

## **OPTIMIZACIÓN DE LA TRAZA DE LA VÍA NAVEGABLE SANTA FE – CONFLUENCIA POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE DATOS AIS**

CÁCERES, R. A.<sup>1</sup>, GÓMEZ, C. E.<sup>1</sup>, Y MARPEGAN, M.<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se aborda la optimización de la traza de la vía navegable Santa Fe – Confluencia mediante la aplicación de datos AIS (Sistema de Identificación Automática). Dicha vía navegable se desarrolla en los tramos medio y superior del Río Paraná con más de 600 km de longitud, y forma parte de un sistema que comunica el tráfico barcadero hacia y desde el Río Paraguay y Alto Paraná con los puertos Fluvio - Marítimos de Argentina y Uruguay. La actividad económica principal de estas rutas navegables, está asociada a las producciones de carácter primario (granos y minerales), la carga general en contenedores y combustibles. El tráfico está dominado por el movimiento de convoyes de barcazas, y en menor medida por embarcaciones autopropulsadas con capacidad de carga (barcazas tanque y buques portacontenedores o de carga general).

En el presente trabajo se realizó el seguimiento de las derrotas de embarcaciones a partir de datos de AIS, determinándose las características principales de la navegación tanto hacia aguas arriba como hacia aguas abajo, rutas frecuentes dentro del curso del río, zonas críticas para las embarcaciones, y los anchos de navegación frecuentes y máximos utilizados en diferentes tramos del río.

Con estos resultados se realizaron diferentes mejoras al diseño original de la vía navegable en términos de servicio a los usuarios y seguridad a la navegación. En efecto, mejor servicio y una navegación más segura permiten disminuir los riesgos de varaduras, las colisiones con el balizamiento y abordajes, así como una reducción de las interrupciones que sufrían las embarcaciones durante sus viajes por las dificultades de maniobra en ciertos pasos críticos. Es decir, se contribuye a un sistema más predecible, y por lo tanto, más eficiente económica y ambientalmente.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Para el diseño y gestión de vías navegables fluviales deben considerarse aspectos relacionados con las características morfológicas e hídricas de los ríos, el tráfico esperable y factores ambientales del medio antrópico y natural. En términos de cambios morfológicos, los cambios de profundidad en el curso o la generación temporaria de depósitos de sedimentos, exige a los responsables del mantenimiento de dichas vías un monitoreo constante y suficiente capacidad de respuesta para mantener operativa la ruta navegable. Por otra parte, respecto del tráfico esperable deben considerarse las características de los diferentes tipos de embarcaciones que utilizan la vía navegable. Particularmente, en vías fluviales debe tenerse presente las diferencias de capacidad de maniobra que poseen los buques y los convoyes de carga (un empujador que lleva un grupo de barcazas, convoy, respecto de los buques autopropulsados tiene una capacidad de maniobra muy restringida, situación que se agrava en proporción directa al aumento de la cantidad de barcazas, toneladas de carga, y el sentido de navegación).

---

<sup>1</sup> Gerencia de Balizamiento, Hidrovía SA

De esta manera, el responsable del mantenimiento de la vía navegable además de tener que contar con equipos de dragado y señalización, debe contemplar también otras tareas, como lo son la ejecución de relevamientos batimétricos y estudios. Los relevamientos proveen un importante volumen de información que permite el proyecto, operación, y mantenimiento de una vía navegable. Esto requiere la utilización de recursos por parte del responsable de la ruta de navegación y una amplia variedad de embarcaciones y equipos para dichas tareas. Asimismo, con el objeto de mejorar la eficiencia y la seguridad de la navegación en ambientes fluviales, se han desarrollado diferentes herramientas para el seguimiento de las embarcaciones que se desplazan por las vías navegables. En este sentido, el Sistema de Identificación Automática (AIS, por sus siglas en inglés) es un sistema automatizado que se instala en embarcaciones y emite datos, vía VHF, sobre su ubicación espacial y características propias de navegación, en forma continua y sin intervención de la tripulación.

Por sus características y capacidad el Sistema de Identificación Automática se ha convertido en una poderosa herramienta que contribuye a la seguridad de la navegación y a la eficiencia en la gestión del tráfico marítimo. En efecto, una gran cantidad de puertos en el mundo lo utilizan para garantizar la seguridad a la navegación, sobre todo en lugares con canales de acceso estrechos donde la enfilación dada a las embarcaciones debe ser muy precisa o bien el efecto de borneo de las boyas tiende a restringir el ancho navegable. Asimismo, mediante la herramienta AIS se puede operar en canales con condiciones meteorológicas que anteriormente a la implementación de este sistema no era factible.

Las rutas navegables Paraná – Paraguay y Paraná – Alto Paraná forman un sistema que comunica el tráfico marítimo que ingresa por el Río de la Plata en Argentina, con el transporte fluvial por barcas hacia y desde Bolivia, Brasil y Paraguay. La navegación de tipo marítima se produce hasta la ciudad de San Martín con 34 pies de calado, luego se convierte en fluvio-marítima con 25 pies de calado hasta la ciudad de Santa Fe, y finalmente pasa a 10 pies de calado para la ruta barcacera hasta el Río Alto Paraguay y Alto Paraná. En el presente trabajo, se aborda el diseño de la vía navegable desarrollada en el tramo del río Paraná ubicado entre la ciudad de Santa Fe y la confluencia del Río Paraná con el Río Paraguay (Figura 1.1).

La actividad económica principal de esta ruta navegable, está asociada a las producciones de carácter primario (granos y minerales), la carga general en contenedores y combustibles. Paraguay y Bolivia desarrollan su comercio internacional casi exclusivamente a través de la ruta navegable mencionada. En efecto, el mayor volumen de carga que circula por el tramo Santa Fe – Confluencia proviene de puertos situados sobre los ríos Paraguay (cerca de la ciudad de Asunción, y más al norte en Corumbá) y por el Alto Paraná (cerca de la ciudad de Encarnación). Asimismo, se produce un importante flujo de cargas desde Argentina y Uruguay, hacia Paraguay con combustibles, contenedores y carga general.

El volumen de carga en el tramo Santa Fe – Confluencia se encuentra en permanente crecimiento desde 1996, el cual pasó gradualmente de 3,7 a 20,1 millones de toneladas en 2013. Esto genera un importante movimiento de convoyes con graneles sólidos y barcas tanque. En el año 2013 se registraron más de 13.000 viajes de barcas.

