



**COMISIÓN ADMINISTRADORA  
DEL RÍO DE LA PLATA**



**ESTUDIOS TÉCNICOS DE TRAZAS ALTERNATIVAS EN  
LOS CANALES DEL RÍO DE LA PLATA ENTRE EL KM.  
37 (BARRA DEL FARALLÓN) Y EL KM. 0 DEL RÍO  
URUGUAY**

**INFORME FINAL**

 estudio de ingeniería hidráulica s.a.



---

# ESTUDIOS TÉCNICOS DE TRAZAS ALTERNATIVAS EN LOS CANALES DEL RÍO DE LA PLATA ENTRE EL KM. 37 (BARRA DEL FARALLÓN) Y EL KM. 0 DEL RÍO URUGUAY

## INDICE

|  |                  |
|--|------------------|
| <b><u>1. INTRODUCCION.....</u></b>   | <b><u>1</u></b>  |
| 1.1 OBJETO GENERAL DEL TRABAJO Y DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO              | 1                |
| 1.2 ALCANCE GENERAL DE LOS TRABAJOS .....                                      | 1                |
| <b><u>2. RELEVAMIENTO BATIMÉTRICO .....</u></b>                                | <b><u>3</u></b>  |
| 2.1 RECOPIACION DE INFORMACION BASICA .....                                    | 3                |
| 2.2 CARTOGRAFÍA DE BASE .....  | 3                |
| 2.3 PROGRAMACION DE RELEVAMIENTOS .....  | 3                |
| 2.4 ALISTAMIENTO DE EMBARCACION Y EQUIPOS.....                                 | 5                |
| 2.5 PUNTO FIJO PARA POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL .....                          | 6                |
| 2.6 EJECUCION DEL RELEVAMIENTO BATIMETRICO .....                               | 8                |
| 2.7 PROCESAMIENTO, MDT Y PLANOS BATIMETRICOS.....                              | 10               |
| <b><u>3. ESTUDIOS GEOFÍSICOS.....</u></b>                                      | <b><u>11</u></b> |
| 3.1 ALISTAMIENTO DE LA EMBARCACION Y EQUIPOS DE GEOFISICA.....                 | 11               |
| 3.2 RELEVAMIENTO DE CAMPO .....  | 13               |
| 3.3 METODOS DE TRABAJO .....   | 13               |
| 3.3.3 MÉTODOS DE CAMPO DE LA PROSPECCIÓN SÍSMICA .....                         | 13               |
| 3.3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....                         | 16               |
| 3.4 RESULTADOS GEOFISICOS .....  | 17               |
| <b><u>4. PERFORACIONES .....</u></b>   | <b><u>22</u></b> |
| 4.1 TRABAJO EN EL TERRENO.....   | 22               |
| 4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO .....   | 23               |
| 4.3 RESULTADOS Y PERFILES DEL TERRENO .....                                    | 23               |
| <b><u>5. ANALISIS FISICO-QUIMICO DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS .....</u></b> | <b><u>24</u></b> |
| 5.1 MUESTREO DE AGUA Y SEDIMENTOS EN CAMPO.....                                | 24               |
| 5.2 ANALISIS DE LABORATORIO .....  | 26               |
| 5.3 RESULTADOS SOBRE MUESTRAS DE AGUA Y SEDIMENTOS .....                       | 27               |
| <b><u>6. DISEÑO DEL CANAL – TRAMOS ALTERNATIVOS.....</u></b>                   | <b><u>32</u></b> |
| 6.1 PARAMETROS DE DISEÑO .....   | 32               |
| 6.2 TRAZADO DEL CANAL.....   | 32               |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 6.3  | PROFUNDIDAD DEL CANAL .....                            | 33 |
| 6.4  | DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE SOLERA .....                | 33 |
| 6.5  | EMPALMES Y CURVAS.....                                 | 34 |
| 6.6  | TALUDES LATERALES DEL CANAL .....                      | 35 |
| 6.7  | EQUIPOS DE DRAGADO .....                               | 35 |
| 6.8  | RESUMEN DEL DISEÑO.....                                | 35 |
| 6.9  | VOLUMEN DE DRAGADO DE APERTURA DE LA NUEVA TRAZA ..... | 36 |
| 6.10 | AREAS DE VACIADO .....                                 | 39 |
| 6.11 | VOLUMEN DE DRAGADO DE MANTENIMIENTO .....              | 41 |

## INDICE DE TABLAS

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1. Sondeos realizados en el Tramo A .....</i>                 | <i>22</i> |
| <i>Tabla 2. Sondeos realizados en el Tramo B .....</i>                 | <i>22</i> |
| <i>Tabla 3. Puntos de muestreo y datos asociados. ....</i>             | <i>26</i> |
| <i>Tabla 4. Resultados sobre muestras de sedimentos de fondo .....</i> | <i>28</i> |
| <i>Tabla 5. Resultados sobre muestras de agua. ....</i>                | <i>29</i> |
| <i>Tabla 6. Resultado del análisis granulométrico. ....</i>            | <i>30</i> |
| <i>Tabla 7. Ancho de solera para cada tramo. ....</i>                  | <i>34</i> |
| <i>Tabla 8. Curvas analizadas. ....</i>                                | <i>34</i> |
| <i>Tabla 9. Resultados del diseño. Tramos rectos.....</i>              | <i>35</i> |
| <i>Tabla 10. Resultados del diseño. Curvas .....</i>                   | <i>36</i> |
| <i>Tabla 11. Volumen de dragado. Apertura. ....</i>                    | <i>36</i> |
| <i>Tabla 12. Volumen y material a dragar. Resumen .....</i>            | <i>38</i> |

## INDICE DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Figura 1. Vista del sistema NAVEGA para programación y control del relevamiento. ...</i>   | <i>4</i>  |
| <i>Figura 2. Embarcación CARIBDIS. ....</i>   | <i>5</i>  |
| <i>Figura 3. Equipo electrónico utilizado. ....</i>   | <i>6</i>  |
| <i>Figura 4. Instalación de antena de radio en la Torre del Aeródromo de la Isla Martín García. Gabinete con equipamiento GPS y Radio. ....</i> | <i>7</i>  |
| <i>Figura 5. Embarcación CARIBDIS y perfilador de subsuelo .....</i>  | <i>11</i> |
| <i>Figura 6. Sonda del perfilador de subsuelo.....</i>  | <i>12</i> |
| <i>Figura 7. Componentes electrónicos de procesamiento. Perfilador de subsuelo. ....</i>  | <i>12</i> |
| <i>Figura 8. Instrumental Geofísico instalado (Transmitter GeoPulse y Digitalizador) .....</i>  | <i>14</i> |
| <i>Figura 9. Celda de 4 Transductores y estructura soporte .....</i>  | <i>15</i> |
| <i>Figura 10. Unidad sísmica I. A- Limo arcillo arenoso. B) arena fina. ....</i>  | <i>18</i> |
| <i>Figura 11. Unidad sísmica II (US II). ....</i>   | <i>19</i> |
| <i>Figura 12. Unidad sísmica III (US III). ....</i>   | <i>20</i> |
| <i>Figura 13. Unidad sísmica IV (US IV). ....</i>   | <i>21</i> |
| <i>Figura 14. Obtención de muestras de sedimentos de fondo. ....</i>  | <i>24</i> |
| <i>Figura 15. Obtención de muestras de agua. ....</i>   | <i>25</i> |
| <i>Figura 16. Medición de Temperatura y Oxígeno Disuelto in situ. ....</i>  | <i>25</i> |
| <i>Figura 17. Conservación de muestras de agua y sedimentos .....</i>   | <i>26</i> |
| <i>Figura 18. Resultados. Análisis granulométrico. ....</i>   | <i>31</i> |



## INDICE DE PLANOS

### Planos – Volumen 1

|           |                                 |
|-----------|---------------------------------|
| BT1 ..... | Batimetría.                     |
| GF1 ..... | Perfil de espesor sedimentario. |
| GF2 ..... | Ubicación de perforaciones.     |

### Planos – Volumen 2

|           |   |
|-----------|---|
| GF1 ..... | Sedimentos de fondo. Puntos de muestreo.                      |
| GR2 ..... | Sedimentos de fondo. Promedio en tramos.                      |
| DC1 ..... | Replanteo – Eje.  |
| DC2 ..... | Replanteo – Curvas.   |
| DC3 ..... | Perfiles.   |
| DC4 ..... | Dimensiones del canal, volumen de dragado y areas de vaciado. |
| DC5 ..... | Señalización.   |

## INDICE DE ANEXOS

|  |
|--|
| Anexo - Estudios Geofísicos                  |
| Anexo - Perforaciones y Muestras de Suelos   |
| Anexo - Granulometría de Sedimentos de Fondo |
| Anexo - Señalización                         |
| Anexo - Perfiles Transversales del canal     |
| Anexo – Modelación Hidrosedimentológica      |
| Anexo – Estudio de Impacto Ambiental Previo  |

---

# ESTUDIOS TÉCNICOS DE TRAZAS ALTERNATIVAS EN LOS CANALES DEL RÍO DE LA PLATA ENTRE EL KM. 37 (BARRA DEL FARALLÓN) Y EL KM. 0 DEL RÍO URUGUAY

## INFORME FINAL

### 1. INTRODUCCION

El presente documento presenta las tareas realizadas en el marco de los Estudios Técnicos de Trazas Alternativas en los Canales del Río de la Plata.

