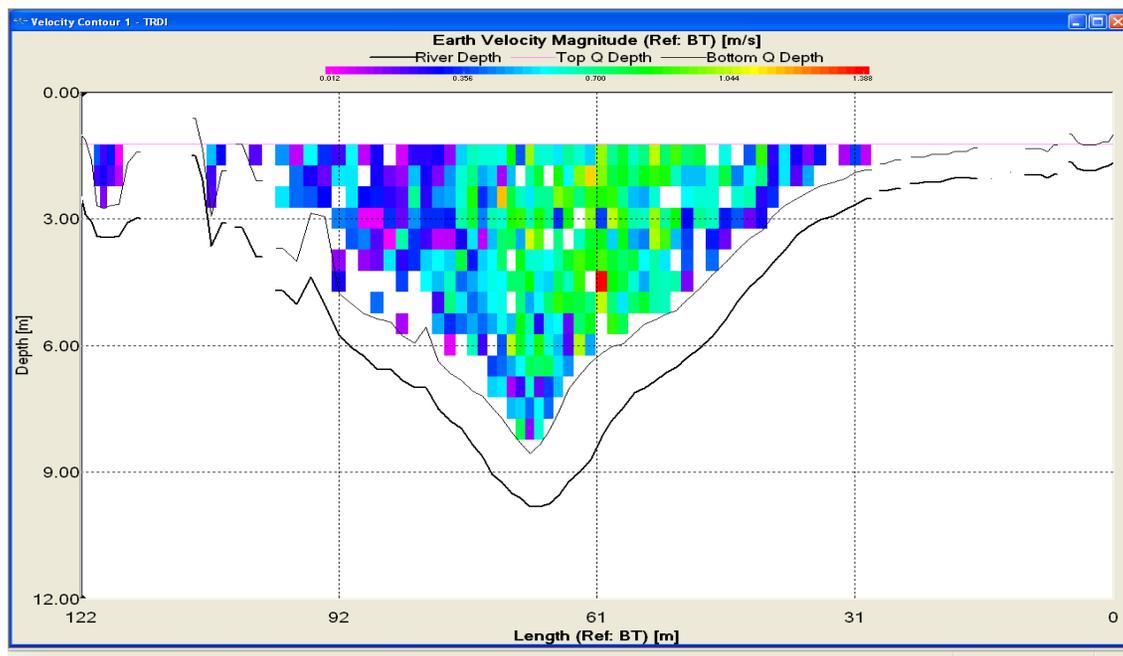


Figura 29. Sección a la altura de la calle 15 Club de sub-oficiales.



Sección 11 Win River II

RESUMEN SECCION 11 CAÑO YAHUARCACA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	238.641	308.61	939.99	0.479
002	265.486	286.02	886.90	0.495
003	201.356	293.42	833.54	0.463
Promedios	235.161	296.02	886.81	0.479

Cuadro resumen sección 11

PROBLEMÁTICA DEL MUELLE EN LETICIA.

En la figura 30, foto panorámica tomada en agosto de 2010 mirando hacia aguas abajo y en la cual se aprecia la población brasilera de Tabatinga, el río Amazonas se encontraba en época de estiaje, se puede apreciar que el muelle de Leticia se encontraba completamente en seco, lo que no permitía ningún tipo de transporte fluvial a través de él.



Figura 30. Foto tomada en Aguas Bajas. Fuente DIMAR, Leticia Agosto 2010

Debido a dinámica y a la baja pendiente y dinámica, el río Amazonas en gran parte de su recorrido presenta un comportamiento de tipo meandrónico, con curvas y formación de grandes brazos e islas entre las orillas, y debido a ello a la altura del muelle de Leticia solo pasa un porcentaje menor del total de caudal del río Amazonas; problema que en época de niveles bajos se origina aguas arriba como se observa en la figura 31, donde por el brazo central entre la isla de Chinería (Perú) y la isla de Ronda (Colombia) y que sirve de límite internacional, el flujo prácticamente es cero, pasando el 94 % por el brazo Peruano y solo el restante 6 % por la orilla Colombiana.



Figura 31. Foto tomada mirando hacia aguas abajo. Fuente DIMAR Leticia Agosto 2010 Aguas Bajas.

En el momento de la visita de campo (mayo de 2012) los niveles se encontraban altos, por lo que se realizaron perfiles transversales en cada uno de los brazos, e igualmente en el sector de Nazareth donde el río va completo, como se observa en la figura 32, para poder determinar el porcentaje de caudal que pasa por cada brazo en época de aguas o niveles altos resultado que se da en la tabla 1.

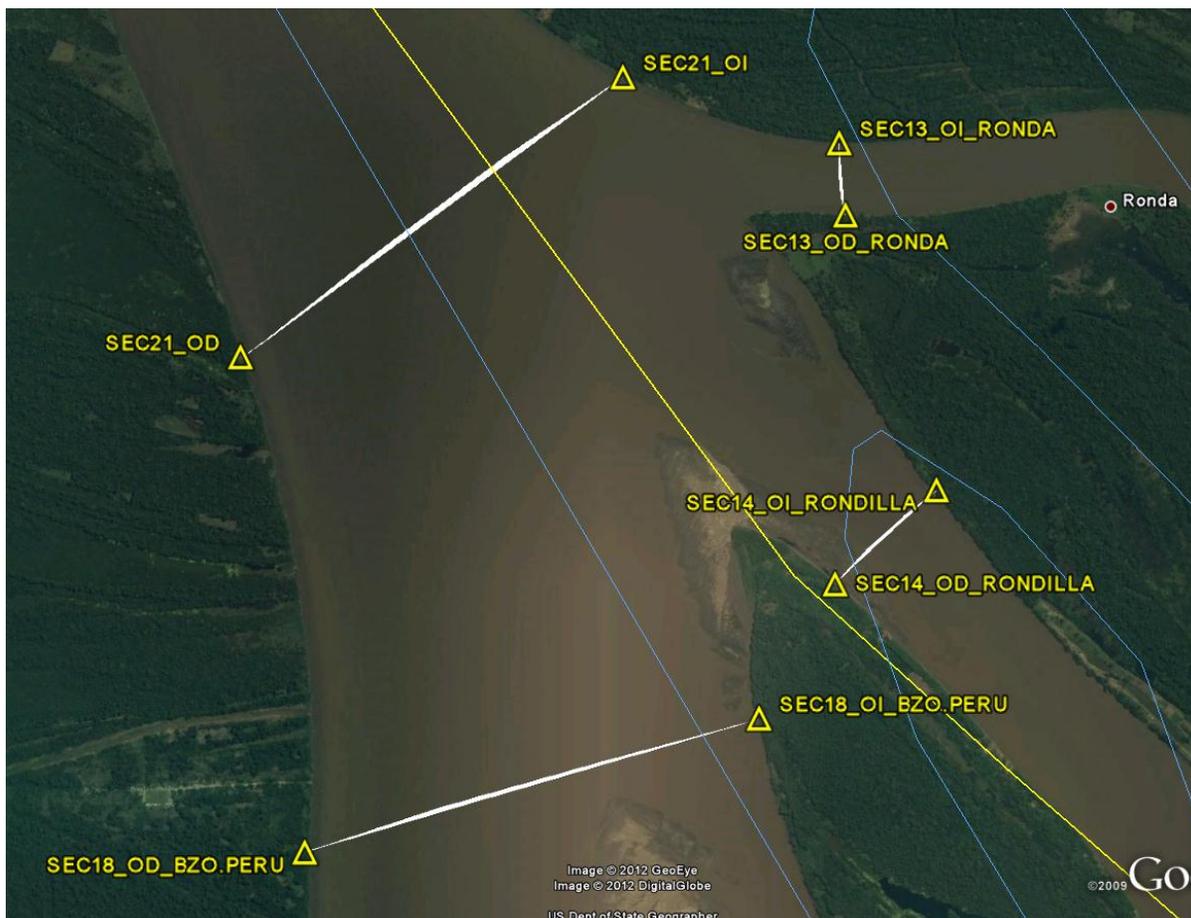


Figura 32 Imagen del río Amazonas tomada del Google Earth

Fuente: www.googleearth.com 9-de agosto de 2011

A continuación se relacionan los perfiles o secciones transversales, datos de caudales, profundidades y anchos del río en cada uno de los tres brazos, que se desprenden un par de kilómetros aguas abajo de la población de Nazareth. Los datos fueron tomados en niveles de aguas altas (Mayo 2012).

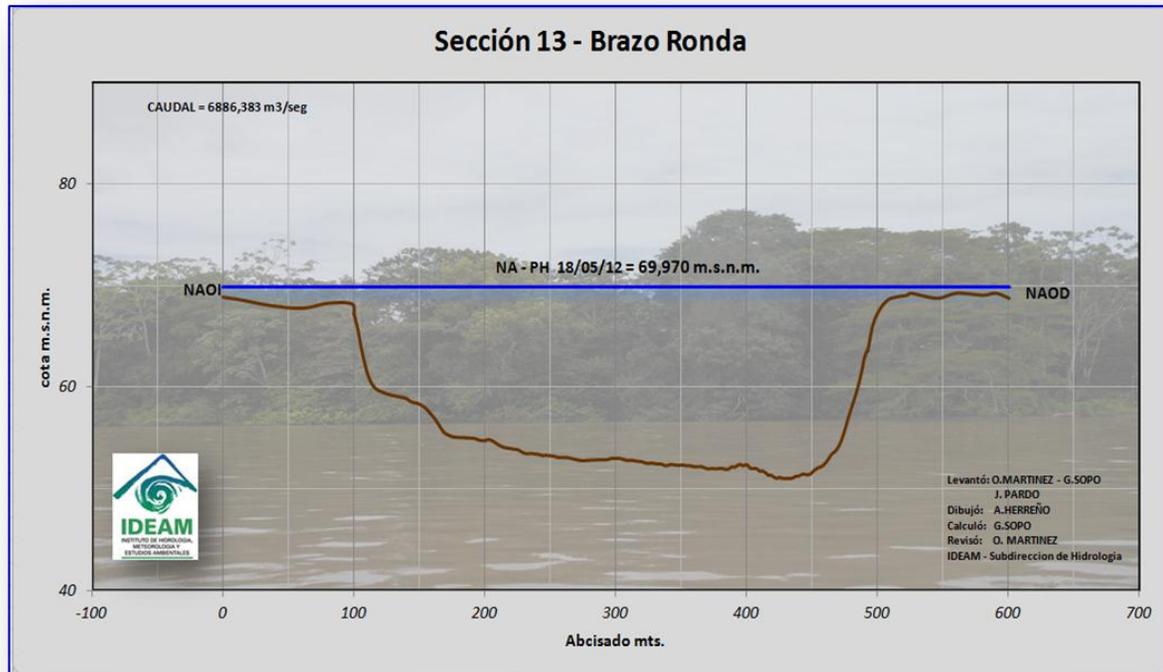
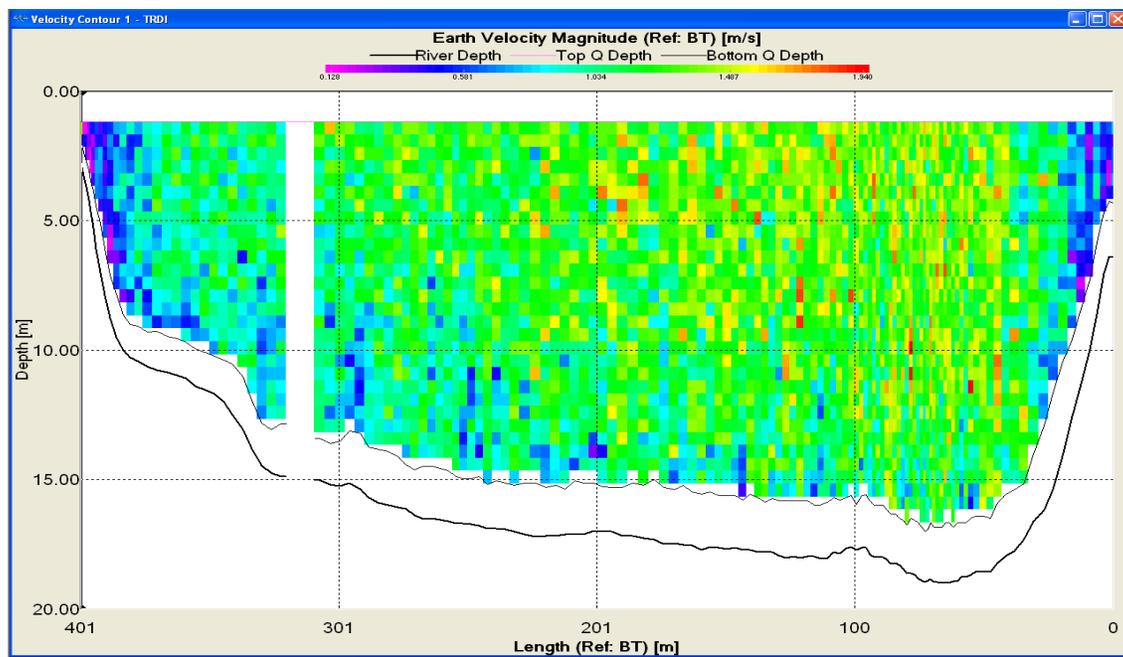