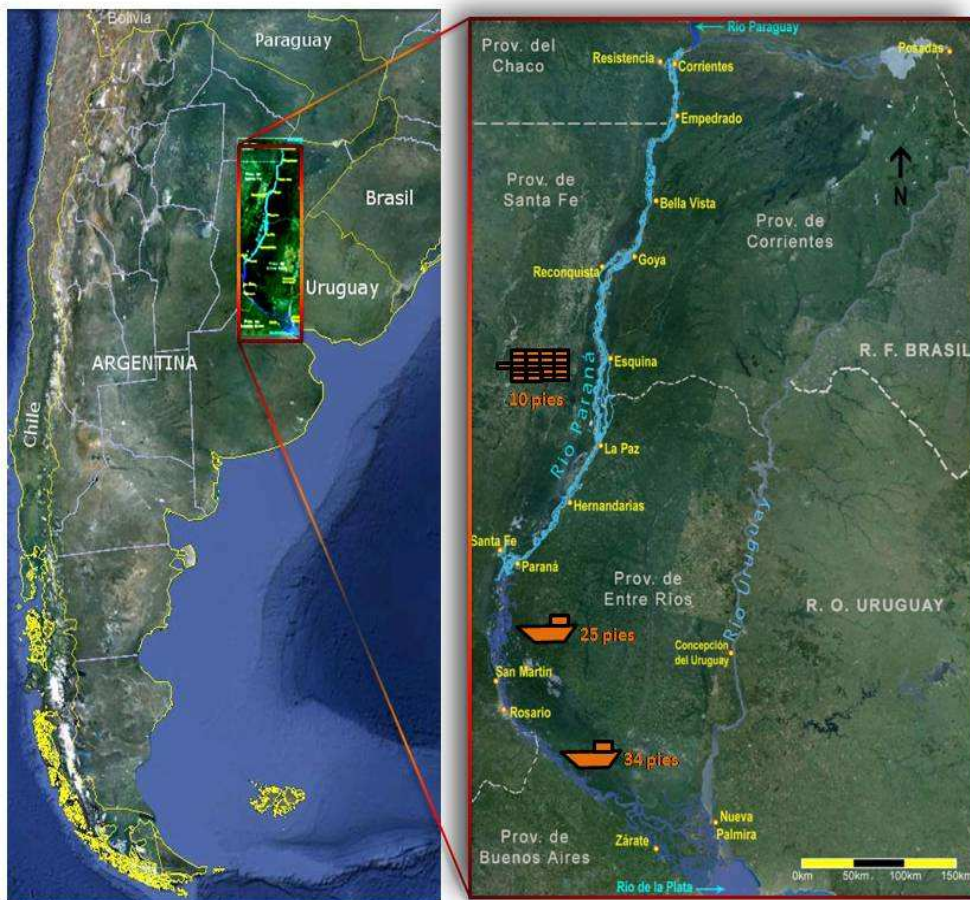


Figura 1.1: Ubicación de la vía navegable desarrolla en el Río Paraná. En la figura se indican los calados navegables: 34 pies hasta San Martín, 25 pies hasta Santa Fe y 10 pies la ruta barcazera hacia el norte

La traza de la vía navegable Santa Fe - Confluencia fue diseñada mediante una línea imaginaria compuesta por una sucesión de tramos rectos de distinta longitud unidos por curvas. Para materializar dicha traza se ejecutan tareas de dragado en sectores con menor profundidad a la de diseño (10 pies de calado navegable más 2 pies de margen de seguridad), y se instaló un sistema de señalización para delimitar las zonas navegables.

El eje de navegación definido en el diseño es dinámico, ya que el mismo se ajusta frecuentemente para obtener un canal seguro para las embarcaciones, eficiente en cuanto al volumen de obra y ambientalmente sustentable. Para realizar estas modificaciones se deben realizar relevamientos batimétricos, medición de niveles hidrométricos y el seguimiento de las rutas de navegación o derrotas de las embarcaciones con herramientas como el AIS.

En este trabajo se presenta el proceso de gestión y mejoras implementadas sobre la traza de la vía navegable Santa Fe – Confluencia. Particularmente se muestran algunas medidas implementadas a partir del análisis de datos AIS de embarcaciones. Asimismo, debido a que la navegación en este tramo de la Vía Navegable está basada en la antigua modalidad de baquía (conocimiento práctico del río y sus atajos), para las modificaciones de la traza original o la posición de las señales también se tuvieron en consideración los requerimientos de los Capitanes y Patrones.

## 2. METODOLOGÍA

Tal como se indicó anteriormente, una de las herramientas utilizadas para los diferentes ajustes de la traza Santa Fe – Confluencia fue el Sistema de Identificación Automática. La información suministrada por el AIS se divide en datos dinámicos y estáticos: entre los primeros se encuentran la posición, el rumbo y la velocidad de navegación, mientras que los datos estáticos corresponden al nombre, matrícula, tipo de buque y dimensiones. Los objetivos generales del sistema son:

- Identificar buques
- Ayudar al seguimiento de blancos u objetivos radar
- Simplificar y promocionar el intercambio de información
- Proporcionar información adicional para evitar abordajes
- Reducir las órdenes verbales en el buque

En definitiva el seguimiento de los buques mediante la herramienta AIS ofrece los siguientes beneficios:

- Información altamente precisa
- Proporcionada casi en tiempo real
- Capacidad de presentar alteraciones instantáneas del curso
- No está sujeto a pérdida de objetivos en medio de una confusión o maniobras rápidas
- Capacidad de mostrar los buques en situaciones de vueltas encontradas y detrás de islas
- Se puede predecir perfectamente la posición exacta de encuentro entre dos embarcaciones (ETA)
- Conocer de antemano y sin interacción de la tripulación, el origen y destino de la embarcación

Para el presente trabajo se utilizó una base de datos del año 2013. Se realizó una identificación de embarcaciones (empujadores y buques) que navegaran tanto hacia aguas abajo como hacia aguas arriba, en distintos tramos del Río Paraná entre Santa Fe y Confluencia.

La identificación de las embarcaciones y su dirección de navegación se realizó empleando criterios dinámicos y analíticos, mediante software especializados. Luego la información de cada una de las embarcaciones seleccionadas, fue correlacionada con el tipo y volumen de carga, niveles del río y características de la embarcación o convoy. Para ello, se utilizaron los registros de tráfico de la Prefectura Naval Argentina y datos de niveles hidrométricos del río.

### 3. RESULTADOS

De la base de datos de AIS, se analizaron 54 recorridos que incluyeron convoyes de barcazas con graneles secos (soja, maíz, mineral de hierro), granel líquido (combustibles), y con contenedores. Para cada una de las embarcaciones elegidas se graficó la derrota, y se identificaron el sentido de navegación, velocidad y tipo de carga. Estos resultados están detallados en el Anexo 1.

De los recorridos analizados, el tráfico predominante es el barcacero, donde comúnmente está formado por un remolcador o empuje y 20 barcazas. Este número de barcazas llega hasta un máximo de 36 barcazas desde un mínimo de 2 barcazas, en función del origen/destino y del tipo de carga que se transporte. Agrograneles, mineral de hierro y manganeso, son transportados en formaciones de gran número de barcazas y en dirección aguas abajo. Su retorno se realiza con barcazas en lastre y/o transportando fertilizantes, cemento, entre otros. Caso contrario, hidrocarburos, carga general y/o contenerizada es transportada en formaciones de menor número, en ambas direcciones (los hidrocarburos, son transportados hacia aguas arriba). El otro tráfico observado, buques fluvio-marítimos, transportan carga general, contenedores o hidrocarburos.

De igual forma se observaron las velocidades máximas y promedio de navegación, desarrolladas en el sector de interés. Estas varían en función de la dirección de navegación y el tipo de tráfico. En el caso barcacero, se alcanzaron velocidades promedio hasta de 8 y 5 nudos, en dirección aguas abajo y aguas arriba, respectivamente (no se incluyen los convoyes de menos de 4 barcazas, los cuales alcanzaron velocidades promedio hasta de 10 nudos). Los buques fluvio-marítimos, dada su maniobrabilidad, pueden desarrollar velocidades mayores. En este caso alcanzaron velocidades promedio de 10 y 6 nudos, en dirección aguas abajo y aguas arriba, respectivamente.

Asimismo, se realizó un análisis de los niveles hidrométricos registrados en el año 2013 a fin de correlacionar las derrotas de las embarcaciones durante las operaciones con las profundidades disponibles en los tramos analizados. Se observa que el nivel del río en la zona de la Paz estuvo el 99 % del tiempo analizado por encima del nivel de referencia<sup>2</sup>, 97 % del tiempo analizado 1 pie por arriba del nivel de referencia, y el 95 % del tiempo 2 pies por arriba del nivel de referencia (Figura 3.1).

---

<sup>2</sup> El nivel de referencia es un nivel hidrométrico base, empleado en las tareas de dragado de la Vía Navegable, y corresponde en este caso al nivel excedido el 92.5 % del tiempo de la serie 1970-1997.