#### 1.1 OBJETO GENERAL DEL TRABAJO Y DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO

El objeto general del trabajo es la ejecución de los Estudios Técnicos de Trazas Alternativas en los Canales del Río de la Plata entre el Km. 37 (Barra del Farallón) y el Km. 0 del Río Uruguay, cuyas trazas se desarrollan por el denominado Canal Buenos Aires, que corre al Este de la Isla Martín García, con el fin de aportar elementos y certezas sobre la viabilidad técnica y económica, de la ejecución de dichas trazas alternativas.

Las alternativas a estudiar, que se pueden observar en los esquemas **ES1** y **ES2**, son las siguientes:

**Alternativa A** (Primer by pass – altura Piedra Diamante): uniendo los puntos de empalme con el canal actual en sus Km. 62 y el km. 77,6.

**Alternativa B** (Canal Buenos Aires): uniendo los puntos de empalme con el canal actual en sus Km. 78 y el km. 122.

Tal como lo expresan los Términos de Referencia, “Las áreas o fajas de Estudio se encuentran definidas, longitudinalmente por los ejes de las poligonales de las Trazas Alternativas, y transversalmente por un ancho total de seiscientos metros (600 m.) distribuidos simétricamente a trescientos metros (300 m.) a cada lado de dichos ejes.”

Asimismo se indica que el área de estudio “comprende las secciones transversales a cada lado de la traza del eje del Canal, en el cual se estén realizando los estudios. Las áreas del Estudio se extenderán hasta los bordes exteriores de los lugares de disposición del material dragado, cuando los estudios incluyan el refulado o vaciado.”

Para la presente encomienda se han previsto una serie de trabajos de campo y de gabinete.

#### 1.2 ALCANCE GENERAL DE LOS TRABAJOS

El presente trabajo involucra las mediciones de campo y estudios en gabinete que se resumen a continuación.

---

Los trabajos de campo y laboratorio comprenden básicamente lo siguiente:

- Relevamiento batimétrico;
- Estudio geofísico;
- Muestras de agua y sedimentos y análisis físico-químicos en laboratorio.
- Ejecución de perforaciones y ensayos de laboratorio de suelos;

Los estudios en gabinete comprenden entre otros:

- Diseño del canal (traza y dimensiones);
- Ubicación de áreas de vaciado;
- Cuantificación de dragados de apertura y mantenimiento;
- Identificación de métodos y equipos de dragado;
- Estudios hidrosedimentológicos en modelos (para estimación de la sedimentación esperada y comportamiento de plumas de turbidez);
- Estimación de costos;
- Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Previo.

En los puntos siguientes se describen los trabajos, estudios y tareas realizadas durante el Estudio.

## **2. RELEVAMIENTO BATIMÉTRICO**

### **2.1 RECOPIACION DE INFORMACION BASICA**

Una de las tareas iniciales consistió en la organización y pre-procesamiento de la información disponible a los fines de su utilización en el proyecto. Si bien esta tarea involucra también los datos y la información útil a la ingeniería y al estudio ambiental, se la ubica como tarea previa a los relevamientos batimétricos (primera tarea de campo a ejecutar) puesto que resulta también necesaria a los fines de la programación de los mismos.

En vista de los objetivos planteados se han identificado los estudios y trabajos antecedentes, tanto de campo como de gabinete realizados previamente, de los cuales se extraerá la información útil necesaria para el desarrollo de los trabajos.

### **2.2 CARTOGRAFÍA DE BASE**

En base a la documentación, planos, cartas, etc. disponibles se elaboró una cartografía de base, que sirve en primera instancia al desarrollo de los trabajos de campo.

Dicha cartografía básica, elaborada en AutoCAD, incluye la traza y detalles del canal actual y el área y trazado de las trazas alternativas bajo estudio, confeccionado en el sistema de coordenadas de proyección UTM, Faja 21, georreferenciado en DATUM WGS84

### **2.3 PROGRAMACION DE RELEVAMIENTOS**

Sobre la base de la información batimétrica plasmada en la Carta Náutica H-116 - Rio de la Plata Medio y Superior (SHN-RA) se realizó un primer trazado del eje del canal correspondiente a ambas alternativas (A y B).

Los ejes así definidos fueron volcados al sistema de navegación instalado en la embarcación de relevamiento, a los efectos que sirvan de guía para el recorrido de los perfiles longitudinales y transversales a relevar en campo.

Cabe destacar que la información consignada en la carta náutica data de varios años. Durante el trabajo de campo se pudo constatar algunas diferencias a lo largo de la Traza de la Alternativa B (Traza B1 del esquema **ES2**), por lo que directamente en campo se modificó la posición de los perfiles. Esto se hizo así puesto que el objetivo de este relevamiento batimétrico es justamente la búsqueda de las mayores profundidades existentes que permitan optimizar la traza y consecuentemente minimizar las necesidades de dragado.

Asimismo, luego de realizada la primera campaña (entre el 10 y el 14 de Abril), se efectuó un pre-procesamiento de los datos y se analizaron en gabinete ajustes más precisos sobre dicha traza, particularmente para su utilización en el relevamiento geofísico, ya que este primordialmente debe recorrer longitudinalmente la totalidad del tramo y de este modo la

información geofísica que se recoja en campo quedará mejor localizada sobre la traza que finalmente se adopte para el canal.

Una vez ingresadas las trazas definidas (Tramo A y B2 de los esquemas **ES1** y **ES2**) al sistema de navegación se programan las derrotas sobre las que se ejecutará el relevamiento. Esto aplica a los perfiles transversales, perfiles longitudinales y áreas complementarias (como posibles áreas de vaciado).

El relevamiento se ejecutó utilizando el **software EIH NAVEGA**, especialmente diseñado por EIH para relevamientos hidrográficos, el cual permite la programación de las líneas a relevar y el control de las derrotas de navegación, a partir de la visualización en pantalla y en tiempo real del recorrido de la embarcación sobre la derrota programada, lo que permite ir corrigiendo la misma de modo de obtener líneas con apartamientos muy pequeños. El software además almacena la información de profundidades y posiciones en archivos de texto, permitiendo un manejo ordenado y totalmente controlado del relevamiento y los datos generados.