Figura 33. Brazo margen izquierda lado colombiano. Pasa el 12 % del caudal



Sección 13 Win River II

RESUMEN SECCION 13 BRAZO RONDA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	6824.636	594.31	6938.24	1.091
002	6980.554	587.04	7070.35	1.116
003	6853.958	594.05	6934.49	1.141
Promedios	6886.383	591.80	6981.03	1.116

Cuadro resumen sección 13

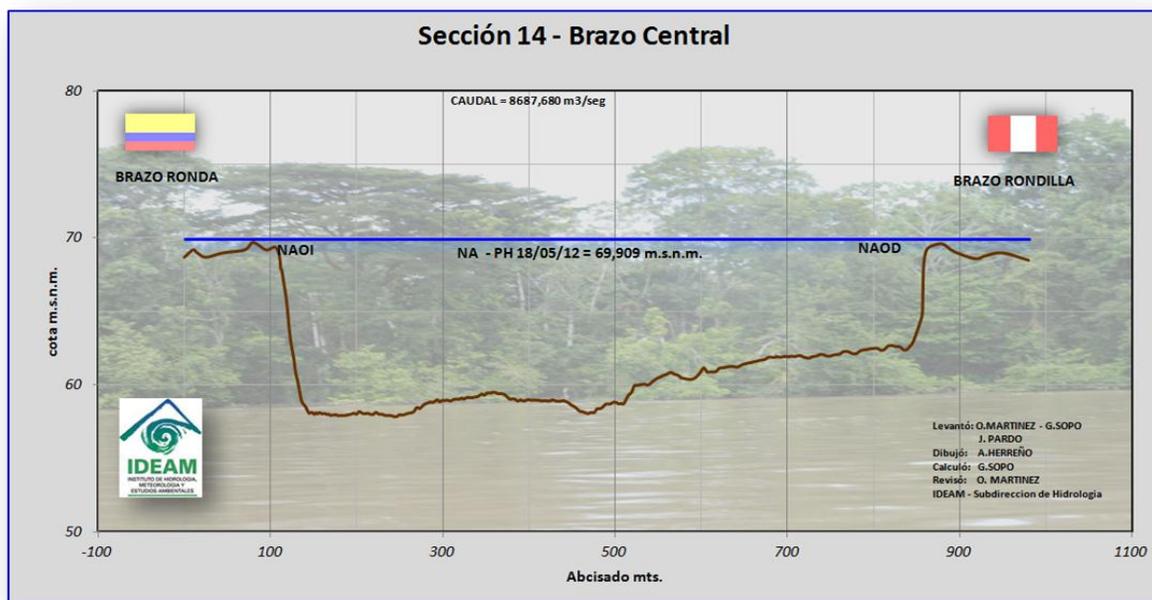
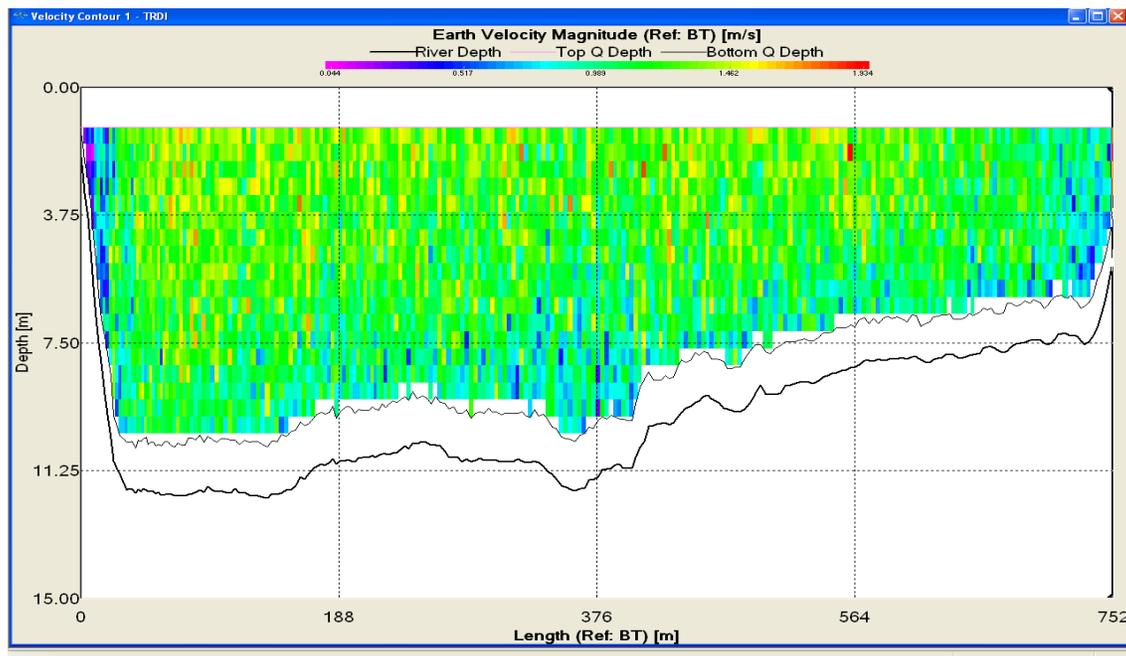


Figura 34. Brazo Central. Donde se encuentra en límite internacional. Fluye el 15 % del caudal



Sección 14 Win River II

RESUMEN SECCION 14 BRAZO RONDILLA				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	8687.680	935.75	8128.69	1.148
Promedios	8687.680	935.75	8128.69	1.148

Cuadro resumen sección 14

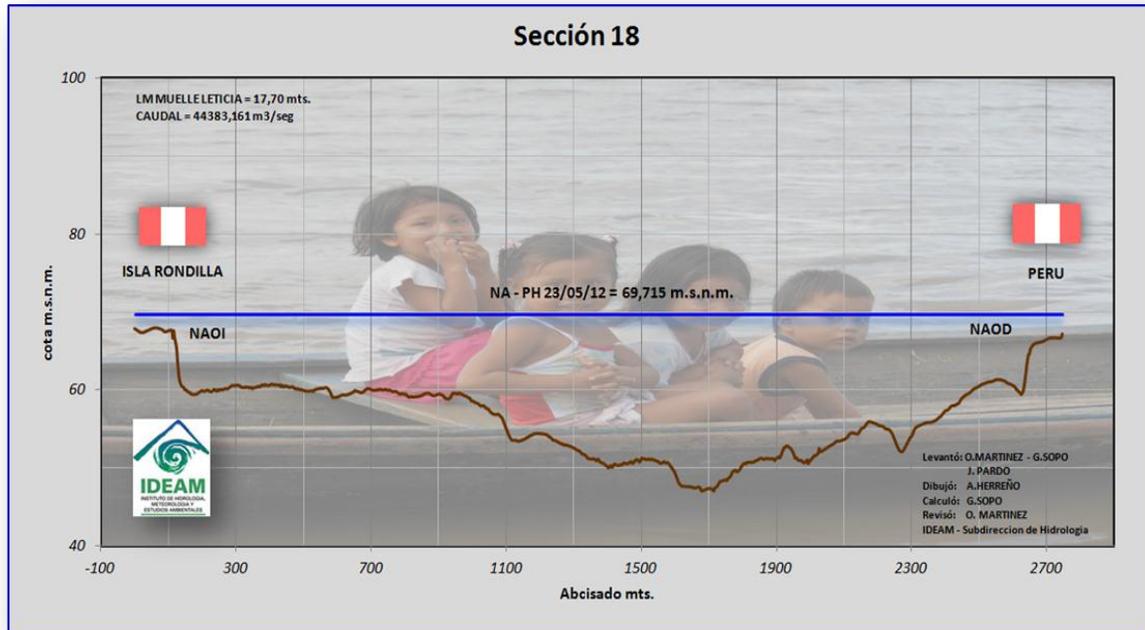
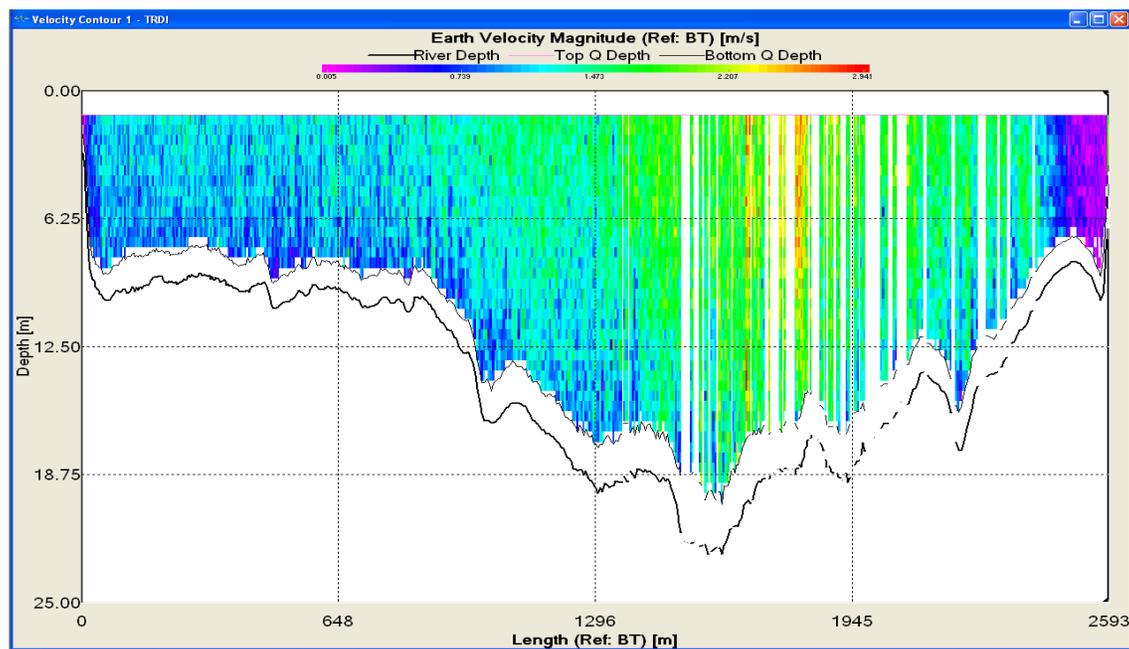


Figura 35. Brazo margen derecho, perteneciente en su totalidad al Perú, y fluye el 73 %



Sección 18 Win River II

RESUMEN SECCION 18 BRAZO DERECHO				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	44359.027	2923.72	39512.31	1.369
002	44407.295	2733.11	35888.05	1.289
Promedios	44383.161	2828.41	37700.18	1.329

Cuadro resumen sección 18

Tabla 1 Porcentaje de caudal que fluye por cada uno de los brazos en época de aguas altas.