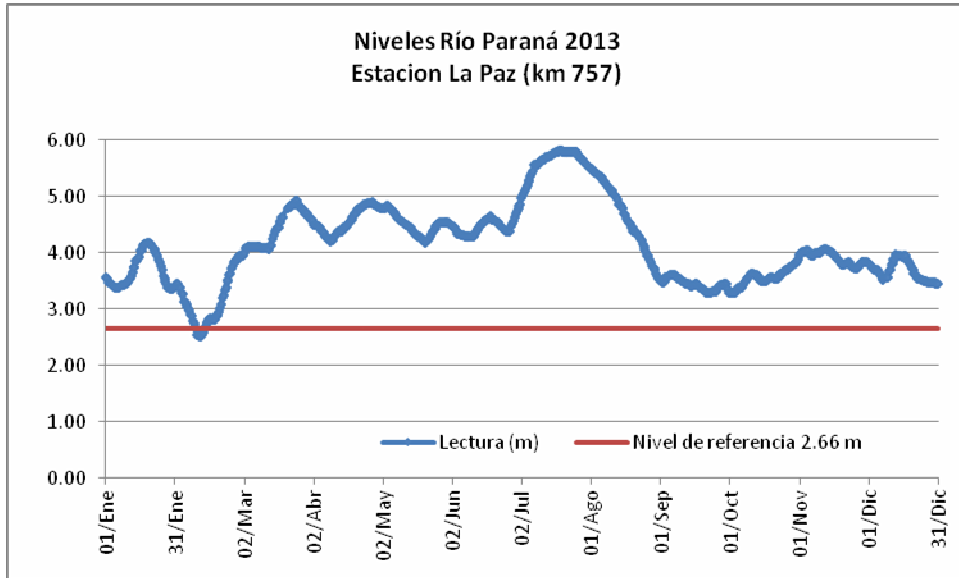


Figura 3.1: Niveles del río Paraná, estación La Paz, Año 2013. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Prefectura Naval Argentina

De igual forma, se observa que el nivel del río en la zona de la Reconquista estuvo el 88 % del tiempo analizado por encima del nivel de referencia, 65 % del tiempo analizado 1 pie por arriba del nivel de referencia, y el 46 % del tiempo 2 pies por arriba del nivel de referencia (Figura 3.2).

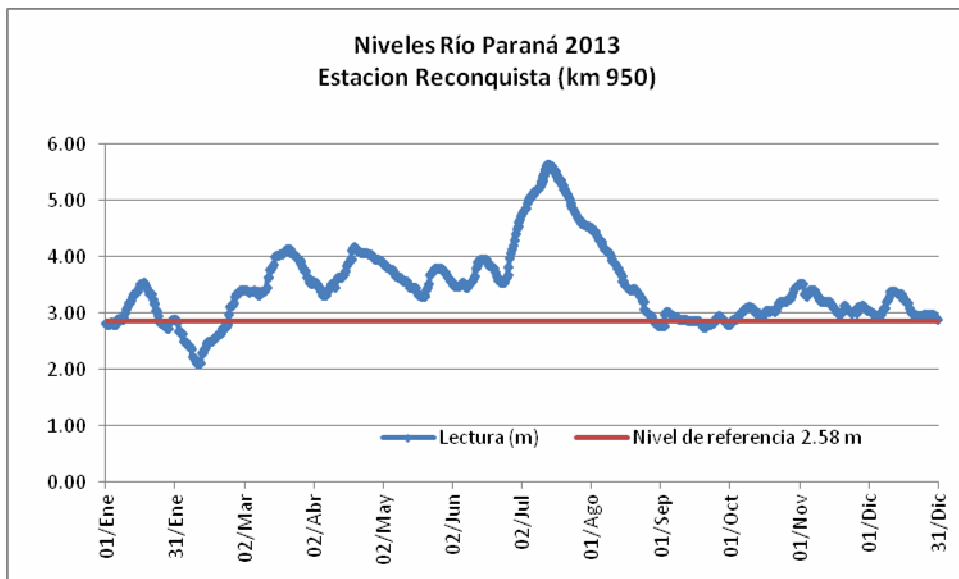


Figura 3.2: Niveles del río Paraná, estación Reconquista, Año 2013. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Prefectura Naval Argentina

En el caso de Corrientes, se observa que el nivel del río estuvo el 99 % del tiempo analizado por encima del nivel de referencia, 96 % del tiempo analizado 1 pie por arriba del nivel de referencia, y el 88 % del tiempo 2 pies por arriba del nivel de referencia (Figura 3.3).

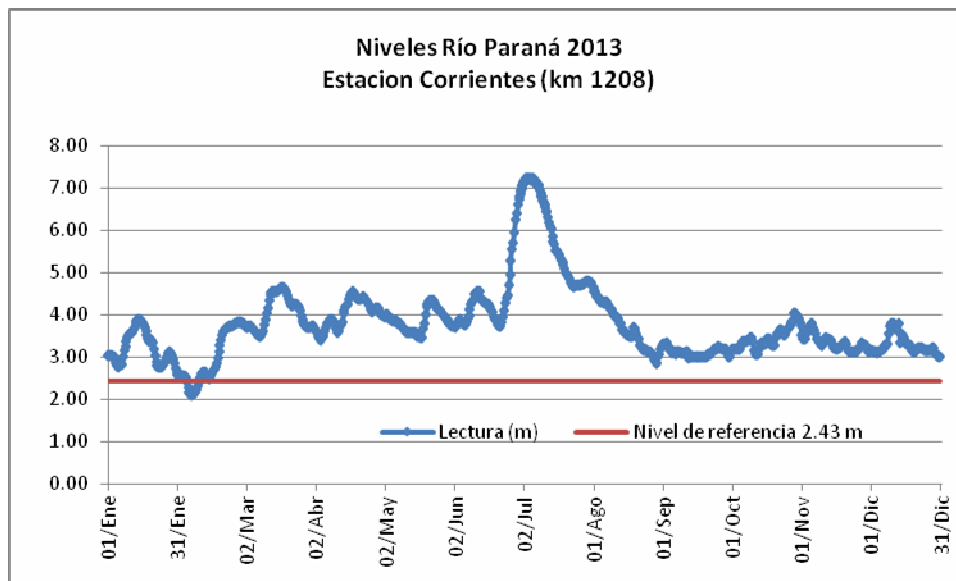


Figura 3.3: Niveles del río Paraná, estación Reconquista, Año 2013. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Prefectura Naval Argentina

Con lo cual, en gran parte del tiempo del periodo analizado, la profundidad disponible en la vía navegable fue mayor a los 14 pies.

#### 4. DISCUSIÓN

Tal como se indicó en el capítulo anterior, el diseño de la vía navegable es dinámico y requiere un permanente monitoreo. En efecto, en el año 2013 en la Vía Navegable Santa Fe – Confluencia se realizaron más de 40 ajustes de la traza, los cuales incluyeron rectificaciones, adecuaciones de señales y cambios de eje.

Una rectificación se realiza generalmente en zonas donde existen una curva y contracurva sucesivas, y en la cual la maniobra de navegación tiende a ser forzada. En este caso, las embarcaciones realizan una navegación por una traza rectilínea, con profundidades que no son las mayores del tramo pero sí superan la profundidad de diseño (sobre todo cuando los niveles del río se encuentran por encima del valor de referencia). Este tipo de operaciones puede identificarse fácilmente mediante el seguimiento de datos AIS.

Estas modificaciones en la traza deben ser analizadas desde el punto de vista geométrico y técnico, dado que para poder formalizar una adecuación en la traza debe respaldarse con la información de los usuarios sobre sus navegaciones de inspección, las cuales en general son hacia aguas arriba cuando navegan en lastre y tienen mejor capacidad de maniobra. También deben hacerse un relevamiento completo con una ensonificación superior al 95 % de la zona en estudio.