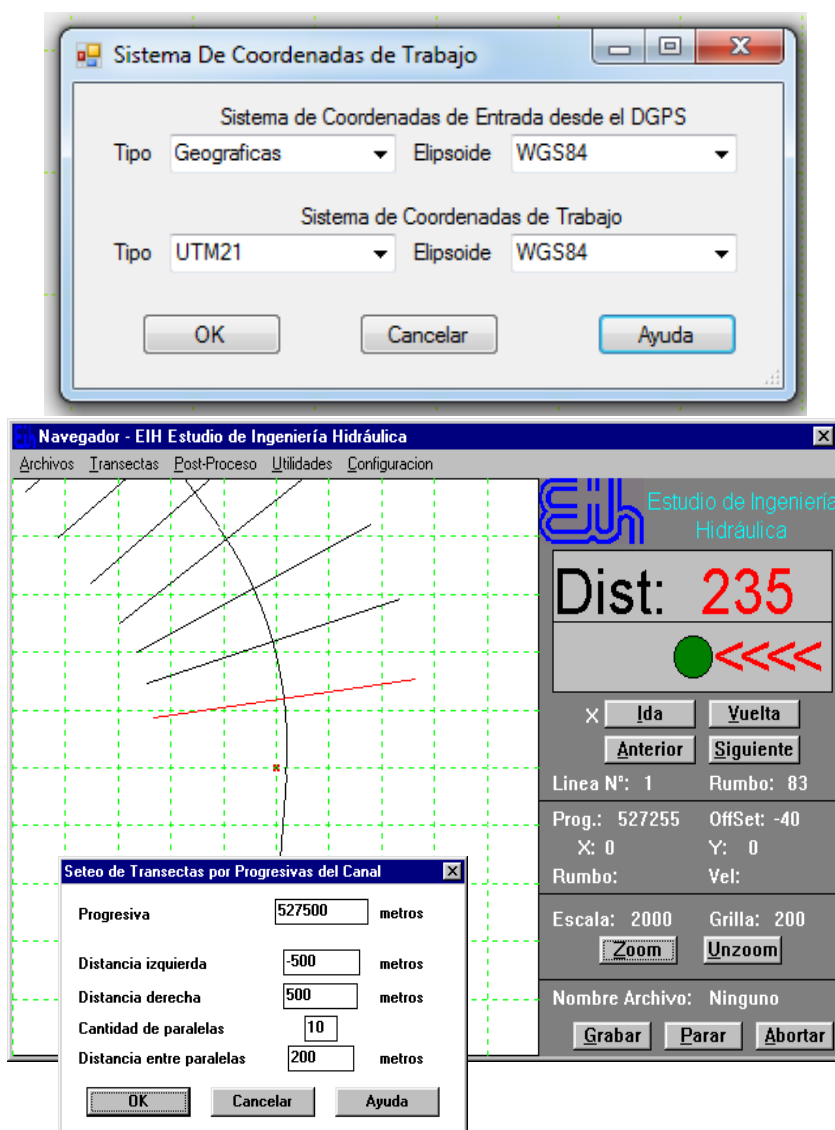


Figura 1. Vista del sistema NAVEGA para programación y control del relevamiento.

## 2.4 ALISTAMIENTO DE EMBARCACION Y EQUIPOS

Este punto involucra todas las tareas necesarias sobre la embarcación y los equipos para que queden operativos en vista de la tarea a realizar. Ello incluye la carga de la información en el sistema NAVEGA y la prueba de todo el equipamiento.

Asimismo se realizaron previamente dos viajes a la Isla Martín García con el objeto de realizar un reconocimiento del lugar e instalar un punto fijo para el sistema de posicionamiento satelital (GPSD). Se identificaron los apoyos logísticos disponibles y necesarios para el desarrollo de los trabajos.

Para la realización del relevamiento batimétrico y control de la señalización se utilizó la embarcación CARIBDIS, de propiedad de EIH SA convenientemente equipada con el instrumental que a continuación se describe.

Cabe destacar que el equipamiento disponible ha sido ampliamente utilizado en relevamientos previos del mismo canal y que el personal asignado a las tareas tiene un total conocimiento de los sitios a relevar y de las condiciones ambientales de trabajo.

### Embarcación CARIBDIS:

Casco de acero

Eslora: 14 m

Manga: 4.25 m

Puntal: 2.10 m

Alta maniobrabilidad en baja velocidad

Propulsión: 2 motores marinos Perkins de 140 HP c/u



*Figura 2. Embarcación CARIBDIS.*

*Ecosonda Digital Raytheon MkII:* de 200 kHz, digital y registrador en papel térmico continuo, rango de 0-160m, dotada de interfase para recibir datos de GPS, Velocidad de transmisión 4800-9600 bps, frecuencia de muestreo de 10 Hz.

*Receptor DGPS Marca GARMIN – GPS 19x HVS* con frecuencia de muestreo de 1 a 10 Hz.

*Notebook y Sistema de navegación EIH-NAVEGA*, específico para programación y control integrado de relevamientos.

*Radio TAIT Modelo TM 8110* para recepción de la señal del GPS del punto fijo para corrección diferencial.



*Figura 3. Equipo electrónico utilizado.*

## **2.5 PUNTO FIJO PARA POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL**

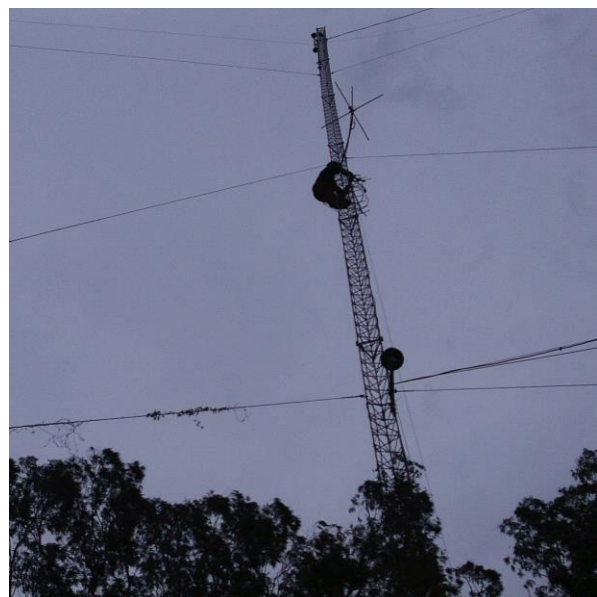
A los efectos de establecer un Sistema de GPS Diferencial, se procedió a la instalación del equipamiento correspondiente en un punto fijo en la Isla Martín García.

La base GPS fue instalada en una torre ubicada en el Aeródromo de la Isla.

El equipamiento se compone de:

- Receptor GPS GARMIN GPS 19x HVS;
- Radio TAIT Modelo TM 8110;
- Sistema complementario de energía compuesto por panel solar y batería.

La radio para comunicación entre el punto fijo y el receptor GPS instalado en la embarcación tiene una frecuencia de transmisión entre 400 y 470 MHz con una potencia de 40 W, suficiente para la cobertura requerida en el área de trabajo.



*Figura 4. Instalación de antena de radio en la Torre del Aeródromo de la Isla Martín García. Gabinete con equipamiento GPS y Radio.*

Las coordenadas del punto fijo, determinadas a partir de las posiciones registradas en un período de 20 horas de funcionamiento continuo, son las siguientes:

**Geográficas (WGS84)**

Latitud Sur: 34° 11,1106  
Longitud Oeste: 58° 14,9189

**Proyección UTM-21**

Este: 384.937,46 m  
Norte: 6.216.607,17 m

## 2.6 EJECUCION DEL RELEVAMIENTO BATIMETRICO

El alcance del relevamiento batimétrico es el siguiente:

- Tres batimetrías longitudinales: eje y veriles.
- Perfiles batimétricos transversales en un ancho de 600 metros (300 m cada lado del eje) y cada 200 metros medidos sobre el eje.
- Relevamiento con perfiles cada 500 m sobre las áreas complementarias (identificadas a priori como posibles áreas de vaciado).

Cabe destacar que si bien para el relevamiento batimétrico se ha tomado una traza tentativa del eje del canal, justamente uno de los objetivos de este relevamiento es realizar el ajuste de dicha traza, buscando la optimización en el aprovechamiento de las profundidades existentes y por lo tanto en algunos sectores se han efectuado los perfiles con una extensión mayor a la prevista inicialmente.

La primera campaña batimétrica se realizó entre los días 10 y 14 de Abril de 2014. Conjuntamente con este relevamiento batimétrico se realizó la recolección de muestras de agua y sedimentos, tal como se informa más adelante en el apartado correspondiente a este tema.

La segunda campaña batimétrica se realizó entre los días 28 de 01 de Mayo de 2014, conjuntamente con el relevamiento geofísico.

Previo a esta segunda campaña y como resultado de la primera, se ajustó la traza del canal de referencia, optimizando en base a los primeros resultados el uso de las profundidades disponibles. El Esquema **ES1** muestra la Traza A y el Esquema **ES2** presenta la Traza B inicialmente planteada (identificada como Variante Traza B-1), así como la traza ajustada luego del primer relevamiento, sobre el cual se completó el levantamiento batimétrico y geofísico.