SITIO	CAUDAL (m³/s)	PORCENTAJE (%)	ANCHO (m)	PROF MAX (m)
NAZARETH (río Completo)	60.000	100	1460	35
Brazo Izq. (Colombia)	7.000	12	400	20
Brazo central (Limite Internacional)	9.000	15	740	13
Brazo Derecho (Perú)	44.000	73	2600	23

Aforo realizado en 17 de mayo de 2012 (caudales aproximados a miles)

Si se comparan los porcentajes que fluyen por los tres brazos se concluye que en aguas bajas por el margen Peruano fluye el 94 % del caudal total que pasa por Nazareth (fuente Dimar), mientras que en aguas altas por este mismo sector pasa el 73 % del caudal. Por el margen colombiano en aguas bajas solo fluye el 6 %, mientras que en aguas altas el porcentaje es el doble. Y por el brazo central en época de aguas bajas el caudal es prácticamente cero, mientras que en niveles altos fluye un 15 % del caudal total.



Figura 36 Vista panorámica donde se observan los tres brazos, el río fluye de derecha a izquierda en la foto.

En la población de Nazareth que esta ubicada a 17 km aguas arriba de Leticia, el río Amazonas se encuentra en toda su magnitud y no existen islas entre las dos orillas internacionales, así mismo los perfiles arrojan profundidades en aguas altas del orden de 35 m en aguas altas y en aguas bajas de 25 m lo que indicaría un flujo permanente (flujo base) en cualquier época del año, aún en años “secos”.



Figura 37 Vista panorámica del sector de Nazareth

Vista panorámica del sector de Nazareth, donde existe un trayecto de unos 8 km donde el río va completo, allí se realizaron 4 secciones transversales (ver figuras 38-41) y cuyos perfiles se presentan a continuación, los anchos en este sector están alrededor de 1.5 km, con caudales en que están del orden de los 60.000 m³/s. en niveles altos (mayo 2012). Se observa que en los cuatro perfiles levantados, el talud de la orilla colombiana es lo suficientemente profundo como para garantizar un flujo permanente y constante durante el año, inclusive en años “secos”, como alternativa para la construcción de un muelle en este sector.

En razón a la problemática que presenta el río Amazonas en el sector del muelle en Leticia, una de las propuestas que se tiene es la construcción y /o reubicación del muelle de Leticia a la zona de Nazareth donde se garantiza que todo el año el flujo de caudal suficiente para el tránsito de embarcaciones permanentemente.

Existe una vía carretable que comunica Leticia con Nazareth, con placas en concreto a dos calzadas en los primeros 12 km. y de allí en adelante una sola calzada, sin embargo la vía se encuentra en general en buen estado, es de anotar que naturalmente por esta vía no transita ningún tráfico pesado que la deteriore, así mismo la distancia entre Nazareth y el Aeropuerto de Leticia está del orden de los 12 km.

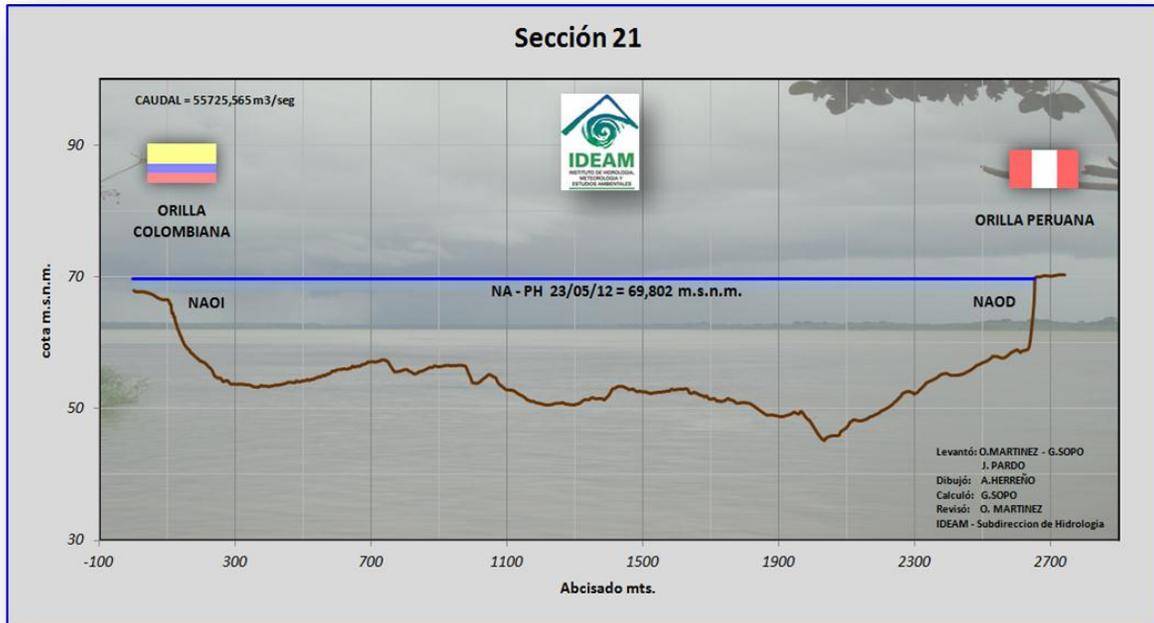
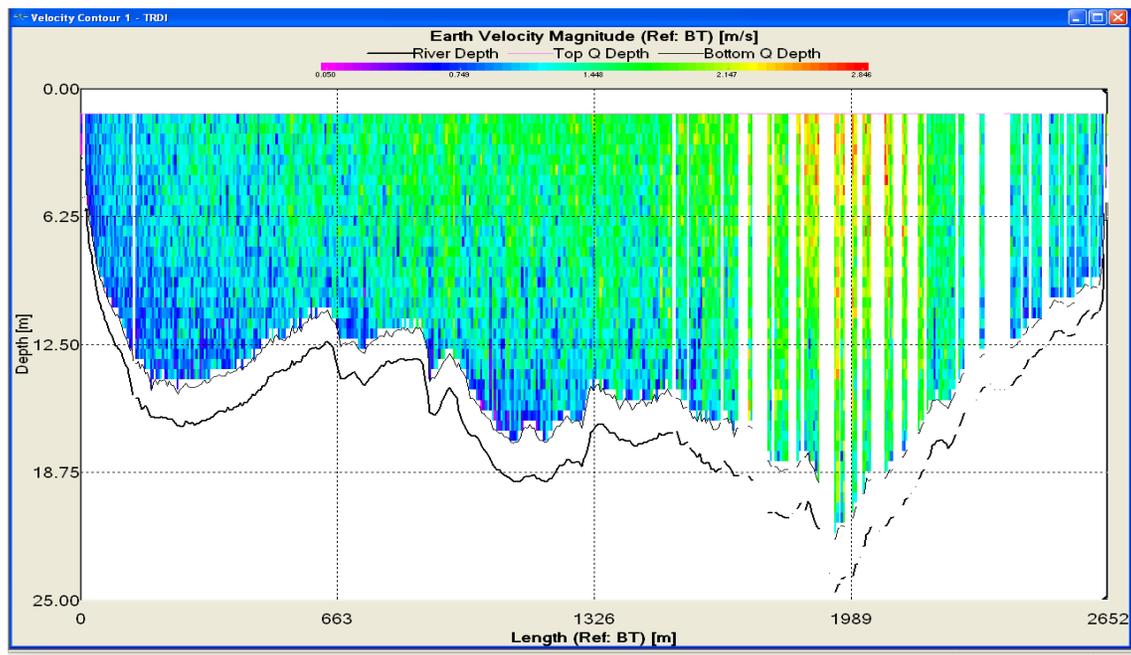


Figura 38 Perfil aguas abajo de Nazareth donde comienza a dividirse el río en tres brazos.



Sección 21 Win River II

RESUMEN SECCION 21 CERCA A NAZARETH				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	57241.730	2645.52	42061.52	1.296
002	54209.400	2797.92	43655.84	1.463
Promedios	55725.565	2721.72	42858.68	1.379