Luego con la incorporación de la herramienta AIS pueden evaluarse las derrotas y la representación exacta de las embarcaciones, la conformación del convoy, rumbo, uso de canal, etc. De esta manera se logra un diseño confiable basado en datos reales, calibrado por las navegaciones analizadas, y validado por el proceso de intercambio de información y criterios con los capitanes y patrones usuarios de la Vía Navegable.

En el segundo caso, se realiza una reubicación de las señales sin alterar el eje del canal, con el objetivo de optimizar la demarcación del mismo y poder orientar de mejor forma al navegante. Por ejemplo, en el entropaso Cordillate – Isla del Selzo, la boya verde km 885, se reubicó 500 m aguas abajo, permitiendo una mejor entrada y/o salida de la curva (Figura 4.1).

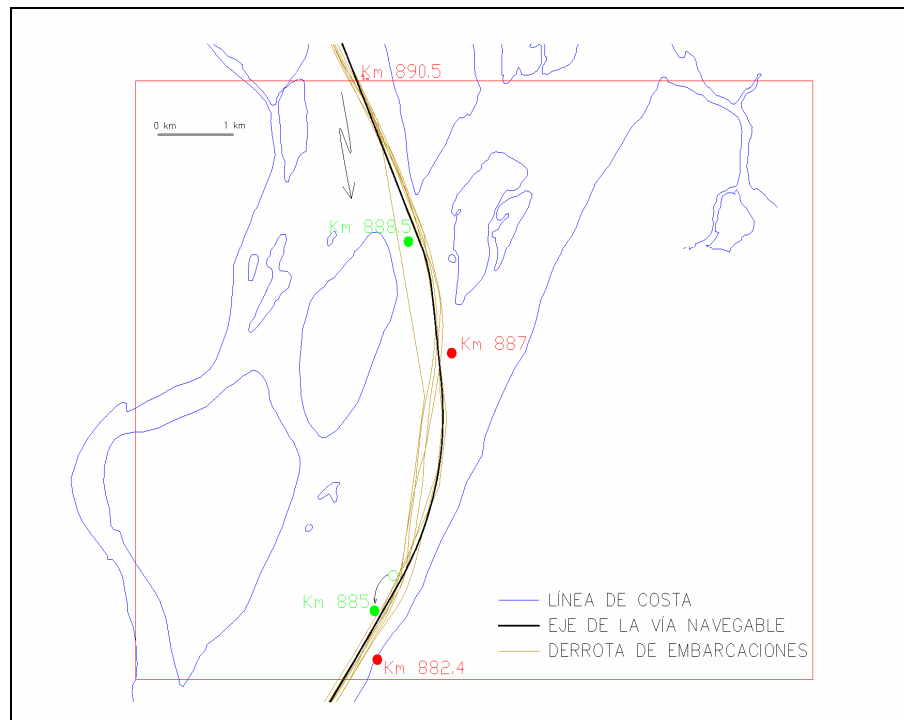


Figura 4.1: Entropaso Cordillate – Isla del Selzo, reubicación de boya km 885.

En el tercer caso, ya sea por avance de bancos o zonas de navegación frecuente, se presenta la necesidad de realizar una modificación significativa de forma o posición del eje de navegación a una nueva traza dentro del mismo cauce o en otro brazo. Para materializar esta modificación se realiza también una reubicación y ajuste de las señales existentes en el tramo en estudio.

En el paso Abajo Urquiza (km 611), el eje original del canal se encontraba en el brazo de mayor profundidad del tramo del río (Figura 4.2). Esta traza obligaba a las embarcaciones a realizar una maniobra con una curva muy pronunciada. A fin de ajustar la traza a las condiciones reales de navegación, se realizaron relevamientos en dicha zona y se constató que, aunque sus profundidades eran menores respecto al brazo izquierdo, con una intervención menor de dragado se podría cumplir con la profundidad de diseño y con la adecuada reubicación del sistema de señalización, se mejoraría la navegación suavizando la maniobra y acortando la distancia (Figura 4.3).

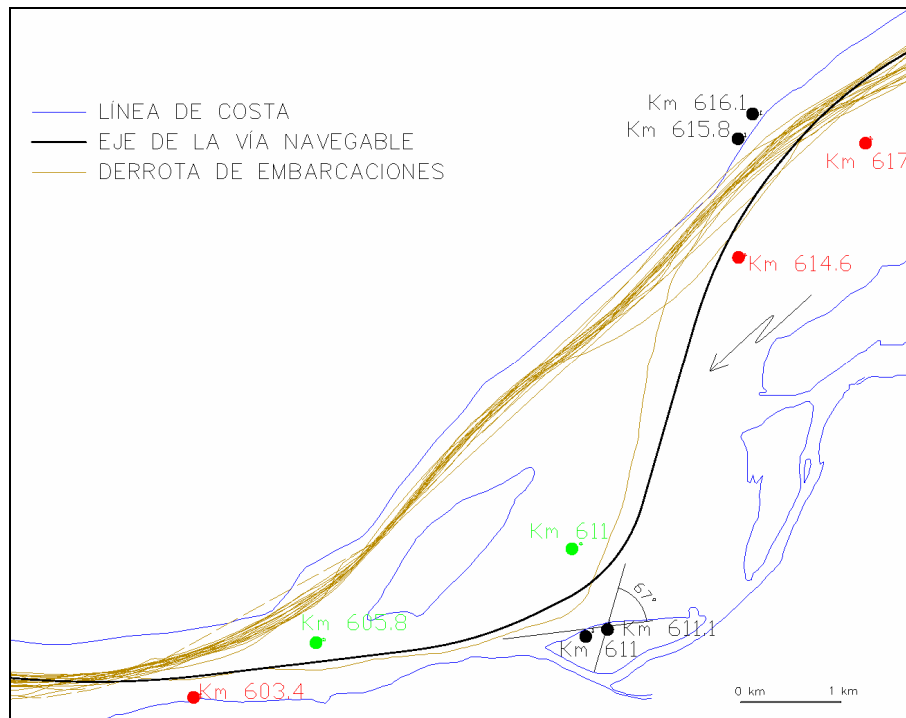


Figura 4.2: Paso Abajo Urquiza, traza original de la vía navegable y derrotas de embarcaciones