Sobre las trazas utilizadas como base para el relevamiento se estableció un progresivado de referencia, para lo cual se asigna en el origen de cada tramo (A y B) el mismo progresivado que le corresponde en el canal actual. Luego las progresivas aumentan conforme se avanza aguas arriba sobre la traza definida.

Cabe destacar que este progresivado es solo provisorio y con fines de ordenar el relevamiento, puesto que finalmente una vez fijada la traza del canal podrán asignarse las progresivas definitivas.

Los trabajos batimétricos implicaron:

#### Tramo A - Perfiles Longitudinales

Se ejecutaron los tres perfiles longitudinales previstos. Uno por el eje de la traza y uno a cada lado del mismo, distanciados en 60 m respecto del eje.

#### Tramo A - Perfiles Transversales

Las mediciones de los perfiles transversales se ejecutaron considerando en principio que los mismos abarquen 300m a cada lado del eje (600m en total), separados entre ellos 200m. En los casos que se detectó como necesario los perfiles fueron extendidos a una longitud mayor.

#### Tramo B - Perfiles Longitudinales

Los perfiles longitudinales del Tramo B fueron ejecutados conjuntamente con el relevamiento geofísico ya que el mismo debe desarrollarse cubriendo en forma longitudinal la totalidad de este tramo.

Se ejecutaron los tres perfiles longitudinales previstos. Uno por el eje de la traza y uno a cada lado del mismo, distanciados en 60 m respecto del eje.

#### Tramo B - Perfiles Transversales

Las mediciones de los perfiles transversales se realizaron considerando en principio que los mismos abarquen 300m a cada lado del eje (600m en total), separados entre ellos 200m.

Debido a las particularidades presentadas en el trabajo de campo, en particular vinculadas a las diferencias encontradas en la posición del talweg del canal (zona más profunda), respecto de la traza inicialmente planteada, se indican algunos detalles por sectores:

- *Progresiva 539.000 a 546.600*: La zona de la Barra del Globo presentaba una gran incertidumbre en cuanto a las profundidades existentes, por lo que en la primera campaña se relevaron extensos perfiles (de 700 a 2.000m) para definirla con mayor precisión. Para ello se realizaron 13 perfiles en total, separados 400m entre ellos. Luego en la segunda campaña se completaron la totalidad de los perfiles previstos.
- *Progresiva 546.600 - 557.800*: en la primera campaña, a los fines de obtener una primera información de campo se relevaron únicamente dos perfiles transversales suficientemente extensos como para cubrir la zona de mayor profundidad (Progresivas 555.000 y 551.000), luego en la segunda campaña se completaron la totalidad de los perfiles transversales previstos.
- *Progresiva 557.800 a 571.600*: En el trabajo de campo se apreció que las zonas de mayor profundidad se encontraban desplazadas hacia el noreste respecto al eje planteado en gabinete inicialmente. En base a lo anterior se decidió relevar perfiles con la misma orientación pero trasladados según la información obtenida en campo. Adicionalmente se extendieron algunos perfiles hasta los 1.000m de longitud.
- *Progresiva 571.600 a 575.000*: Debido a la presencia de una zona de muy baja profundidad y la dificultad para realizar correctamente los perfiles transversales se optó por un primer conocimiento del sector mediante un perfil longitudinal auxiliar capaz de

brindar mayor información para la siguiente campaña. En rigor, por la información relevada y la proporcionada por las cartas de navegación de uso habitual en la zona, se ha verificado que existe en este sector un banco de arena, con muy poca profundidad. En razón de ello para la segunda campaña se realizó la investigación de las profundidades existentes sobre el subtramo alternativo que se indica en la Figura, acortando el recorrido hacia empalmar con el canal actual por el norte de la Isla Martín García.

- *Progresiva 575.000 a 580.800*: Se realizaron correctamente todas las transectas programadas, llevando en ciertas zonas los perfiles hasta 1.000m de extensión.
- *Progresiva 571.600 a 574.000 – Subtramo por el norte de Isla Martín García*: Se realizó una navegación y registro batimétrico en zig-zag a los efectos de una primera investigación y luego se completó el relevamiento del tramo con perfiles cada 200 metros y los tres longitudinales en toda su extensión.

#### Zonas complementarias

En la segunda campaña batimétrica se realizó el relevamiento de profundidades sobre las zonas previamente identificadas como complementarias. Cabe mencionar que las áreas demarcadas originalmente fueron tomadas como una guía general de localización de las zonas a relevar, ya que luego en campo se fueron ajustando tanto la posición como la extensión de los perfiles en función de la morfología real del fondo.

## 2.7 PROCESAMIENTO, MDT y PLANOS BATIMETRICOS

A partir de la recepción de los archivos digitales producidos en campo se realizó el procesamiento de la información, la confección de los planos batimétricos (**BT1** hojas 1 a 8) y el Modelo Digital del Terreno (MDT).

Un MDT es una representación probabilista del terreno, obtenida mediante el tratamiento matemático de una grilla posición-profundidad. Esto implica la interpolación de resultados entre perfiles, donde la experiencia muestra un muy buen desempeño de la herramienta informática. Cabe mencionar que el MDT queda resuelto con muy buena precisión en los sectores internos del área relevada, disminuyendo su representatividad en los sectores externos, sobre los límites de la misma.

A los fines de la reducción de los sondeos, es decir la determinación de los mismos respecto de un plano de referencia, se recopilaron los datos de mareas correspondientes al período de campaña en los mareógrafos de Colonia, Conchillas y Carmelo.

Para crear el MDT se partió de la información batimétrica, previamente procesada, donde ya se establecieron las profundidades en metros referidas al cero LIMB. Mediante el uso de Global Mapper, se generó una grilla en la cual se interpolaron los valores de profundidad.

En el **Anexo – Perfiles Transversales del canal**, se puede observar perfiles del terreno cada 250 m. Los mismos fueron obtenidos mediante el MDT, y superponiendo sobre los mismos las dimensiones teóricas del canal, calculadas según se explicita en el **Capítulo 6**.

### 3. ESTUDIOS GEOFÍSICOS

#### 3.1 ALISTAMIENTO DE LA EMBARCACION Y EQUIPOS DE GEOFISICA

Previo a la ejecución del relevamiento de campo se realizó el montaje del equipo geofísico sobre la embarcación CARIBDIS, y el conexionado correspondiente con los sistemas de navegación, posicionamiento y ecosonda del barco.

Las fotografías ilustran sobre el montaje de los transductores instalados en la banda de babor y los equipos instalados en el interior de la embarcación:



*Figura 5. Embarcación CARIBDIS y perfilador de subsuelo*



*Figura 6. Sonda del perfilador de subsuelo.*



*Figura 7. Componentes electrónicos de procesamiento. Perfilador de subsuelo.*

## 3.2 RELEVAMIENTO DE CAMPO

Se relevaron tres perfiles a lo largo de la traza, uno por el eje del canal y uno a cada lado del mismo a una distancia de aproximadamente 60m. Luego se levantaron perfiles perpendiculares a la traza proyectada, cuya ubicación fue decidida en campo a partir de la interpretación preliminar de los registros sísmicos longitudinales, de modo de investigar en mayor detalle aquellas zonas de particular interés.

## 3.3 METODOS DE TRABAJO

### 3.3.3 Métodos de campo de la prospección sísmica

Al equipamiento utilizado, en su conjunto, se lo identifica como un *Perfilador del subsuelo (Subbotom Profiler) de 3.5 kHz*, compuesto por:

- Transmitter Geopulse Modelo 5430A; Marca Geoacoustics Limited, de frecuencia variable entre 2 kHz hasta 12 kHz.
- Arreglo de 4 transductores Geopulse modelo 137D, potencia máxima de 10 Kw.
- Software de adquisición y procesamiento.

Para la determinación sismoestratigráficas del subsuelo se utilizó un perfilador sísmico de alta resolución. El sistema empleado se compone de una fuente acústica modelo GEOPULSE TRANSMITER 5430A, con frecuencia de emisión seleccionable entre 2 y 12 Khz (Fig. 1, A). Durante el relevamiento se optó por 3,5 Khz. por ser esta la frecuencia más indicada a los fines propuestos.