Cuadro resumen sección 21

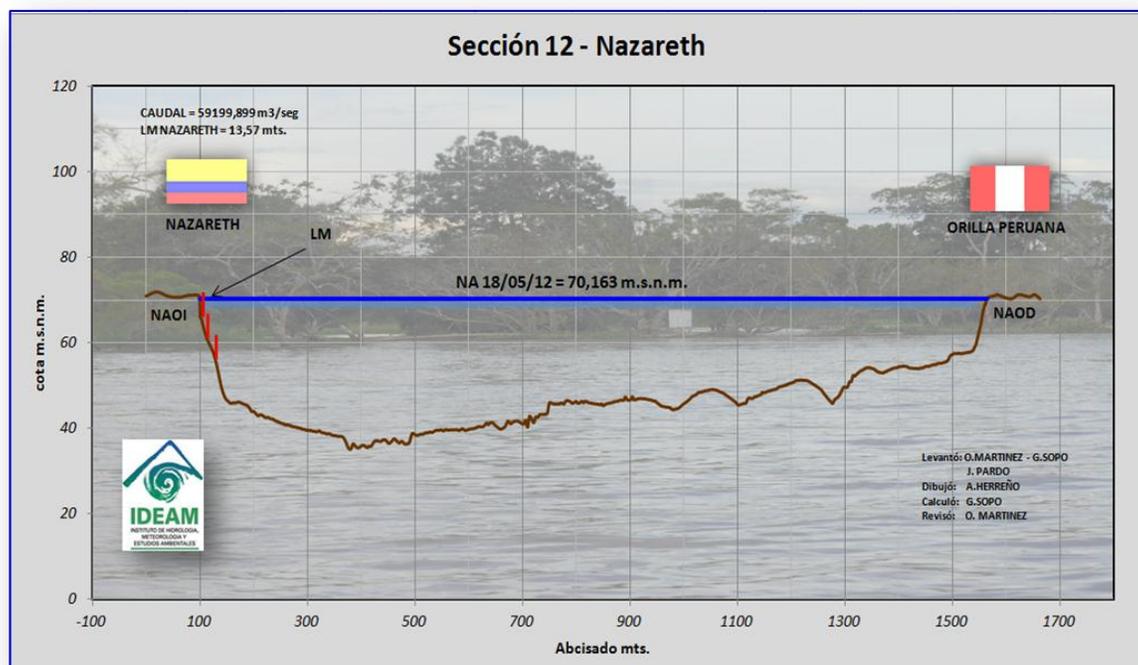
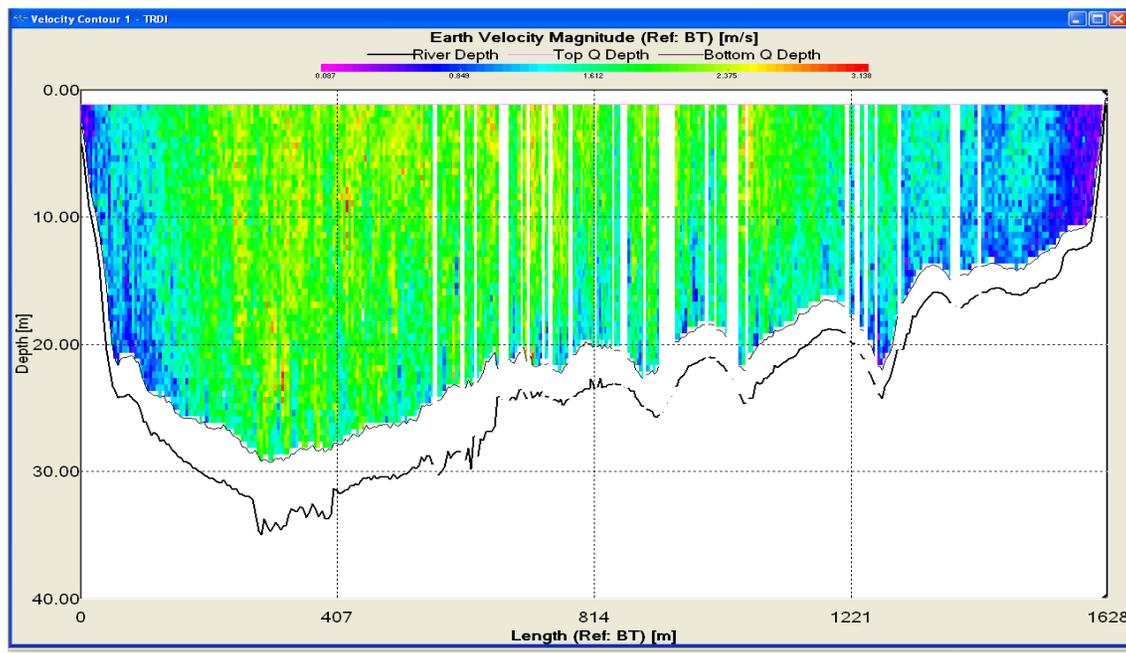


Figura 39 Perfil donde está ubicada la estación hidrológica de niveles de Nazareth.



Sección 12 Win River II

RESUMEN SECCION 12 NAZARETH - AMAZONAS				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	m	m ²	m/s
001	58500.166	1654.98	35358.79	1.687
002	59899.632	1673.27	37008.60	1.689
Promedios	59199.899	1664.13	36183.69	1.688

Cuadro resumen sección 12

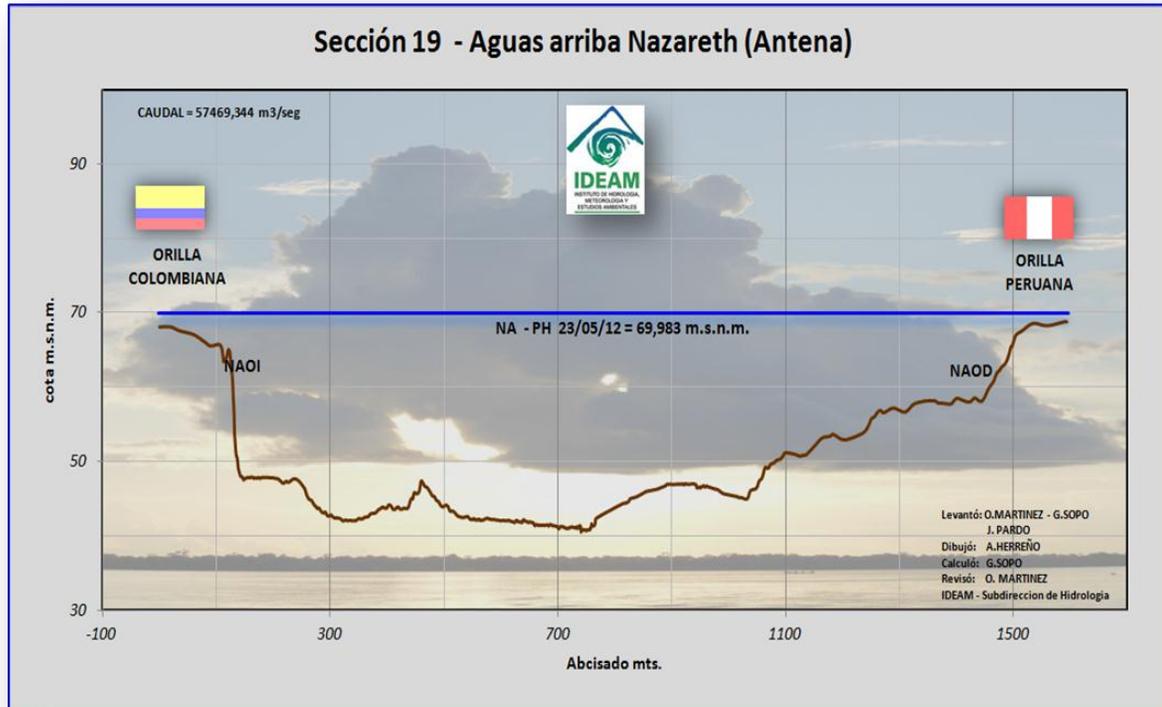
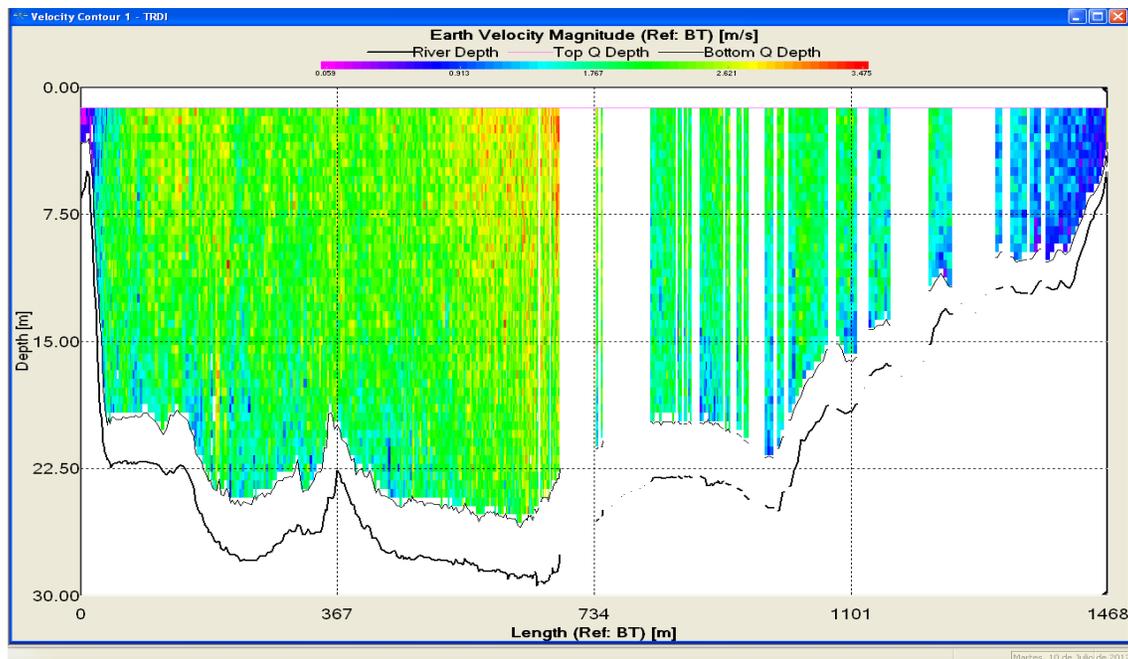


Figura 40 Perfil a la altura de Nazareth



Sección 19 Win River II

RESUMEN SECCION 19 AGUAS ARRIBA DE NAZARETH				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	58409.857	1579.37	31622.90	2.046
002	57285.148	1560.54	30245.10	2.026
003	56713.026	1583.24	30855.66	2.066
Promedios	57469.344	1574.39	30907.89	2.046