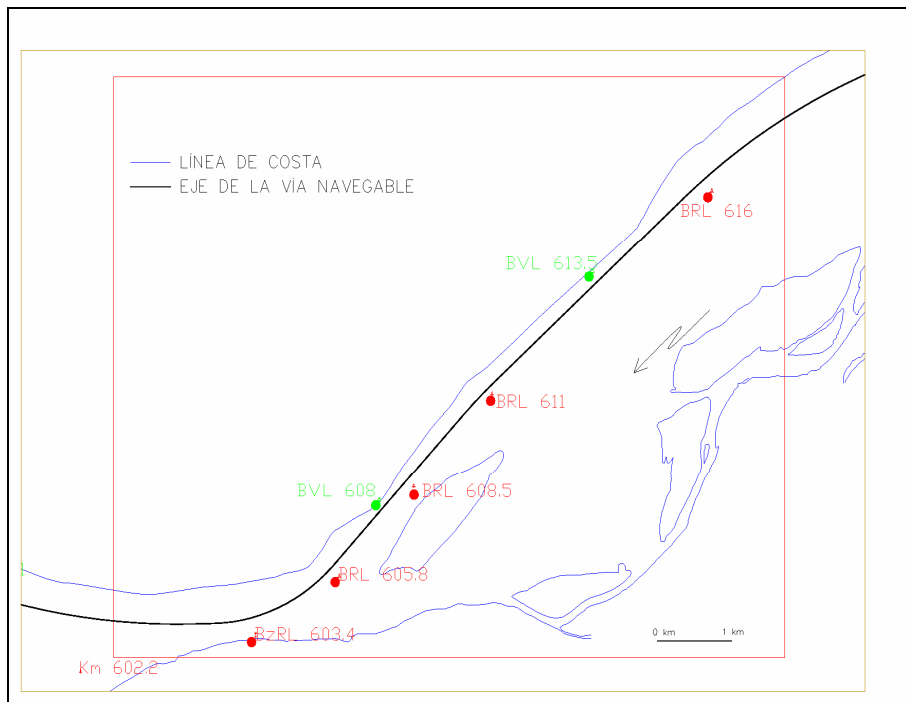


Figura 4.3: Paso Abajo Urquiza, traza ajustada de la vía navegable

En el caso del Paso Cordillate (km 873), se trata de una zona con cambios morfológicos significativos. En efecto, el eje inicialmente se encontraba alejado de la costa (margen izquierda) ya que se evitaba la posición de un banco de arena ubicado en el centro del curso (Figura 4.4). Debido a la evolución natural del banco sobre el canal de navegación (desplazamiento de margen izquierda hacia margen derecha) y que a su vez presentaba una configuración a pique con valores de profundidad de 1.6 m en el veril llegando a 0 m en tan solo una distancia de 30 m transversalmente al mismo, fue necesario realizar sucesivas adecuaciones de la traza para evitar dragado excesivos. Con el paso del tiempo, y mediante relevamientos de control en el tramo, se observó que el curso presentaba profundidades adecuadas en la margen izquierda cercano a la costa, lo que permitía trasladar el canal a ese sector (Figura 4.5). Los cambios de traza a un nuevo eje por avances de bancos sobre el canal de navegación, es una situación que se presenta con cierta frecuencia en la Vía Navegable y la misma puede ser detectada a través de relevamientos de control permanentes, y mediante el seguimiento de las derrotas de las embarcaciones registradas con AIS.

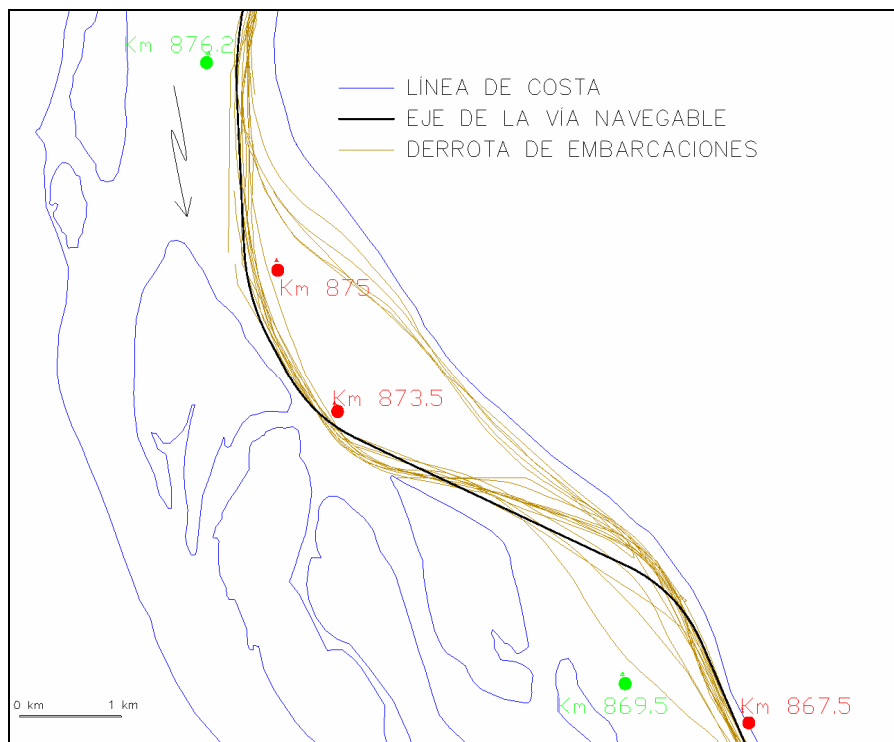


Figura 4.4: Cordillate, traza inicial de la Vía Navegable y derrotas de embarcaciones.

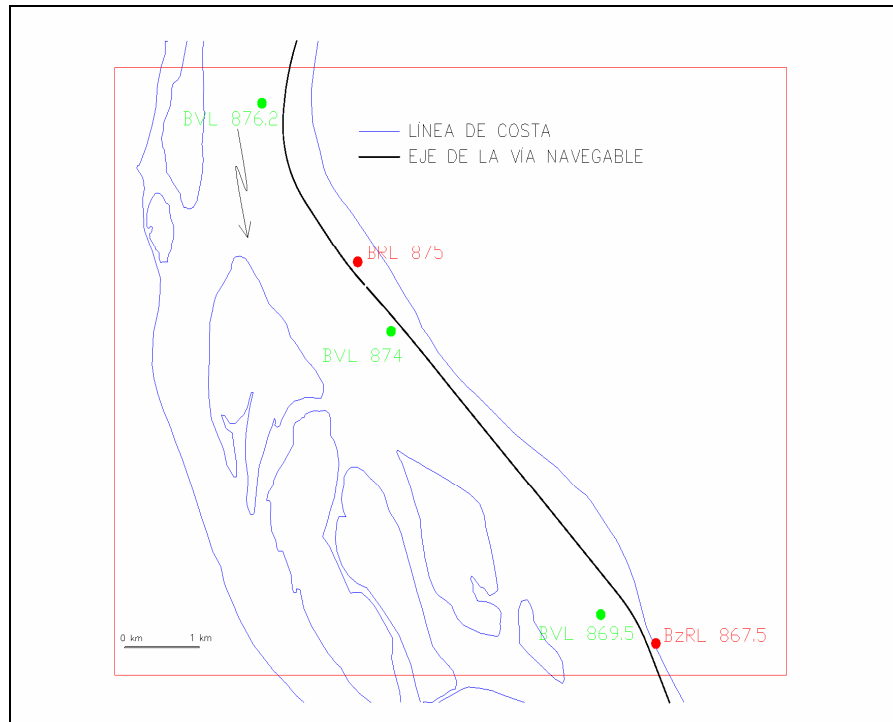


Figura 4.5: Cordillate, traza ajustada de la Vía Navegable.

Por otra parte, se identificaron zonas en las que aprovechando los niveles medios y altos del río, se emplean como canal alternativo de navegación. En el Paso Costa Ocampo (km 1045) la traza de la vía navegable presenta un sector con curva y contracurva para aprovechar el sector de mayores profundidades (Figura 4.6). No obstante, con niveles del río en valor medio o con aguas altas, algunos convoyes cortan la curva por la ruta cercana a la costa de margen derecha (operación que puede ser realizada hacia aguas arriba o aguas abajo). En este caso no se modifica la traza por tratarse de una situación temporal y porque el eje navegable se encuentra en un sector del curso con mejores profundidades todo el año.

Cabe mencionar que las operaciones de las embarcaciones por trazas alternativas como es este caso, se realizan basadas en la experiencia de los Capitanes y Patrones y ayudados en ciertas ocasiones por embarcaciones auxiliares propias, pero siempre bajo la responsabilidad de los usuarios y sin balizamiento normalizado alguno.