La señal recibida fue filtrada y amplificada mediante un procesador electrónico (Fig. 1, B) y posteriormente digitalizada (Fig. 1, C). El sistema se completa con una PC de adquisición y almacenamiento de los datos (Fig. 1, D).



Figura 8. Instrumental Geofísico instalado (Transmitter GeoPulse y Digitalizador)

Un arreglo de cuatro transductores GeoAcoustics 137D fueron utilizados para la generación y recepción de la onda sísmica. Estos, fijados en conjunto a una estructura

metálica a babor de la embarcación (Fig. 2), permitieron la utilización de una potencia máxima de 10 Kw.



Fig. 2.- Estructura donde fueron montados los transductores sísmicos y detalle de los mismos.



Figura 9. Celda de 4 Transductores y estructura soporte

La operación del sistema y la adquisición de la información durante la tarea de relevamiento se llevó a cabo de manera digital mediante un “software” específico (Sonar Wiz 5 SBP). El referenciamiento de los sismogramas se realizó automáticamente en tiempo real, cuya posición latitud-longitud fue almacenada de modo continuo por el programa de adquisición sísmica mediante la conexión con el DGPS.

La prospección realizada consistió en tres perfiles longitudinales a la traza, uno por el eje del canal y uno a cada lado del mismo, a una distancia de aproximadamente 60m.

Asimismo, se relevaron 79 perfiles transversales a la traza proyectada, con una longitud de 600 m cada uno de ellos.

El espaciamiento o alternancia de los perfiles transversales se estableció durante el trabajo de campo, priorizando el tramo donde fue detectada la formación granítica en el subsuelo fluvial, a través de las líneas longitudinales. De esta manera, se densificó el relevamiento en las adyacencias de la isla Martín García, realizando transversales cada 200 m, en coincidencia con los perfiles batimétricos.

### 3.3.4 Procesamiento y análisis de la información

El análisis de los datos sísmicos se llevó a cabo a través de la interpretación de los sismogramas obtenidos. Todos los registros fueron procesados digitalmente por medio de la aplicación de variables, como TVG (ganancia variable en tiempo) y filtros, de manera de destacar y optimizar la configuración acústica del subsuelo.

La interpretación sísmoestratigráfica de los resultados obtenidos se basó en:

- 1) el análisis de las terminaciones laterales de los diversos reflectores del subsuelo, definiendo las diferentes unidades sísmoestratigráficas, en concordancia con conceptos generales de estratigrafía sísmica (Mitchum *et al.* 1977);
- 2) la caracterización de las configuraciones o facies acústicas determinadas en el tramo relevado, según el criterio aplicado por Damuth (1975, 1980).

El procesamiento y análisis de todos los perfiles sísmicos permitió realizar el cálculo de los espesores sedimentarios, posibilitando el posicionamiento vertical en el subsuelo fluvial del techo (discontinuidades) de las diversas unidades sísmicas definidas. Para ello fue aplicada la siguiente ecuación general:

$$D = V * (T/2)$$

donde: D (metros)= espesor de la capa considerada.

V (m/seg) = velocidad de propagación del sonido.

T (seg) = tiempo de doble recorrido (ida-vuelta) de la onda acústica.

Para el cálculo de los espesores sedimentarios se empleó una velocidad media de propagación del sonido de 1650 m/seg, en concordancia con el material limo arenoso arcilloso que prevalece en el subfondo fluvial, según atestiguan los datos de perforaciones existentes, correspondientes a Informes Técnicos disponibles (GEOPROYECTOS, 1992 y 2007; RIOVIA S.A., 1996). Por otro lado, dichas perforaciones fueron de referencia para “calibrar” sedimentológicamente los diversos estratos y materiales que muestran los perfiles sísmicos, correlacionando configuración acústica y tipo de material. Esto permitió una caracterización regional de los materiales del subsuelo a lo largo de la traza estudiada.

---

### 3.4 RESULTADOS GEOFISICOS

Mediante la integración de los datos de los perfiles relevados a lo largo de la traza estudiada, se han definido diversas unidades sismoestratigráficas, cada una de las cuales diferenciadas por configuraciones acústicas particulares. Estas unidades son caracterizadas sedimentológicamente por:

- 1) las facies sísmica o disposición de reflectores internos, los cuales evidencian las cualidades sedimentarias de la unidad
- 2) la correlación de los sismogramas con datos de perforaciones profundas existentes en el área de estudio (Geoproyectos, 1992 y 2007; Riovía s.a., 1996).

Por otro lado, cabe mencionar que las acumulaciones de gas en sedimentos del subfondo fluvial se constituyen en verdaderas barreras para las ondas sísmicas. La existencia de tales anomalías en la zona del presente estudio ya fue mencionada en relevamientos previos (Ocean Survey/Hidrosud, 1992; EIH - CEOPYD - HARTENECK LOPEZ Y CIA, 2006).

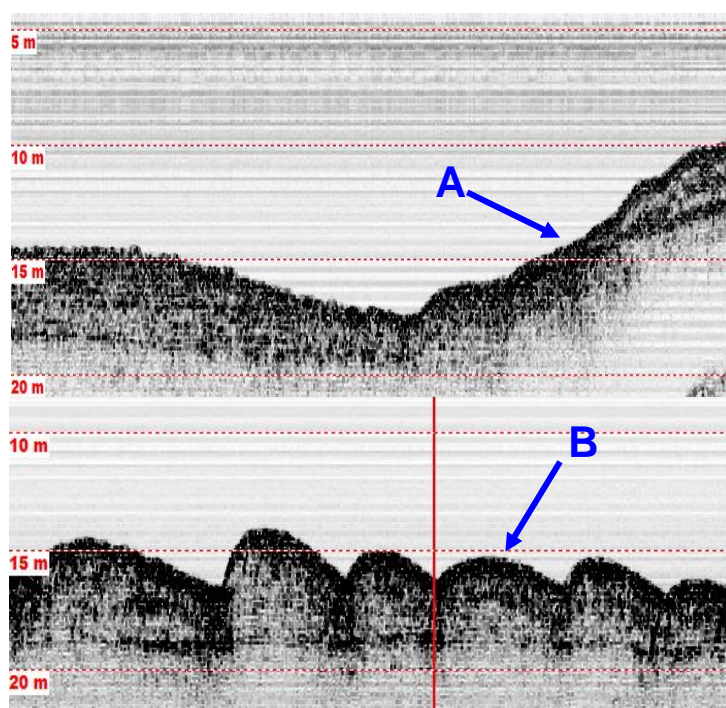
Las moléculas de gas, principalmente metano, provenientes de la descomposición de la materia orgánica y que se encuentran atrapada entre las partículas del sedimento, reducen sensiblemente la penetración acústica en el subsuelo. La energía sísmica, dependiendo del grado de concentración del gas (Aliotta et al., 2002), es reflejada total o parcialmente en dichas acumulaciones, impidiendo así la penetración acústica y evitando una correcta determinación de las unidades sísmicas del subfondo. Los sedimentos gasíferos y la turbidez acústica que ellos producen, se han observados en parte del trazado estudiado, principalmente en sectores de veriles del canal natural y zonas de baja profundidad.

La columna sismoestratigráfica definida a lo largo de la traza considerada es descripta a continuación:

### Unidad sísmica I

Corresponde a los sedimentos más modernos, los cuales se hallan en equilibrio con las condiciones hidrosedimentológicas actuales. Por lo general, se observa con un espesor variable (2-5 m) y acústicamente se presenta semi transparente y reflectores poco notables. Esta unidad se localiza en:

- 1) Los sectores de baja profundidad, formando el estrato superior de los embancamientos (Fig. 3, A). Se constituye por un limo arcillo arenoso muy blando. En estos sitios, en general, dicha unidad se asocia a la presencia de acumulaciones gasíferas que enturbian la reflexión sísmica, imposibilitando las determinaciones en el subfondo.
- 2) Los sectores de mayor profundidad y corresponde a una arena fina, la cual se constituye en el material generador de dunas. Las mismas llegan a desarrollar alturas de hasta 2,5 m (Fig. 3, B).