Cuadro resumen sección 19

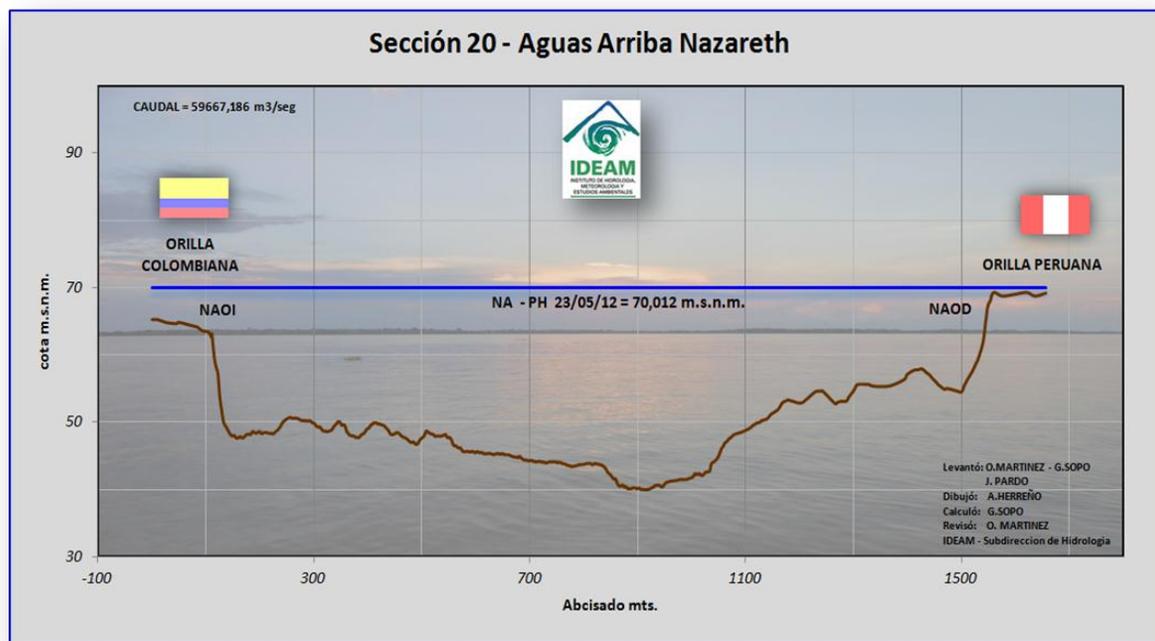
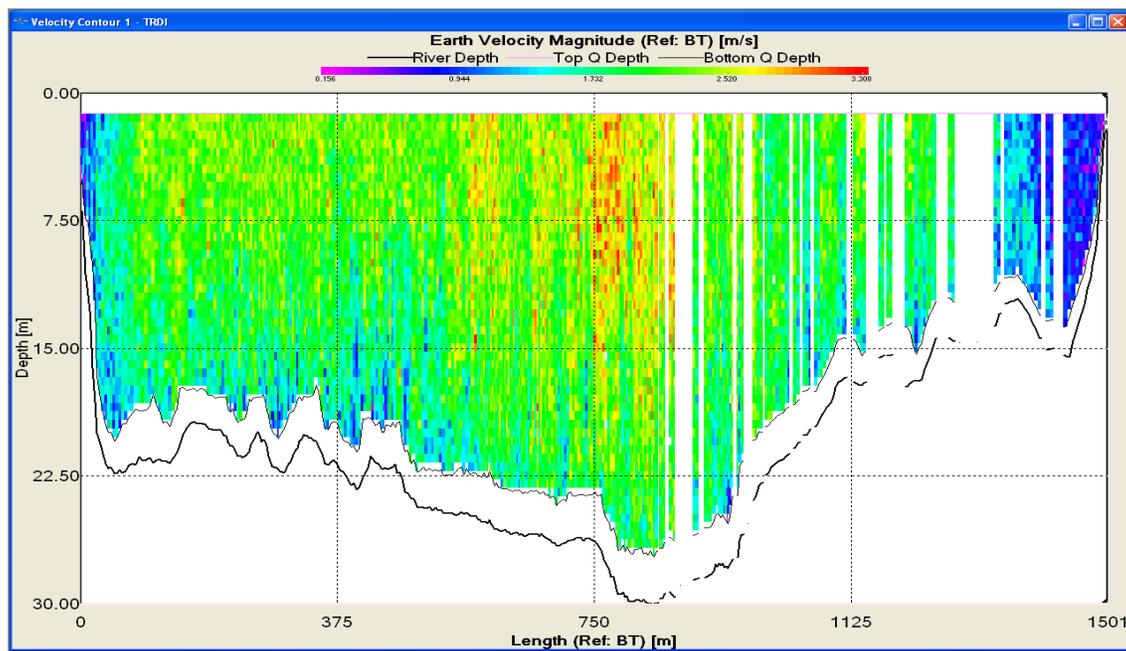


Figura 41 Perfil aguas arriba de Nazareth.



Sección 20 Win River II

RESUMEN SECCION 20 AGUAS ARRIBA DE NAZARETH				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	59699.971	1598.76	31002.39	2.058
002	62292.786	1647.99	32029.08	2.167
003	58314.548	1540.36	29976.61	2.089
004	58361.441	1639.76	31581.59	2.010
Promedios	59667.186	1606.72	31147.42	2.081

Cuadro resumen sección 20

Otra de las propuestas para garantizar el flujo permanente del agua por el muelle de Leticia es el dragado del brazo central (límite internacional) como se observa en la propuesta del ministerio de obras y otros estudios que se han realizado, sin embargo se debe tener muy en cuenta los costos de este dragado y la disposición del material extraído aparte de los impactos sobre la dinámica natural del río.

Finalmente, se tiene que sopesar y evaluar con un estudio de costo-beneficio cual sería el camino más adecuado en la toma de decisiones para garantizar la mejor solución al problema presentado.



Figura 42 Esquema de las obras de encauzamiento. Fuente DIMAR

En la figura 43, se observa el perfil levando sobre el río Loretoyaco afluente del río Amazonas a la altura de la población de Puerto Nariño. A pesar que la población se encuentra localizada en una terraza aluvial, algunas viviendas ribereñas y la cancha de fútbol se vieron afectados por los altos niveles del río.

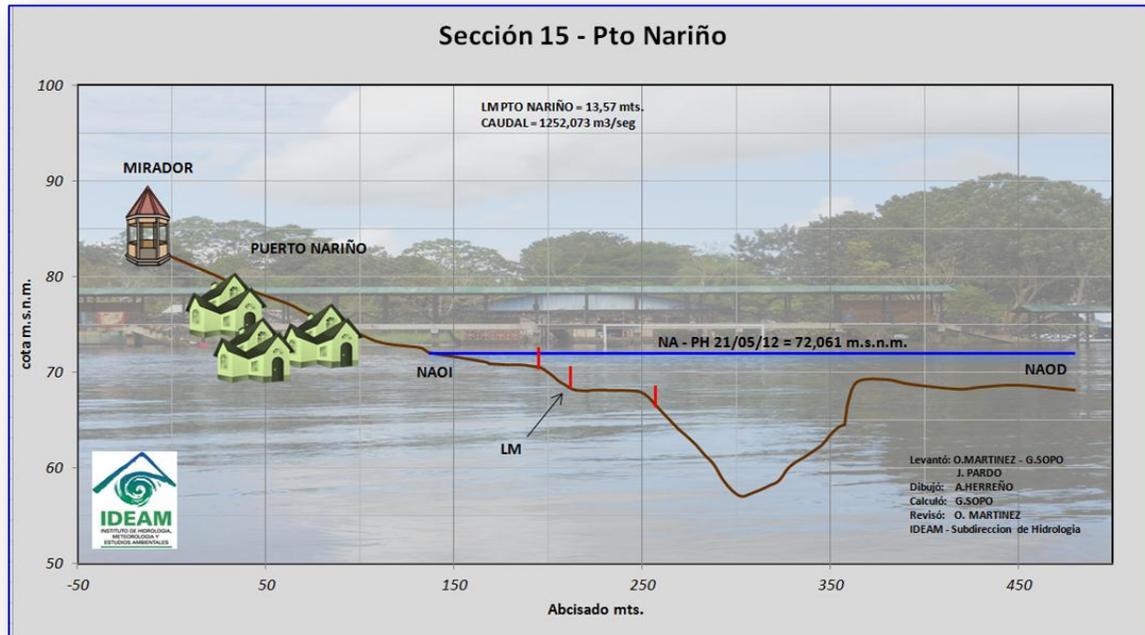
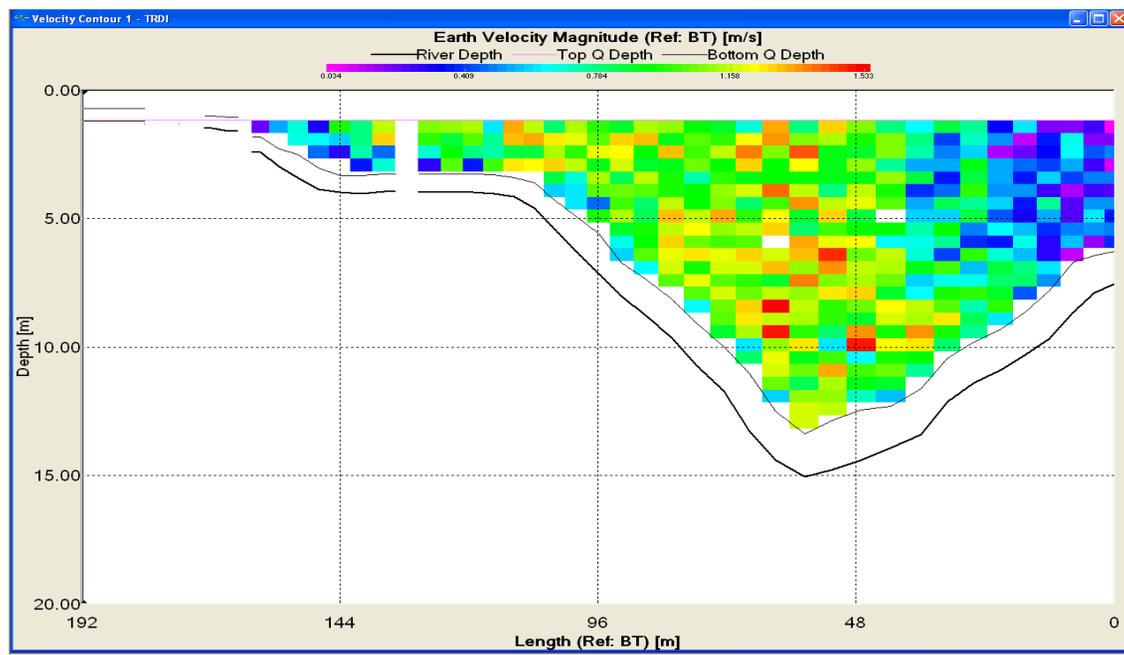


Figura 43. Perfil del río Loretoyaco en Puerto Nariño.



Sección 15 Win River II

RESUMEN SECCION 15 PUERTO NARIÑO				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	1312.547	282.99	1898.24	0.847
002	1297.827	285.11	1909.57	0.826
003	1145.845	285.50	1928.68	0.813
Promedios	1252.073	284.53	1912.16	0.829

Cuadro resumen sección 15

En las figuras 44 y 45 se levantaron los perfiles transversales en los sitios donde el río Amazonas se encontraba en su totalidad, esto es entre Nazareth y el Parque Nacional Natural de Amacayacu, a la altura de la finca “La Libertad” es de anotar que allí fué el sitio donde se encontro la mayor profundidad con cerca de 55 m. y con caudales cercanos a 60.000 m³/s.

La última sección trasnversal (figura 45) que se levantó fué a la altura del k 88 entre la población de Naranjales del lado Colombiano y Cabalococha del lado Peruano, donde el río Amazoas va con un 95 % de su volúmen total.