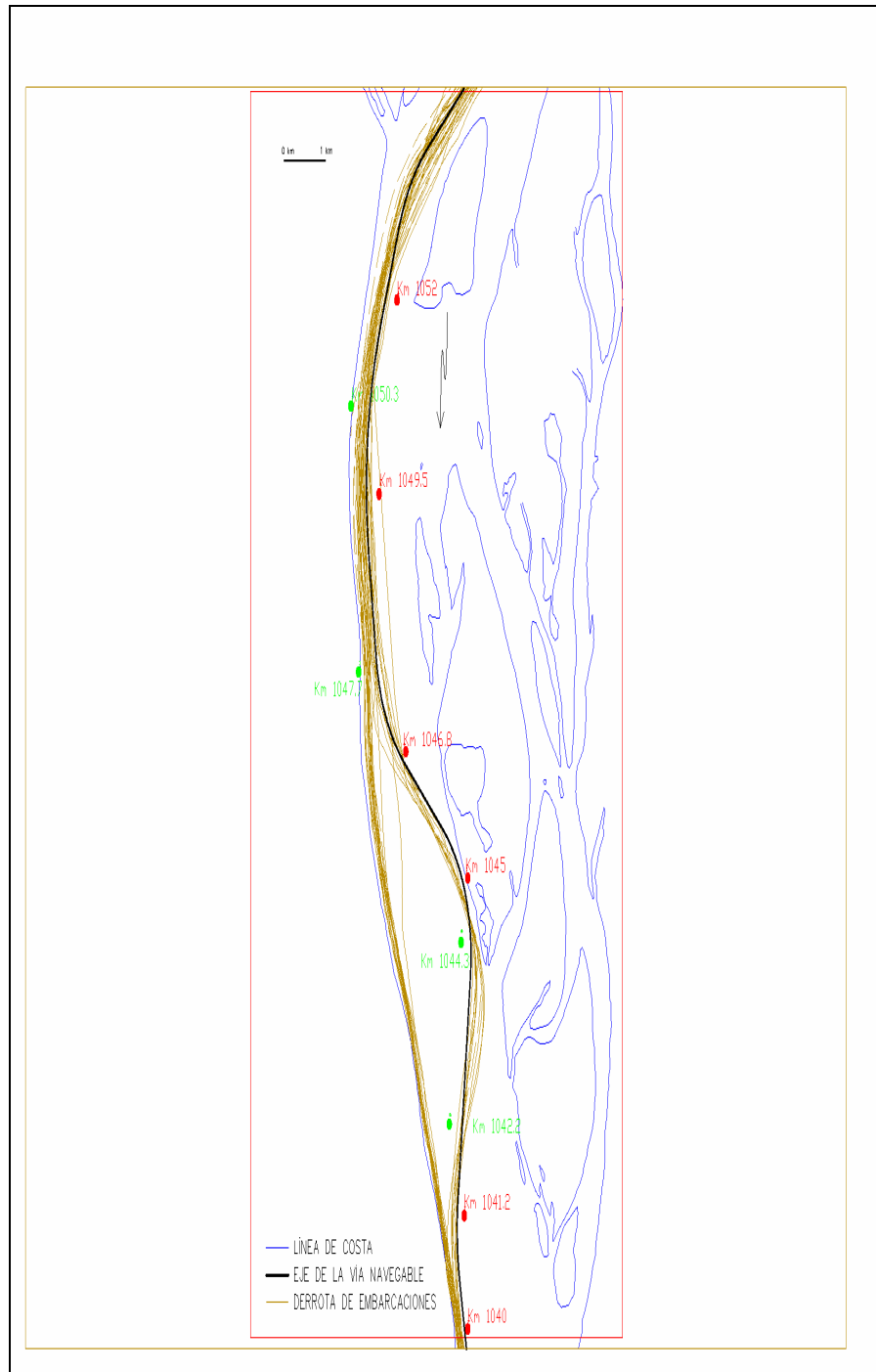


Figura 4.6: Costa Ocampo, derrotas de embarcaciones navegando por el canal y por un canal secundario.

Otros casos de operación por zonas alternativas del curso se presentan en Lavalle Arriba (km 1006) y en el entropaso Riacho Zapata-Travesía Piragua (km 646). En Lavalle Arriba en ciertas ocasiones se navega en dirección aguas arriba en niveles medios a altos por la margen derecha, costado opuesto a la traza del canal (Figura 4.7). Asimismo, en el entropaso Riacho Zapata-Travesía Piragua algunas embarcaciones navegan en dirección aguas arriba y/o aguas abajo, en niveles medios a altos, por la margen izquierda detrás de la isla Papillón, costado opuesto a la traza del canal (Figura 4.8).

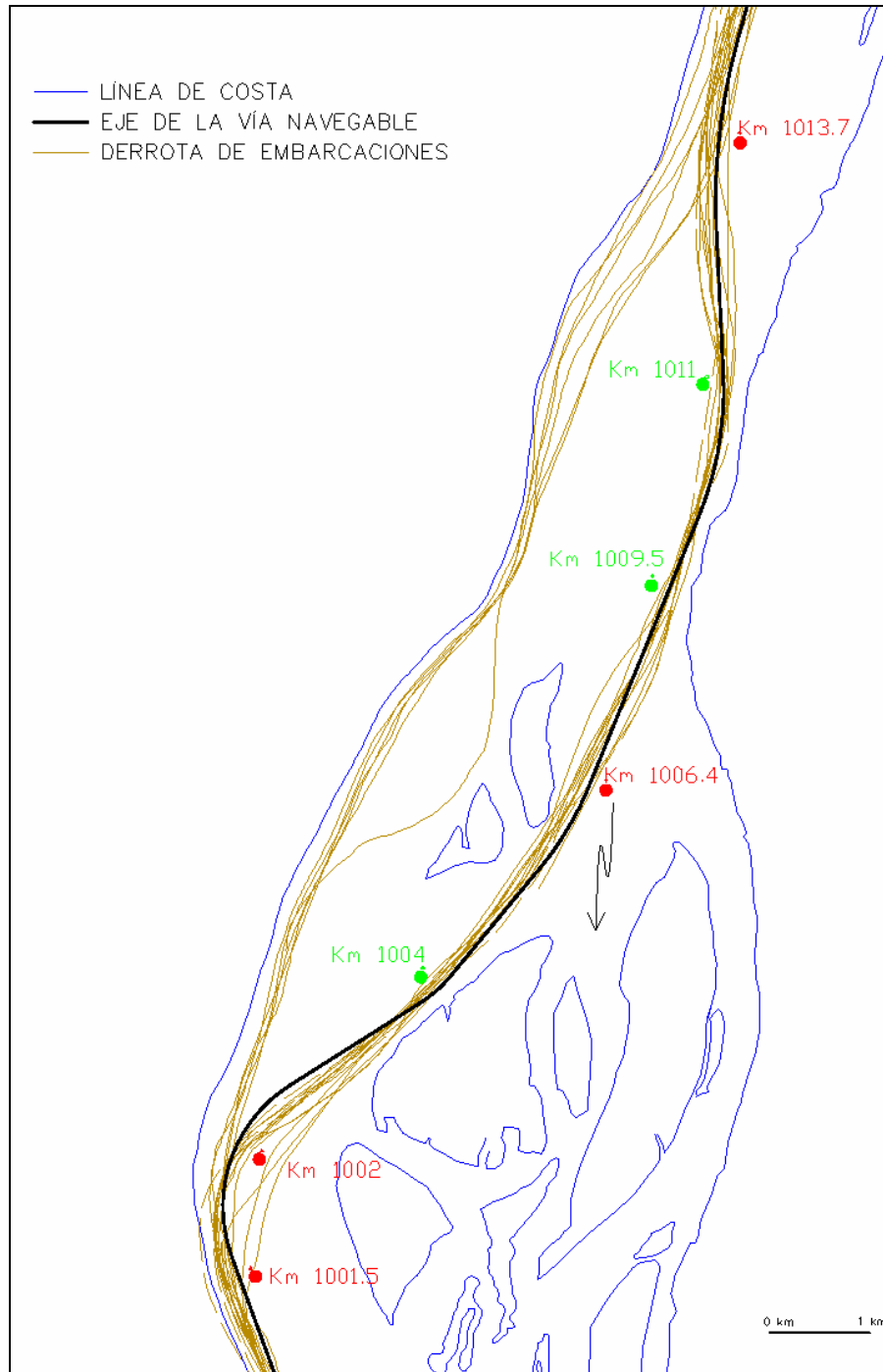


Figura 4.7: Lavalle Arriba, derrotas de embarcaciones navegando por el canal y por un canal secundario.