*Figura 10. Unidad sísmica I. A- Limo arcillo arenoso. B) arena fina.*

### Unidad sísmica II

Esta unidad posee una amplia distribución regional y subyace a los sedimentos actuales. Se identifica en los registros por presentar una configuración sísmica constituida, en general, por una marcada estratificación, con reflectores subhorizontales y paralelos, de elevada continuidad lateral (Fig. 4). Su composición corresponde a un limo con delgadas capas de arena y arcilla, que varía de blando a débilmente compacto. En algunos sector profundos y veriles del canal natural, esta unidad aflora en el lecho y está siendo erosionada por los procesos hidrodinámicos actuales. Dicho proceso erosivo queda evidenciado por la terminación "top lap" (o truncamiento) de los reflectores antiguo con la superficie del fondo (Fig. 4, B).

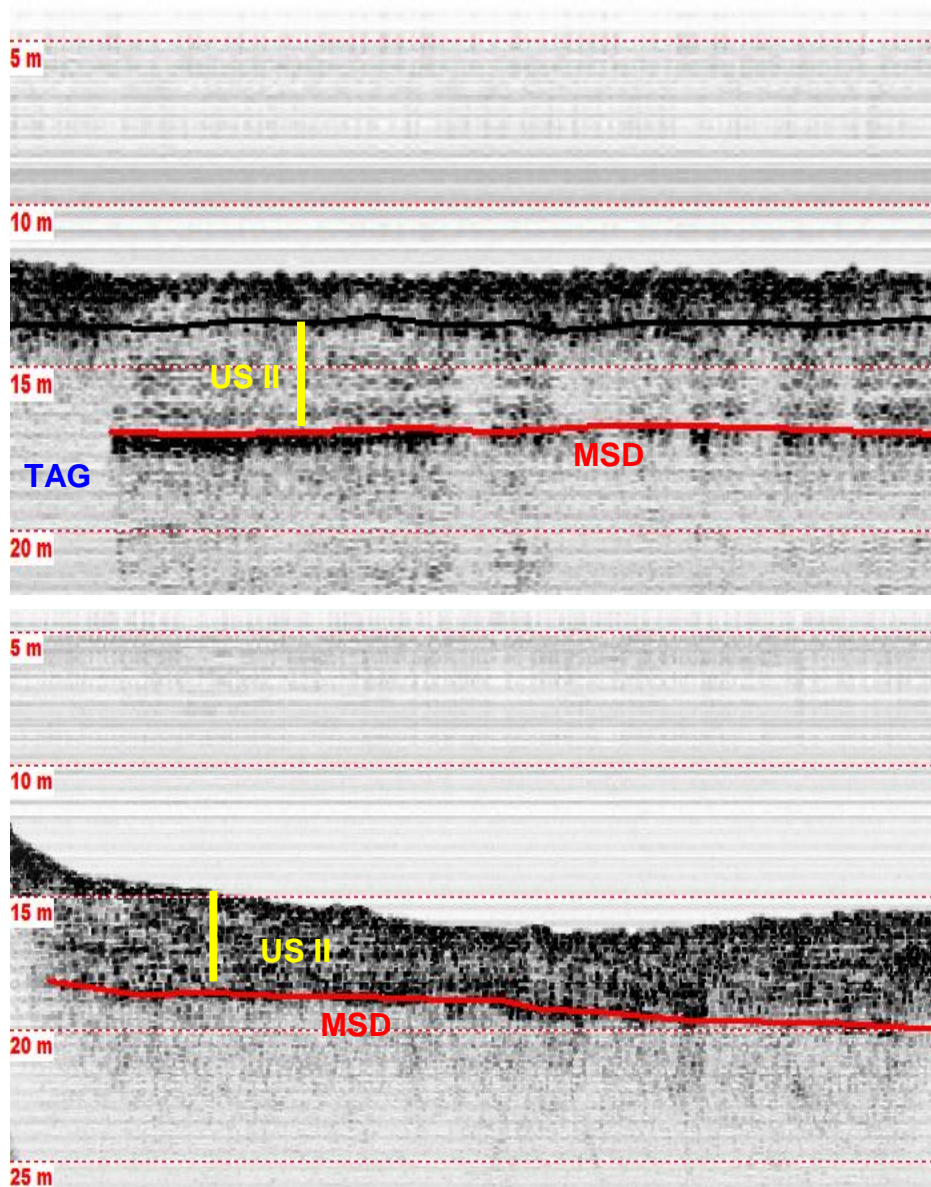
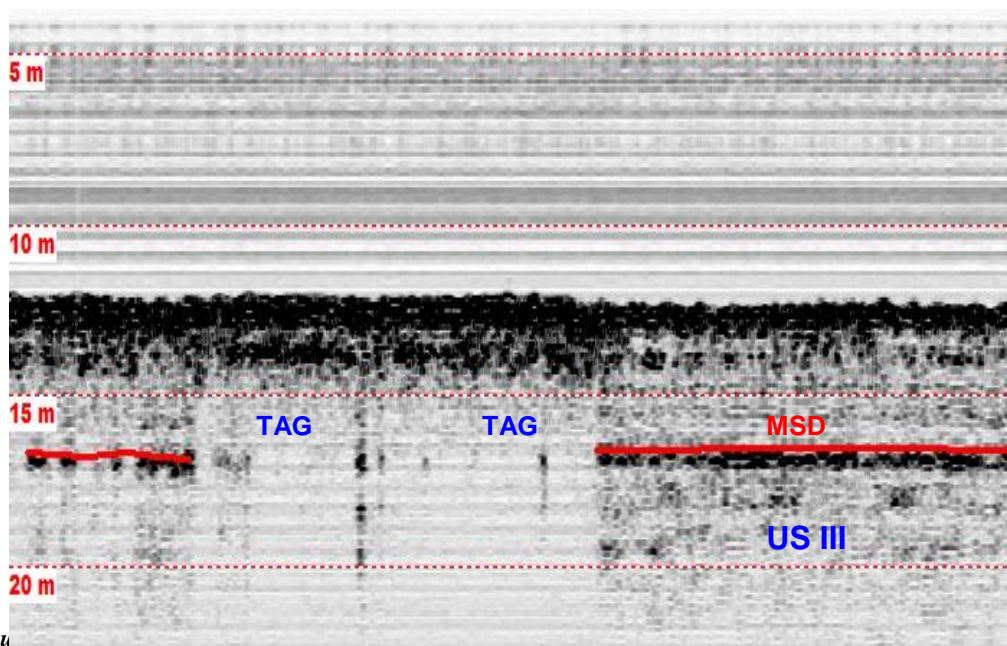


Figura 11. Unidad sísmica II (US II). Se observa la unidad sísmica I (ya definida) y la discontinuidad (en rojo) que marca el piso de US II, material sedimentario duro (MSD). TAG: Turbidez acústica por gas.

### Unidad sísmica III

La existencia de esta unidad resulta una constante a lo largo de toda la traza estudiada, tanto en los perfiles longitudinales como en los transversales. Si bien, el techo de esta formación se presenta como un reflector de elevada respuesta acústica (Fig. 5), su configuración interna sólo posee reflectores escasamente definidos y continuos. En las zonas de mayor profundidad, como ser al sur de la isla Martín García, la misma aflora en la superficie del fondo y constituye el lecho fluvial (Fig. 5). La característica sismoacústica de esta unidad, junto con algunos datos de perforaciones, indica que la misma se halla constituida por arena fina o limo arenoso, relativamente duro y con un grado variable de compactación. Debido a la diferenciación en la dureza de estos materiales con respecto a los sedimentos blandos que forman las unidades superiores, al techo de la unidad III se lo define como MSD (Material Sedimentario Duro). De este límite, que constituye la discontinuidad sedimento blando-material duro (Fig. 4), se calcularon los espesores sedimentarios suprayacentes a lo largo de todo el perfil longitudinal, correspondiente al eje de la traza proyectada. Esto permitió definir la variabilidad altimétrica del contacto sedimento blando-material duro (Ver Plano adjunto), a los fines de su evaluación para las futuras tareas de profundización.