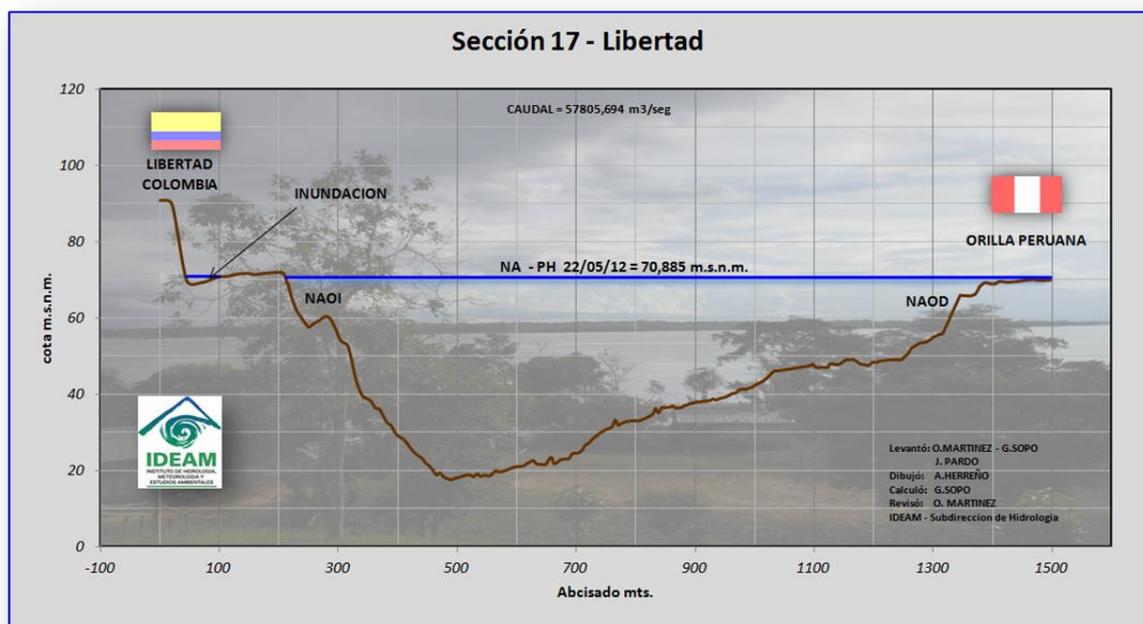
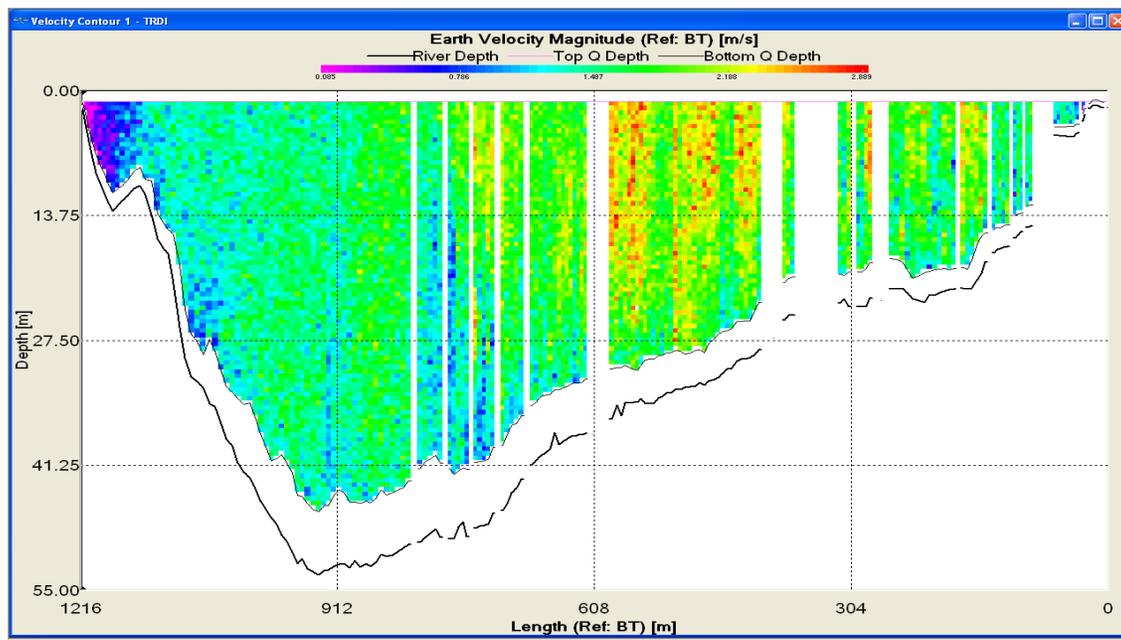


Figura 44. Perfil finca “La Libertad”. Donde se encontró la mayor profundidad 55 m.



Sección 17 Win River II

RESUMEN SECCION 17 LIBERTAD				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	57511.852	1286.18	37484.81	1.619
002	57302.392	1271.96	38630.76	1.567
003	58602.838	1274.21	39064.51	1.613
Promedios	57805.694	1277.45	38393.36	1.600

Cuadro resumen sección 17

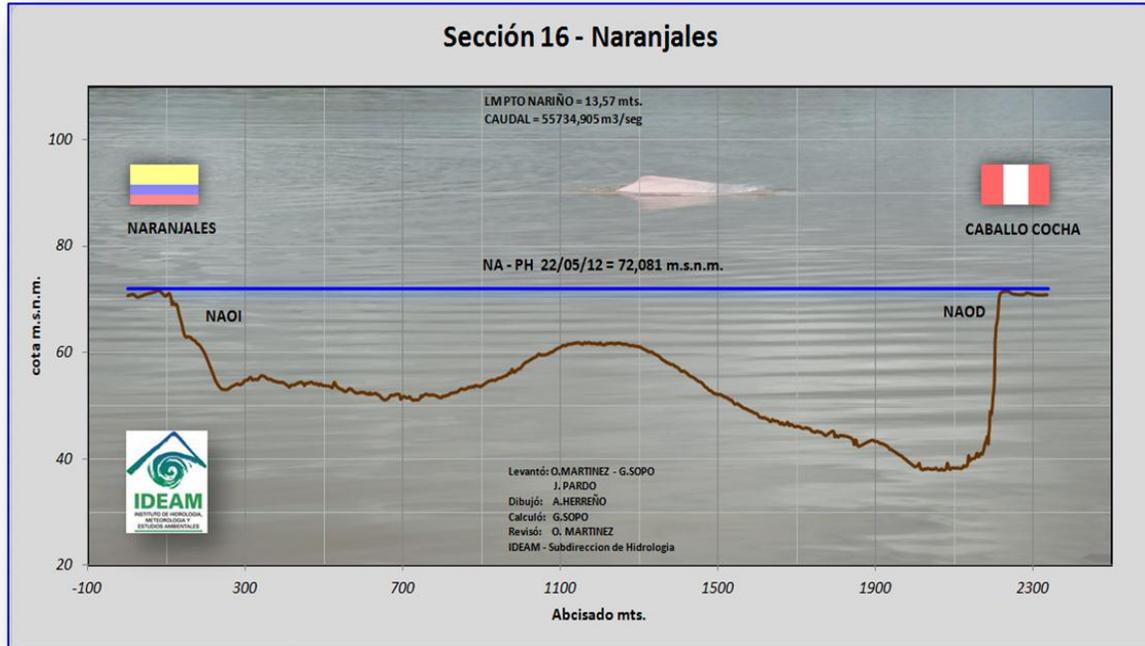
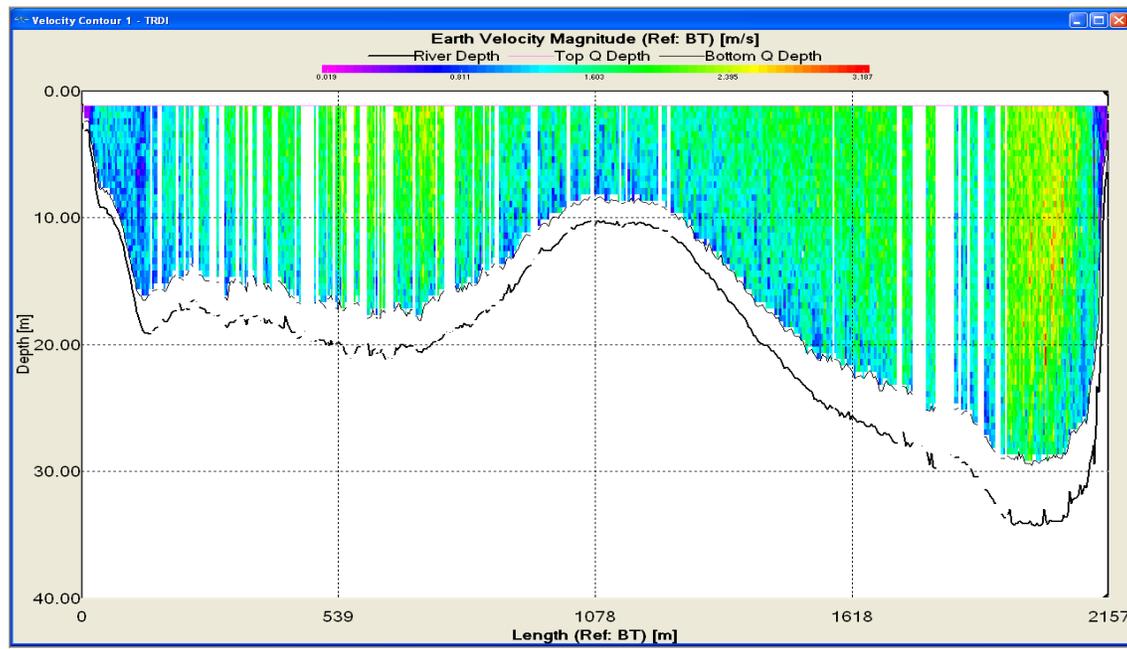


Figura 45 Sección entre Naranjales (Col) y Caballococha (Perú)



Sección 16 Win River II

RESUMEN SECCION 16 NARANJAL				
Transectos	Caudal	Ancho	Área	Velocidad
	m ³ /s	M	m ²	m/s
001	56541.214	2289.27	42663.21	1.550
002	52409.474	1780.87	34913.33	1.649
003	58254.027	2302.70	42826.96	1.593
Promedios	55734.905	2124.28	40134.50	1.597

Cuadro resumen sección 16

PROBLEMÁTICA DE LAS INUNDACIONES EN EL ÁREA URBANA DE LETICIA.

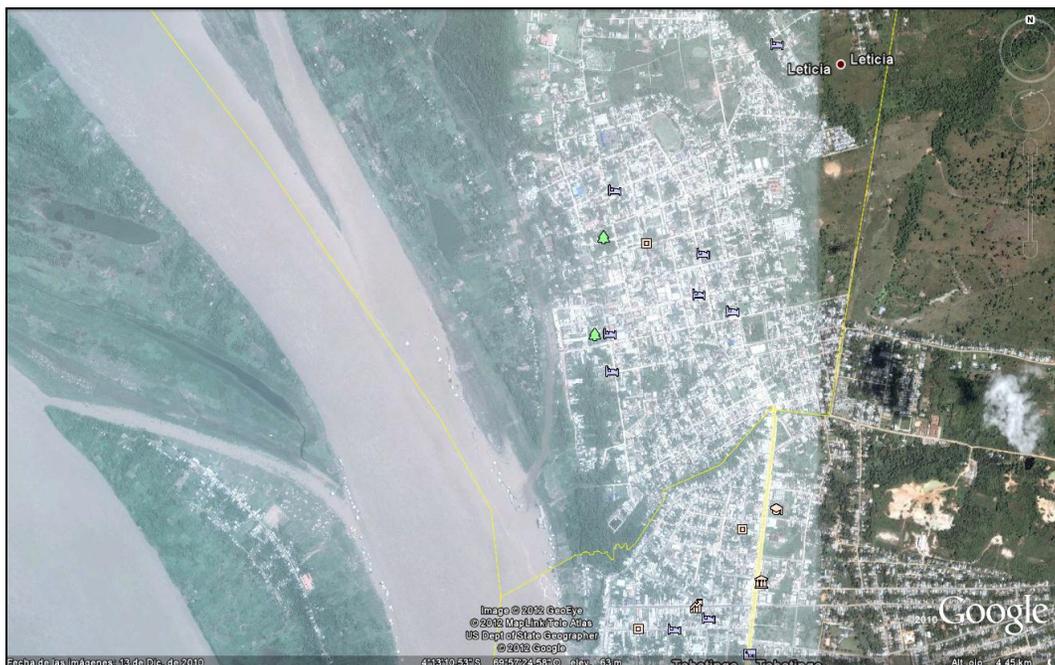


Figura 46. Imagen de Leticia Fuente: www.googleearth.com 9-08-2011

La población de Leticia se encuentra ubicada sobre una terraza de depósitos aluviales, cuya diferencia altitudinal entre dicha la terraza y los niveles máximos registrados en el 2012 son en promedio de 8 m, que se evidencian en todas las 11 secciones topográficas que se levantarán en campo, y con taludes muchos de ellos casi verticales.