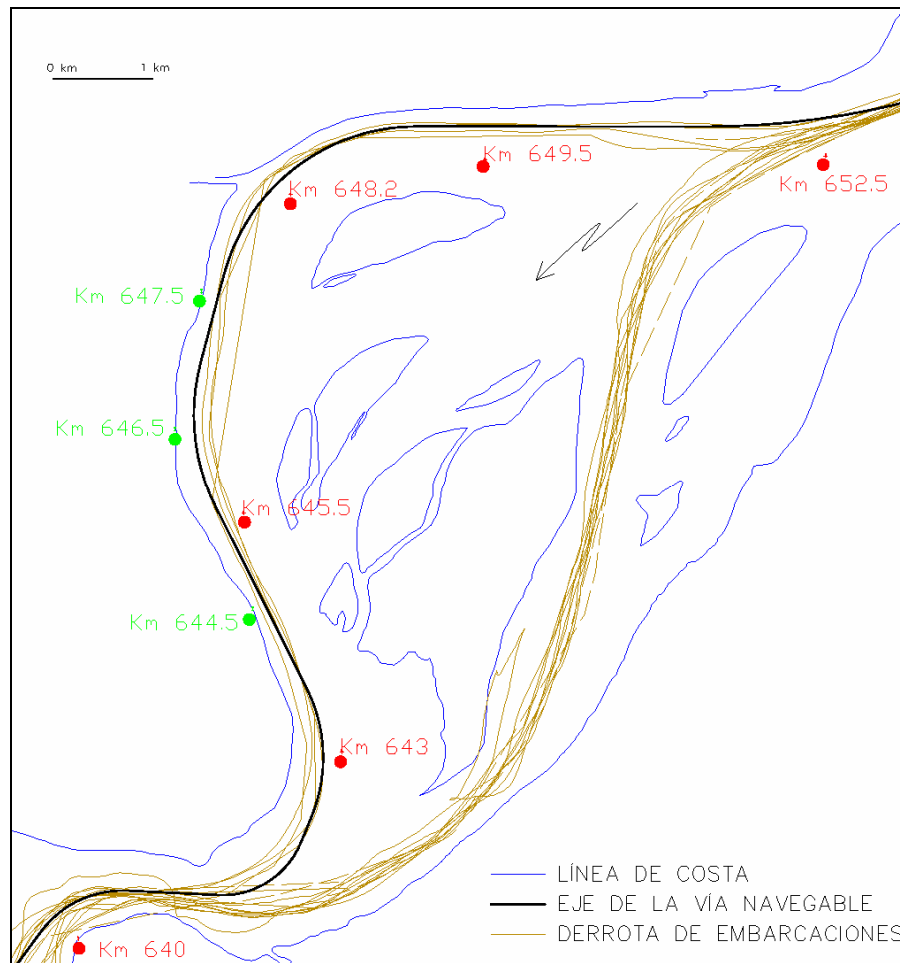


Figura 4.8: Riacho Zapata-Travesía Piragua, derrotas de embarcaciones navegando por el canal y por un canal secundario.

## 5. CONCLUSIONES

Para lograr una optimización económica y ambiental de una vía navegable desarrollada en cursos naturales, debería adoptarse un criterio de diseño y operación que utilice al máximo la tendencia natural del río. Es decir, diseñar la vía de manera tal que se genere un progresivo automantenimiento del río a fin de reducir costos de mantenimiento de dragado y producir una menor afectación del recurso natural.

No obstante, en cursos como el río Paraná con un régimen hidrológico variable, con grandes caudales, lecho de arena y fácilmente erosionable, se requiere un diseño dinámico. Es decir, en un complejo sistema fluvial donde la corriente y la morfología interactúan continuamente la traza de la vía no puede permanecer fija en el tiempo, sino que debe readecuarse continuamente.

Asimismo, en este proceso de diseño de la traza los requerimientos náuticos de las embarcaciones influyen directamente sobre la posición y geometría del eje. En efecto, los convoyes de carga tienen dimensiones considerables y una capacidad de maniobra muy restringida respecto a un buque de carga, lo cual genera que en ciertas zonas donde se busca la mejor solución desde el punto de vista morfológico, podría no ser la mejor solución desde el punto de vista náutico. Esto se debe a que las maniobras podrían ser muy forzadas en zonas de curvas de la vía navegable, o existir rutas alternativas dentro del mismo curso en las cuales las embarcaciones encuentran ventajas operativas por seguridad y tiempos de navegación.

Es importante destacar también la participación de los usuarios de la vía navegable durante el proceso de optimización de la traza, ya que su experiencia en el río permite validar los diseños y ajustes técnicos realizados.

Para lograr estos objetivos es imprescindible un seguimiento permanente de la evolución morfológica del río, apoyado en estudios y mediciones, que permitan anticipar el comportamiento del río y así realizar una pronta movilización de las señales que demarcan la vía navegable. Asimismo, se requiere un constante seguimiento del comportamiento de las embarcaciones para garantizar el uso efectivo de la vía navegable, a fin de mantener la seguridad del sistema, y evitar varaduras y colisiones a las señales.

Para el seguimiento de las embarcaciones en las vías navegables, se han incorporado herramientas de gran precisión como el Sistema de Identificación Automática (AIS). Este sistema de transmisión en tiempo real vía VHF permite intercambiar información de los datos estáticos y dinámicos entre las embarcaciones y entre bases en tierra. De esta manera con el AIS pueden evaluarse las derrotas, la conformación del convoy, rumbo, uso de canal, entre otros.

En el presente trabajo se analizaron 54 viajes entre convoyes y buques de carga, tanto en dirección aguas abajo como aguas arriba. En los mismos se identificaron las características estáticas y dinámicas, determinando que las embarcaciones alcanzan velocidades promedio de navegación hasta de 11 nudos aguas abajo y de 6 nudos aguas arriba, transportando agrograneles, minerales, hidrocarburos, carga general y/o contenerizada.

Con esta información se realizaron una serie de ajustes a la traza de la vía navegable, los cuales incluyeron rectificaciones, adecuaciones de señales y cambios de eje. De esta manera se logra un diseño confiable basado en datos reales, calibrado por las navegaciones analizadas, y validado por el proceso de intercambio de información y criterios con los capitanes y patrones usuarios de la Vía Navegable.

Cabe mencionar que, debido a la velocidad con la que ocurren los cambios morfológicos y el gran tráfico de embarcaciones en la ruta navegable referida, para lograr un efectivo cambio de la traza es indispensable que los pedidos de autorización que efectúa el encargado del mantenimiento de la vía navegable sean rápidamente evaluados y atendidos por la Autoridad de aplicación.