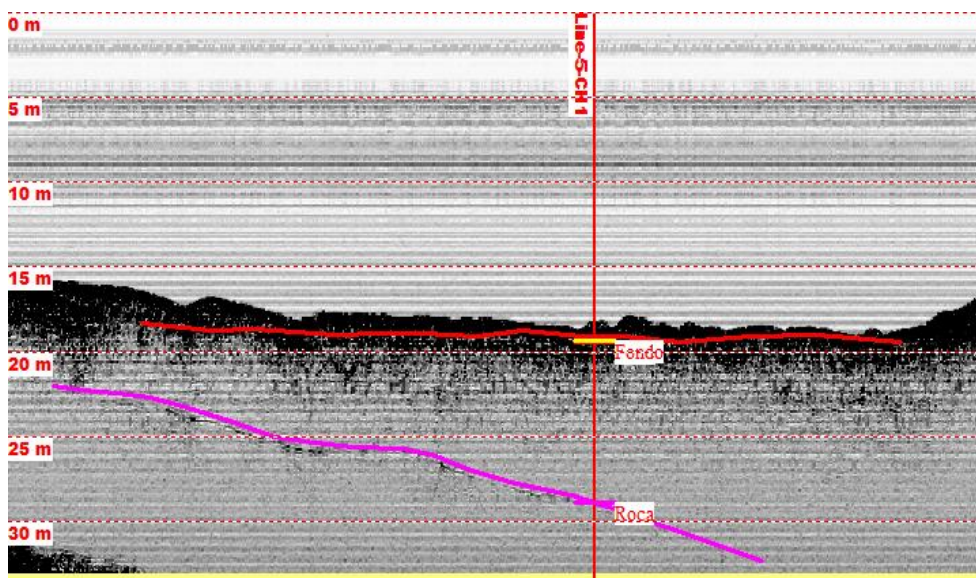
Figura

(MSD).

*TAG: Turbidez acústica por gas.*

#### Unidad sísmica IV

Dicha unidad la constituye la roca granítica, la cual conforma el basamento rocoso de las unidades sedimentarias arriba descritas. El techo de esta roca aparece en la registración sísmica al sur y suroeste de la isla Martín García, conformando un reflector ondulado e irregular, siempre a profundidades mayores a los 20 m (*Figura 13*).



*Figura 13. Unidad sísmica IV (US IV). Se marca el techo de la roca granítica (debajo de US III), la cual se encuentra a menor profundidad hacia la isla Martín García.*

Los resultados de la prospección acústica se puede observar en el plano **GF1** y **GF2**.

En el **Anexo Estudios Geofísicos**, se presentan mayores detalles sobre la metodología aplicada y resultados obtenidos.

## 4. PERFORACIONES

Se realizó una serie de perforaciones para determinar los estratos que componen el lecho fluvial, en lugares donde se proyectan tareas de dragado para aumentar la profundidad y permitir la navegación. Se perforó en el cauce del Río de la Plata entre el Km. 62 a 77,6 y Km.78 a 122 del Balizamiento del Canal Martín García, medidos sobre la traza alternativa del Canal Buenos Aires.

### 4.1 TRABAJO EN EL TERRENO

Se ejecutaron 13 perforaciones que alcanzaron las siguientes cotas y profundidades:

*Tabla 1. Sondeos realizados en el Tramo A*

| Sondeo | Coordenada S | Coordenada W | Cota nivel de agua [m.] | Cota lecho río [m.] | Cota fondo perforación [m.] | Prof. desde el lecho [m.] |
|--------|--------------|--------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------|
| PA1    | 34°26'33,8"  | 57°58'13,7"  | 0,85                    | -3,75               | -12,35                      | 8,6                       |
| PA2    | 34°25'13,3"  | 57°58'56,1"  | 0,8                     | -4                  | -12,65                      | 8,65                      |
| PA3    | 34°23'18,4"  | 57°59'56,6"  | 0,35                    | -5,25               | -13,05                      | 7,8                       |

*Tabla 2. Sondeos realizados en el Tramo B*

| Sondeo | Coordenada S | Coordenada W | Cota nivel de agua [m.] | Cota lecho río [m.] | Cota fondo perforación [m.] | Prof. desde el lecho [m.] |
|--------|--------------|--------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------|
| PB1    | 34°21'29,5"  | 58°01'04,4"0 | 1,1                     | -3,4                | -12,75                      | 9,35                      |
| PB2    | 34°20'59,6"  | 58°01'59,7"  | 0,85                    | -3,15               | -12,65                      | 9,5                       |
| PB3    | 34°20'03,8"  | 58°03'43,0"  | 0,9                     | -2,6                | -12,55                      | 9,95                      |
| PB4    | 34°19'21,7"  | 58°04'16,9"  | 0,65                    | -3,75               | -12,65                      | 8,9                       |
| PB5    | 34°10'33,4"  | 58°16'51,4"  | 0,45                    | -8,95               | -12,6                       | 3,65                      |
| PB6    | 34°10'25,3"  | 58°16'52,5"  | 0,05                    | -8,35               | -13                         | 4,65                      |
| PB7    | 34°10'12,9"  | 58°16'56,2"  | 1,4                     | -7,2                | -12,85                      | 5,65                      |
| PB8    | 34°10'00,5"  | 58°16'58,7"  | 1                       | -7                  | -12,65                      | 5,65                      |
| PB9    | 34°09'47,0"  | 58°17'01,5"  | 0,8                     | -6,5                | -12,95                      | 6,45                      |
| PB10   | 34°09'34,4"  | 58°17'04,8"  | 0,75                    | -7,75               | -12,4                       | 4,65                      |

Las perforaciones se ejecutaron atravesando arenas y suelos finos, limos y arcillas. Se empleó el método percusivo, con camisa de acero e inyección de lodo bentonítico. Se tomaron muestras de suelos con intervalos de un metro, realizando ensayos de penetración standard en base a la Norma ASTM D 1586-99. La caída de la pesa en los ensayos fue completamente libre sin pérdida de energía por rozamiento.

Las muestras recuperadas, debidamente acondicionadas, fueron enviadas a laboratorio para su ensayo.

## 4.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las muestras de suelo recuperadas se realizaron las determinaciones necesarias para poder proceder a su clasificación según el Sistema Unificado. Entre las pruebas realizadas se encuentran: límite líquido, límite plástico y porcentaje de partículas menores que las mallas de los tamices n° 40 y 200, mediante lavado, así como también humedad natural. Con las muestras arenosas, se hicieron ensayos granulométricos empleando los tamices  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ " y n° 4, 10, 40, 60, 100 y 200.

## 4.3 RESULTADOS Y PERFILES DEL TERRENO

Se obtuvieron los siguientes resultados para cada muestra:

- Límite líquido.
- Límite plástico.
- Porcentaje de partículas menores que las mallas de los tamices n° 40 y 200.
- Humedad natural.
- Ensayos granulométricos empleando los tamices  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ " y n° 4, 10, 40, 60, 100 y 200.
- Ensayo de Penetración Standard

Los resultados mencionados y su representación sobre perfiles geotécnicos del terreno se pueden observar en el **Anexo – Perforaciones y Muestras de Suelos**. Se pudo comprobar que el lecho fluvial está compuesto por limos y arcillas muy blandas, así como por arenas sueltas. Los estratos duros se encuentran por debajo del nivel de la solera proyectada.

## 5. ANALISIS FISICO-QUIMICO DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS

### 5.1 MUESTREO DE AGUA Y SEDIMENTOS EN CAMPO

Durante el desarrollo de la primera campaña batimétrica se realizó la extracción de muestras de agua y sedimentos en 10 puntos distribuidos en el área de estudio.

En cada tramo bajo estudio se extrajeron las siguientes muestras:

En tramo Alternativa A: tres (3) muestras de suelos y tres (3) muestras de agua.

En tramo Alternativa B: siete (7) muestras de suelos y siete (7) muestras de agua.

Los puntos de muestreo se ubicaron procurando que queden aproximadamente equiespaciados y a su vez representen los cambios morfológicos del lecho.

**Draga o Cuchara tipo Snapper.** Para la obtención de muestras del material de fondo se empleó una draga o cuchara que al hacer contacto con el fondo activa un mecanismo de cierre permitiendo que una muestra del material del lecho quede retenida en la misma. Una vez en la cubierta de la embarcación se recupera la muestra y se la dispone en bolsas de nylon, se rotulan y se conservan en frío. En la **Figura 14** se puede observar la cuchara utilizada.