Con el crecimiento y desarrollo urbanístico de la ciudad de Leticia, la población de menores recursos por diferentes motivos sociales y culturales ha invadido la zona geomorfológicamente llamada como lecho mayor del río y donde este reclama la ocupación solo en los años donde se reportan los máximos niveles y que corresponden a periodos de retorno entre 15 y 20 años.

A pesar que esta ocupación es realizada de manera desorganizada y espontánea, las viviendas allí asentadas son en su gran mayoría construidas en madera y de tipo Palafítico, con alturas sobre la base del terreno de cerca de dos metros, sin embargo durante los meses de abril y mayo de 2012 los altos niveles registrados superaron en cerca de 40 cm la base de estas casas, aun cuando estas viviendas de tipo palafítico se encuentran alzadas en cerca de dos metros en relación con la base del terreno; el tiempo de permanencia de la inundación fue de un poco más de un mes con afectación a dichas viviendas.

La quebrada que afecta directamente estos sectores es la quebrada o caño Yahuarcaaca que aunque en época de estiaje, prácticamente se seca, es en la época de niveles altos cuando hidráulicamente alcanza los niveles del río Amazonas afectando todo este vasto sector de viviendas y parte del comercio que se establece allí, incluso la reciente estructura de concreto de la plaza de mercado aun no inaugurada.

En la figura 47, se observa una foto Panorámica tomada desde el muelle flotante y mirando hacia “ Aguas arriba”, se aprecia la quebrada Yahuarcaaca en toda su magnitud, con anchos promedio entre 200-300 m , profundidades de 10-13 m. y un caudal entre 225 y 245 m³/s. en aguas altas. En niveles bajos y años “secos” los caudales se reducen considerablemente, y se puede cruzar prácticamente a pie según aseveraciones de los habitantes de la zona.



Figura 47. Foto Panorámica Caño Yahuarcaaca. Vista aguas arriba Mayo 2012

Los barrios que se encuentran en la zona de **alta amenaza por inundación** y que son frecuentemente afectados son Victoria Regia, y el sector El Aguila, estos están ubicados en el lecho mayor del río Amazonas. En las figuras siguientes de la 48 a la 51 se observan los diferentes taludes, con un grado de pendiente fuerte y con una altura de cerca de 9 m entre el nivel máximo alcanzado en el 2012 y en el lecho mayor del río y la terraza aluvial donde está asentada la población formal de Leticia.



Figura 48 Talud a la altura de la calle 4.



Figura 49 Talud a la altura de la calle 5.



Figura 50 Talud a la altura de la calle 9. Biblioteca Banco de la República.



Figura 51 Talud a la altura de la calle 15. Club de Sub-oficiales.

Es una constante que prácticamente todo el lecho mayor del río en el área urbana de Leticia, fué invadido por viviendas informales, comercio e incluso la plaza de mercado, las cuales durante un periodo de dos meses al año (abril-mayo) se ven afectadas por las inundaciones en aquellos años donde los niveles registran valores altos, como se aprecia en la figura 52.



Figura 52 Foto de la nueva Plaza de Mercado.

ESTADO DE LAS ESTACIONES HIDROLÓGICAS SOBRE EL RÍO AMAZONAS

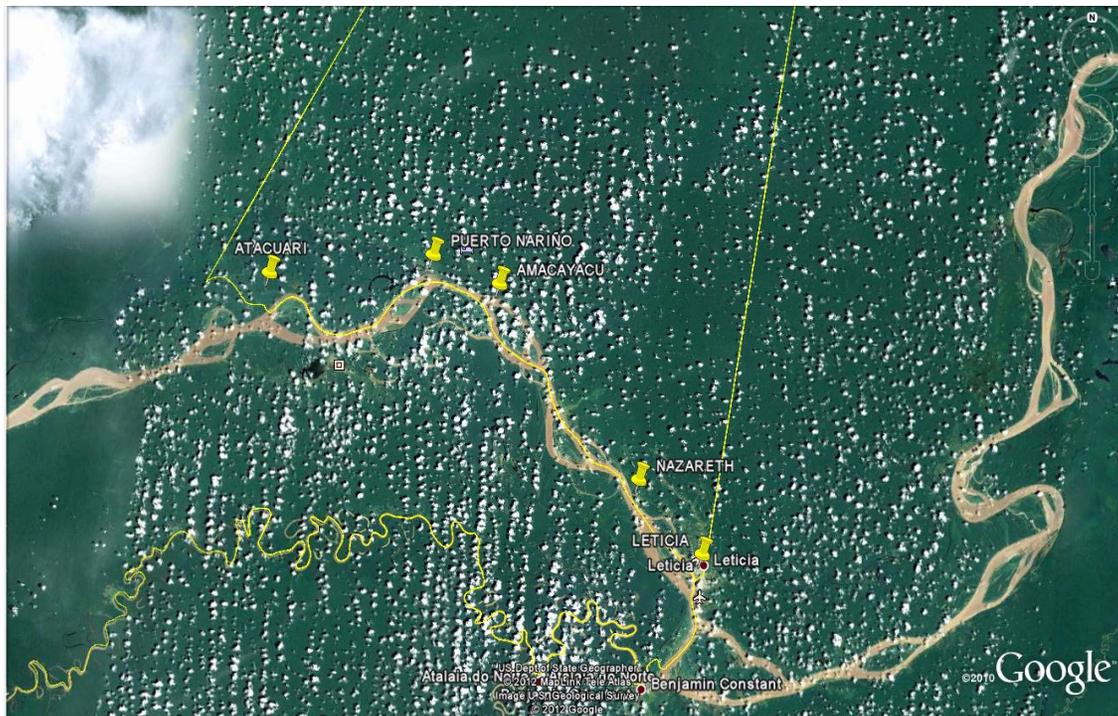


Figura 53 Imagen de la localización de las estaciones hidrológicas del IDEAM. Fuente www.googleearth.com 9-08-2011

Hasta hace a penas un año se contaba con cinco estaciones en el Amazonas, dos sobre el cauce principal, Leticia y Nazareth y las otras tres sobre la desembocadura de algunos afluentes del Amazonas: Amacayacu río Matamata, Puerto Nariño río Loretoyaco y Bocas de Atacuari río Atacuari, estas tres últimas fueron suspendidas recientemente.

El Ideam cuenta con datos históricos de caudales sobre el río Amazonas, sólo en la estación de Nazareth a 17 km. aguas arriba de Leticia y donde el río se puede medir en forme completa, sin embargo existen otros dos puntos donde eventualmente se podría medir todo el caudal del río Amazonas, esto es entre Nazareth y el Parque Amacayacu (finca la Libertad) y el otro ubicado a la altura de la población de Naranjales en el K88 y que se encuentra entre Puerto Nariño y Atacuari.

Debido a que la localización de las estaciones en los rios afluentes (Mata-Mata, Loretoyacu y Atacuari) las cuales se encuentra muy cercanos a la desembocadura del cauce principal del río Amazonas, hidraulicamente los niveles de estas estaciones corresponden en realidad al comportamiento del nivel del río Amazonas tanto en época de niveles altos como en época de aguas bajas, es decir se genera un remanso que dificulta la medición de caudales.

Debido a la ubicación e importancia estratégica del río Amazonas en el contexto global, a que el río mismo sirve de límite internacional, a que Colombia solo comparte 110 km de los casi 7000 km de longitud del río más caudaloso del mundo, a las connotaciones y efectos climáticos que pueda generar la mayor cuenca del planeta, se hace necesario un mayor conocimiento y un mayor monitoreo del río Amazonas; por lo que se recomienda que las tres estaciones suspendidas sean re-instaladas y/o re-ubicadas, más cuando ahora el IDEAM cuenta con equipos de última tecnología (ADCP) para la medición de los aforos, e inclusive se estudie la posibilidad de que al menos una de las estaciones sea automática con transmisión en tiempo real.

En la figura 54, se aprecia una gráfica comparativa del comportamiento de niveles diarios de los años 2009 y 2010, de las cinco estaciones que dispone el IDEAM en la zona, dos de ellas directamente sobre el río Amazonas Leticia y Nazareth, y tres ubicadas sobre los afluentes pero muy cercanas a su desembocadura. Donde se aprecia que a pesar que las estaciones Amacayacu (MataMata), Puerto Nariño (Loretoyaco) y Atacuari (Atacuari), si bien físicamente no se encuentran sobre el río Amazonas, sus lecturas de mira si corresponden al comportamiento del río Amazonas y naturalmente guardan total correspondencia durante todo el año tanto en época de niveles bajos como en los meses de aguas altas, esto debido a que se encuentran ubicadas a escasos metros de la desembocadura del cauce principal y su comportamiento hidrológico e hidráulico corresponde al río Amazonas, razón por la cual fueron suspendidas

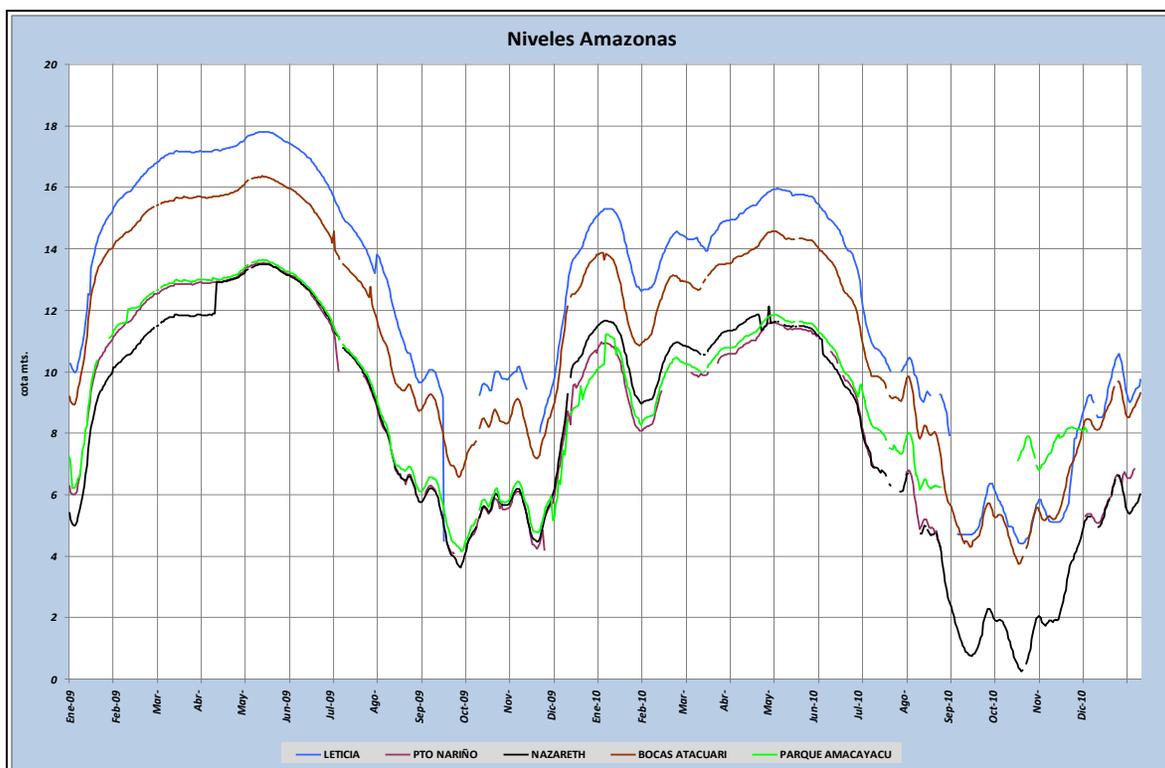


Figura 54. Gráficas comparativas de las cinco estaciones del IDEAM en el río Amazonas.