## ANEXO I

Tabla 1: Características de las embarcaciones analizadas

Embarcación	Fecha	Lectura nivel - La Paz (m) [12:00 hrs]	Potencia (HP)	N° Barcazas del convoy	Carga	Toneladas	Vel. máx. registrada (kt)	Vel. prom registrada (kt)	Dirección
Alto Parana	01/01/13	3.64	-	18	Soja (8) y el resto en lastre	8,908	10.0	8.5	Aguas abajo
San martin I	01/01/13	3.64	5900	20	Soja	17,221	8.6	7.0	Aguas abajo
Brutus H	10/01/13	3.66	-	16	Mineral de hierro	15,968	9.1	7.5	Aguas abajo
Triunfo	12/01/13	3.86	6000	21	soja (16) y en lastre	11,359	9.3	7.4	Aguas abajo
Papu Sur	17/01/13	4.25	3000	-	-	No hay Dato	9.9	8.3	Aguas abajo
Norma H	18/01/13	4.27	-	16	Mineral de hierro	No hay Dato	8.9	7.7	Aguas abajo
Isabelle I (I)	20/01/13	4.24	N/A	N/A	No hay dato	No hay Dato	11.6	9.9	Aguas abajo
Humaita	30/01/13	3.49	3600	25	No hay dato	No hay Dato	9.5	8.0	Aguas abajo
Papu Norte	30/01/13	3.49	3000	No hay dato	No hay dato	No hay Dato	10.9	9.2	Aguas abajo
Ib Ibicuy	23/02/13	2.42	4320	20	Mineral de hierro	20,500	10.1	8.2	Aguas abajo
Misiones	03/03/13	2.96	7200	35	Soja	47,611	8.7	7.1	Aguas abajo
Ib San Lorenzo	05/03/13	3.03	-	20	Soja	No hay Dato	9.1	7.8	Aguas abajo
Ib Esperanza	06/03/13	3.06	4320	20	Mineral de hierro	18,020	9.9	8.1	Aguas abajo
Triunfo	11/03/13	3.11	6000	19	Soja, Maíz y en lastre	16,628	9.0	7.9	Aguas abajo
Desafío	17/03/13	3.26	3200	16	Mineral de hierro	17,104	7.9	6.3	Aguas abajo
Ib Rosario	18/03/13	3.31	5000	16	Mineral de hierro	16,112	10.0	8.4	Aguas abajo
Don Eduardo	04/04/13	4.47	5400	20	Mineral de hierro	24,800	9.8	8.2	Aguas abajo
Ava Payagua	10/04/13	4.23	3200	2	Contenedores	No hay Dato	11.8	8.5	Aguas abajo
Chaco X	12/04/13	4.38	7200	29	Soja	43,252	10.0	7.2	Aguas abajo

## VIII Congreso Argentino de Ingeniería Portuaria – 5, 6 y 7 de mayo de 2014

Embarcación	Fecha	Lectura nivel - La Paz (m) [12:00 hrs]	Potencia (HP)	N° Barcazas del convoy	Carga	Toneladas	Vel. máx. registrada (kt)	Vel. prom registrada (kt)	Dirección
Desafío	12/04/13	4.38	3200	15	Soja	18,049	8.1	6.1	Aguas abajo
Decatur Lady	14/04/13	4.39	4800	16	No hay dato	No hay Dato	9.6	7.2	Aguas abajo
Pampero I	14/04/13	4.39	8300	36	Soja	46,735	9.4	7.2	Aguas abajo
Ib Caceres	19/04/13	4.66	5000	20	Mineral de hierro	No hay Dato	9.9	7.2	Aguas abajo
Ib Esperanza	01/05/13	4.79	4320	20	Mineral de hierro	No hay Dato	8.9	7.1	Aguas abajo

Tabla 2: Características de los recorridos analizados

Embarcación	Fecha	Lectura nivel - La Paz (m) [12:00 hrs]	Potencia (HP)	N° Barcazas del convoy	Carga	Toneladas	Vel. máx. registrada (kt)	Vel. prom registrada (kt)	Dirección
Litoral	01/05/13	4.79	-	2	Hidrocarburos	No hay Dato	12.9	11.0	Aguas abajo
Mbigua	01/05/13	4.79	5800	20	No hay Dato	No hay Dato	9.7	8.2	Aguas abajo
Urucum I	02/05/13	4.81	2500	13	No hay dato	No hay Dato	8.1	6.6	Aguas abajo
Brutus H	03/05/13	4.81	-	16	Mineral de hierro	14,416	8.9	7.2	Aguas abajo
Aguara	07/05/13	4.72	4000	16	Soja	25,480	9.1	7.7	Aguas abajo
Polargo I	07/05/13	4.72	1600	2	Contenedores	2,851	9.0	7.2	Aguas abajo
Lago Ypoa (II)	08/05/13	4.65	N/A	No hay dato	No hay Dato	No hay Dato	9.1	7.6	Aguas abajo
Misiones	01/07/13	4.87	7200	24	No hay dato	No hay Dato	10.8	3.2	Aguas abajo
Don Kasbergen	03/07/13	5.11	-	16	Mineral de hierro	40,688	10.2	7.7	Aguas abajo
Ib Ladario	08/07/13	5.58	5000	29	Soja	40,074	8.6	5.0	Aguas abajo
Mbarete	08/07/13	5.58	3400	16	Manganeso	24,834	9.6	6.9	Aguas abajo
Ruben H	10/07/13	5.64	3800	16	Manganeso	25,632	9.5	4.3	Aguas abajo
Aguilucho	12/07/13	5.70	4000	16	Lastre	0	6.5	4.6	Aguas arriba

VIII Congreso Argentino de Ingeniería Portuaria – 5, 6 y 7 de mayo de 2014

Embarcación	Fecha	Lectura nivel - La Paz (m) [12:00 hrs]	Potencia (HP)	N° Barcazas del convoy	Carga	Toneladas	Vel. máx. registrada (kt)	Vel. prom registrada (kt)	Dirección
Humaita	13/07/13	5.71	3600	20	No hay dato	No hay Dato	6.1	4.8	Aguas arriba
Misiones	13/07/13	5.71	7200	24	No hay dato	No hay Dato	4.8	2.9	Aguas arriba
Ib San Lorenzo	15/11/13	4.01	-	16	Lastre	0	6.2	4.8	Aguas arriba
Doña Anneke (III)	16/11/13	3.95	N/A	N/A	No hay Dato	No hay Dato	6.5	5.2	Aguas arriba
Isabelle I (I)	16/11/13	3.95	N/A	N/A	No hay Dato	No hay Dato	6.2	4.8	Aguas arriba
Taguato	16/11/13	3.95	5200	18	Lastre	0	4.8	3.1	Aguas arriba
Gran Argentino	17/11/13	3.90	-	4	Hidrocarburos	10,855	4.1	2.9	Aguas arriba
Aguara	18/11/13	3.85	4000	16	Lastre	0	5.3	4.1	Aguas arriba
Canal Tamengo	18/11/13	3.85	5600	8	No hay Dato	No hay Dato	3.7	2.5	Aguas arriba
Doña Carmen	19/11/13	3.80	4200	11	Lastre	0	5.7	4.1	Aguas arriba
Mburucuya	21/11/13	3.83	4800	12	Lastre	0	7.1	5.4	Aguas arriba
Hb Draco	22/11/13	3.84	-	19	Lastre	0	6.6	4.8	Aguas arriba
Guyrati	23/11/13	3.78	5600	16	Lastre	0	5.3	4.1	Aguas arriba
Aguilucho	25/11/13	3.73	4000	16	Lastre	0	5.8	4.4	Aguas arriba
Independiente (IV)	27/11/13	3.82	N/A	N/A	No hay Dato	No hay Dato	7.6	6.0	Aguas arriba
Lazaro	28/11/13	3.85	1300	2	Hidrocarburos	7,172	6.7	11.1	Aguas arriba
Doña Annette (V)	29/11/13	3.85	N/A	N/A	No hay Dato	No hay Dato	5.6	4.1	Aguas arriba
(I) Buque de carga general. Capacidad 142 TEUs									
(II) Buque portacontenedor. Capacidad 100 TEUs									
(III) Buque de carga general. Capacidad 189 TEUs									
(IV) Buque de carga general. Capacidad 180 TEUs									
(V) Buque tanque (petrolero).									