Estación de Leticia. Estación activa. Ubicada en el muelle de Leticia sobre el río Amazonas, se toman datos de niveles, no se realizan aforos puesto que la sección no lo permite. El nivel máximo alcanzado fue de 18.48 m el 26 de abril de 2012 (figs. 55 y 56).

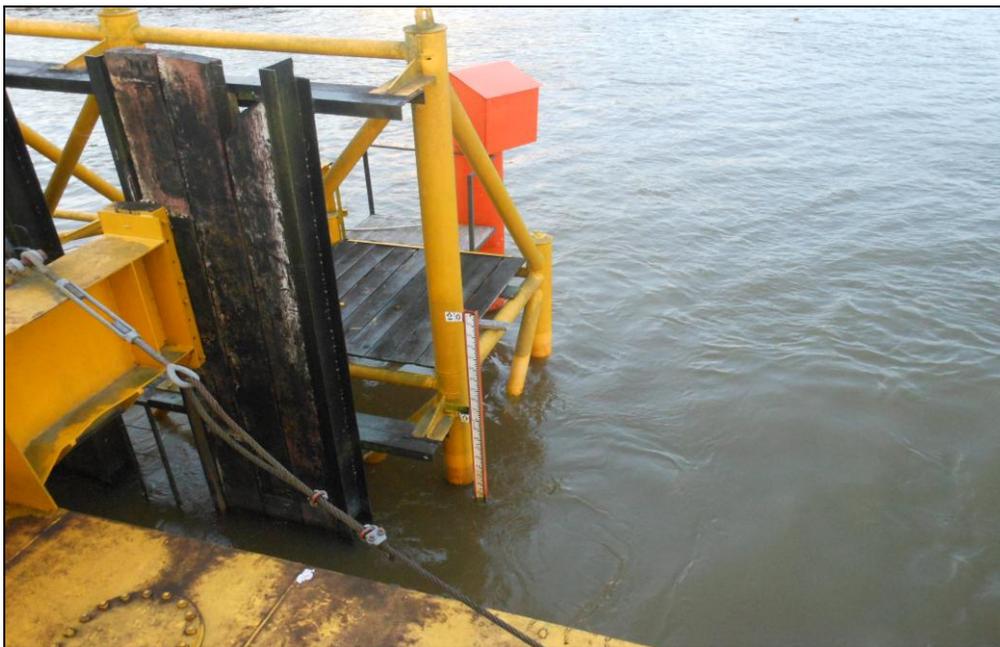


Figura 55 Estación de Leticia sobre el Muelle

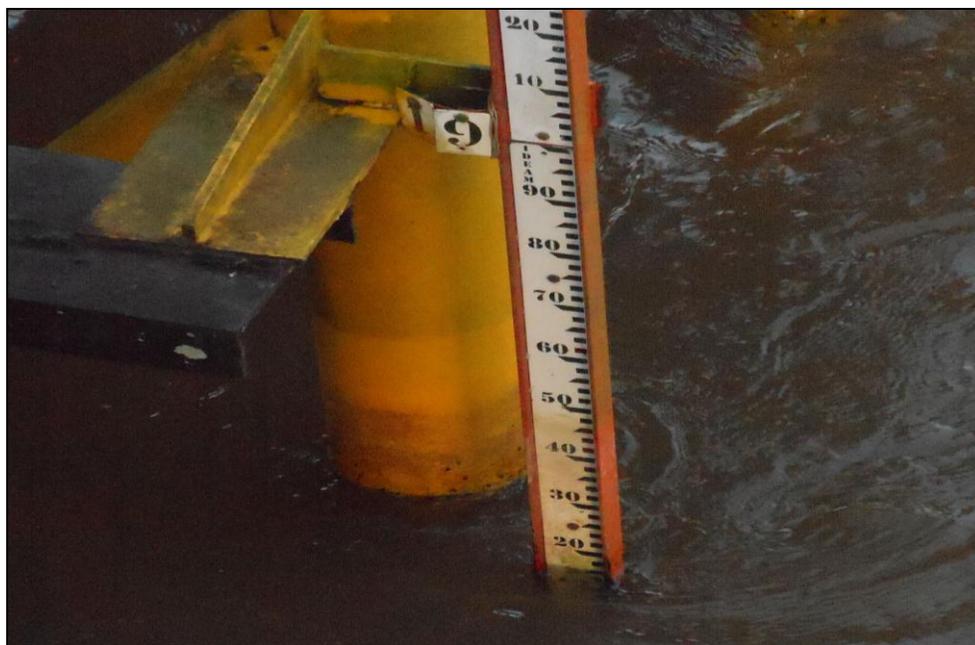


Figura 56 Huella del nivel máximo alcanzado Abril de 2012 18.48 m

Estación de Nazareth. Estación Activa. La estación queda ubicada a 17 kms aguas arriba de Leticia, en este sector el río Amazonas no tiene islas, por lo que es allí donde se realizan los aforos respectivos. En la foto de la figura 57 se observa que todo el sector estaba completamente anegado con una lámina de agua superior a un metro.



Figura 57 Estación de Nazareth.

Estación Amacayacu. Estación suspendida. Estacion hidrológica limnimétrica (LM) queda ubicada sobre la quebrada Mata - Mata y a solo 100 m de la desembocadura al río Amazonas. En abril-mayo de 2012 practicamente todas las instalaciones del Parque Amacayacu sufrieron afectaciones por los altos niveles del río Amazonas. En la foto de la figura 58 se aprecia la huella que dejo los niveles máximos de este año.



Figura 58 Estación LM Amacayacu.

Estación de Puerto Nariño. Estación suspendida. Estación hidrológica limnimétrica (LM) queda ubicada sobre el río Loreto-Yaco a unos 300 m de la desembocadura al río Amazonas. En abril-mayo de 2012 se vieron afectadas las casas que quedan ubicadas en las partes más bajas y aledañas al río en el casco urbano y la cancha de fútbol. Las miras quedan localizadas debajo del muelle de Puerto Nariño.



Figura 59 Estación LM Puerto Nariño.

Estacion de Bocas de Atacuari. Estación suspendida. Estacion hidrológica limnimétrica (LM) queda ubicada sobre el río Atacuarí cerca de la desembocadura al río Amazonas.



Figura 60 Estación de Atacuari. Foto tomada en Marzo 2011 por comisión Área Operativa 11

CALCULO DE COTAS CEROS MIRAS IDEAM.

Se calcularon las cotas ceros de las estaciones de las estaciones activas de Leticia y Nazareth, para ello se partió del vértice del IGAC GPS 004 LETICIA con cota 76.60 m.s.n.m. y localizado dentro de las instalaciones de la Electrificadora de Leticia.

Cota cero de Leticia: 51.63 m.s.n.m

Cota cero Nazareth: 56.33 m.s.n.m.

NIVELES DE AFECTACIÓN AREA URBANA DE LETICIA.

Para el sector de El Águila y el barrio Victoria Regia, ubicados en las zonas de afectación del río Amazonas, se tiene una cota de afectación de 17.7 m relacionado a la lectura de mira del Ideam localizada en el muelle de Leticia y que corresponde a una cota sobre el nivel del mar de 69.33 m.s.n.m.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Colombia solo comparte 110 km del río Amazonas con el Perú, de los casi 7000 km de longitud que tiene el río Amazonas.

Los niveles/Caudales del año 2012 fueron los más altos de toda la serie histórica que se tiene registrada (desde 1987), sin embargo no son los niveles más altos según información de nativos y colonos de hace cerca de 40 años.

El nivel máximo se registró el 26 de abril de 2012 con un valor de mira de Leticia de 18.48 m.

La cota cero de la mira de Leticia es de 51.63 m.s.n.m

El nivel de afectación sobre dato de mira es 18.0 que corresponde a 69.63 m.s.n.m

El caudal máximo medido fue cercano a los 60.000 m³/s (El río Magdalena en diciembre de 2010 en Barranquilla fue de 17.000 m³/s).

Se midieron profundidades cercanas a los 55 m, en el sector conocido como Finca La Libertad.

El Ideam cuenta con cinco estaciones hidrológicas, tres de ellas suspendidas temporalmente.

El muelle flotante de Leticia en época de niveles bajos se seca completamente.

En el sector de la población de Nazareth, ubicada a 17 km de Leticia, según los perfiles transversales medidos (4) y debido a que el río Amazonas en este punto va completo, se garantiza un flujo permanente de caudal y no se tendrían los problemas en época de aguas bajas.

Se recomienda, en el evento que en el sector de Nazareth se decida la construcción de un muelle, realizar una batimetría detallada de al menos 100 metros entre cada sección levantada.

La propuesta de dragado del brazo central cerca y aguas abajo de Nazareth, debe estudiarse con mejor detalle debido a los altos costos que esto conlleva y a la cantidad de material que implicaría un sitio para su disposición final

Los barrios que se ven afectados con los niveles altos del Amazonas (Victoria regia y el sector El Águila) se encuentran ubicados geomorfológicamente en el lecho mayor del río, incluso la plaza de mercado nueva, todas estas viviendas emplazados allí, se ubican en la zona determinada como de **amenaza alta** por inundaciones

A pesar que estas casas ubicadas a orillas del Caño Yahuaraca, son de tipo Palafítico, y están emplazadas en más de un metro sobre el terreno, en este evento del 2012 los niveles superaron en casi 40 cm la base de las casas.



La diferencia en altura entre la base del lecho mayor y la terraza aluvial donde esta emplazada Leticia es de cerca de 9 m, por lo que todas las viviendas que se encuentran ubicadas en este lecho mayor se encuentran en una zona susceptible a inundaciones y con alta amenaza por inundación como es muy claro en Leticia.