*Figura 14. Obtención de muestras de sedimentos de fondo.*

**Muestreador de Agua:** Para el muestreo de agua se utilizó un dispositivo, **Figura 15**, que mediante un adecuado mecanismo, permite el cierre completo del recinto interior (botella) para garantizar que la muestra no se pierda o se contamine.



*Figura 15. Obtención de muestras de agua.*



*Figura 16. Medición de Temperatura y Oxígeno Disuelto in situ.*

La posición de los muestreos de agua y sedimentos se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Puntos de muestreo y datos asociados.**

| Muestra | Fecha      | Hora     | X (m)   | Y (m)     | Profundidad (m) | Marea     |
|---------|------------|----------|---------|-----------|-----------------|-----------|
| 1       | 11/04/2014 | 13:28:09 | 411.959 | 6.185.895 | 6,1             | Creciente |
| 2       | 11/04/2014 | 14:05:10 | 410.404 | 6.189.355 | 5,5             | Creciente |
| 3       | 11/04/2014 | 15:23:46 | 408.926 | 6.192.817 | 5,8             | Creciente |
| 4       | 14/04/2014 | 18:57:34 | 404.597 | 6.198.588 | 3,5             | Bajante   |
| 5       | 14/04/2014 | 17:58:25 | 402.255 | 6.200.300 | 4,2             | Bajante   |
| 6       | 14/04/2014 | 16:58:41 | 398.386 | 6.205.401 | 8,6             | Bajante   |
| 7       | 14/04/2014 | 16:32:34 | 395.128 | 6.207.702 | 9,0             | Bajante   |
| 8       | 14/04/2014 | 15:27:58 | 391.662 | 6.210.006 | 11,0            | Bajante   |
| 9       | 14/04/2014 | 11:23:59 | 382.753 | 6.215.912 | 13,7            | Bajante   |
| 10      | 14/04/2014 | 10:11:21 | 378.921 | 6.219.724 | 13,9            | Bajante   |

Posiciones en Proyección UTM-21

En los planos batimétricos adjuntos se indica la posición de cada uno de los sitios de muestreo.

## 5.2 ANALISIS DE LABORATORIO

Las muestras fueron convenientemente dispuestas en los envases provistos por el laboratorio, acondicionadas, rotuladas y conservadas en frío.



**Figura 17. Conservación de muestras de agua y sedimentos**

Las muestras así acondicionadas y conservadas fueron entregadas al laboratorio para la ejecución de los análisis físico – químicos previstos.

### **5.3 RESULTADOS SOBRE MUESTRAS DE AGUA Y SEDIMENTOS**

Los análisis fueron ejecutados por el Laboratorio. Los resultados obtenidos se resumen a continuación. Información más detallada puede observarse en el **Anexo – Granulometría de Sedimentos de Fondo.**

Tabla 4. Resultados sobre muestras de sedimentos de fondo

| Parámetro              | Método             | Unidad | MUESTRA |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|------------------------|--------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        |                    |        | 1       | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| Mercurio               | EPA 7471 B         | mg/kg  | < 0,3   | < 0,3  | < 0,3  | < 0,3  | < 0,3  | < 0,3  | < 0,3  | < 0,3  | < 0,3  | < 0,3  |
| Plomo                  | EPA 3050 B/ 6010 C | mg/kg  | < 20,0  | < 20,0 | < 20,0 | < 20,0 | < 20,0 | < 20,0 | < 20,0 | < 20,0 | < 20,0 | < 20,0 |
| Cobre Total            | EPA 3050 B/ 6010 C | mg/kg  | 8,8     | 10,6   | 8      | < 5,0  | < 5,0  | < 5,0  | 18,7   | < 5,0  | 16,8   | < 5,0  |
| Cromo                  | EPA 3050 B/ 6010 C | mg/kg  | 8,7     | 9,3    | 8,3    | < 5,0  | < 5,0  | < 5,0  | 12,5   | < 5,0  | 10,5   | < 5,0  |
| Níquel                 | EPA 3050 B/ 6010 C | mg/kg  | < 5,0   | < 5,0  | < 5,0  | < 5,0  | < 5,0  | < 5,0  | < 5,0  | < 5,0  | < 5,0  | < 5,0  |
| Cadmio                 | EPA 3050 B/ 6010 C | mg/kg  | < 0,5   | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  |
| Zinc                   | EPA 3050 B/ 6010 C | mg/kg  | 19,2    | 18,9   | 18,7   | 7,5    | < 5,0  | < 5,0  | 20,4   | < 5,0  | 25,6   | < 5,0  |
| Arsénico               | EPA 3050 B/ 6010 C | mg/kg  | < 10,0  | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 | < 10,0 |
| Hierro                 | EPA 3050 B/ 6010 C | mg/kg  | 24.900  | 25.200 | 20.500 | 6.740  | 4.530  | 2.560  | 48.400 | 1.740  | 40.300 | 2.700  |
| Manganeso              | EPA 3050 B/ 6010 C | mg/kg  | 595     | 740    | 418    | 186    | 565    | 264    | 1.130  | 52,3   | 1370   | 68,4   |
| Bifenilos Policlorados | EPA 3550 C/ 8082 A | mg/kg  | < 0,5   | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  | < 0,5  |
| Hidrocarburos Totales  | EPA 3550 C/ 418.1  | mg/kg  | < 50,0  | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 |
| Aceite y Materia Grasa | EPA 3550 C/ 413.2  | mg/kg  | < 50,0  | 62     | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 | < 50,0 |

Tabla 5. Resultados sobre muestras de agua.

| Parámetro              | Método    | Unidad | MUESTRA |        |        |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------|-----------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                        |           |        | 1       | 2      | 3      | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| Temperatura            | in situ   | ° C    | 20,1    | 20,3   | 20,1   | 20,1  | 20,2  | 20,3  | 20,3  | 20,8  | 20,7  | 20,3  |
| Oxígeno Disuelto (OD)  | in situ   | mg/l   | 7,5     | 7,7    | 7,6    | 7,6   | 7,7   | 7,1   | 8,0   | 7,7   | 7,4   | 7,8   |
| D.B.O.5                | SM 5210 B | mg/l   | < 5,0   | < 5,0  | < 5,0  | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 | < 5,0 |
| Materia Orgánica (DQO) | SM 5220 D | mg/l   | 36      | 83,6   | 28     | 32,3  | 29,3  | 29,3  | 27,6  | 18,3  | 30,3  | 34,6  |
| Sólidos Suspendidos    | SM 2540-D | mg/l   | < 10    | 24     | 16     | 70    | 90    | 110   | 94    | 80    | 74    | 104   |
| Cloruro                | SM 4110 B | mg/l   | 6,2     | 7,9    | 9,5    | 14    | 13,8  | 13,9  | 14,2  | 13,4  | 14,4  | 14,8  |
| Sulfato                | SM 4110 B | mg/l   | < 10,0  | < 10,0 | < 10,0 | 13,2  | 13,6  | 12,7  | 12,9  | 11,3  | 13,6  | 14,7  |

Tabla 6. Resultado del análisis granulométrico.

| Muestra nº           | 732022                | 732023                | 732024                | 732025       | 732026       | 732027       | 732028         | 732029       | 732030                 | 732031       |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|------------------------|--------------|
| Diámetro             | Suelo 1               | Suelo 2               | Suelo 3               | Suelo 4      | Suelo 5      | Suelo 6      | Suelo 7        | Suelo 8      | Suelo 9                | Suelo 10     |
| [µm.]                | [% Retenido]          | [% Retenido]          | [% Retenido]          | [% Retenido] | [% Retenido] | [% Retenido] | [% Retenido]   | [% Retenido] | [% Retenido]           | [% Retenido] |
| 8000.00              | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00           | 0.00         | 0.00                   | 0.00         |
| 4000.00              | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00           | 0.00         | 0.00                   | 0.00         |
| 2000.00              | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | 0.00         | 0.26         | 0.00         | 8.01           | 0.00         | 0.48                   | 0.00         |
| 1000.00              | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | 0.20         | 1.04         | 0.00         | 9.56           | 0.11         | 0.59                   | 0.00         |
| 500.00               | 0.00                  | 0.06                  | 0.00                  | 0.38         | 3.31         | 0.04         | 10.43          | 6.90         | 0.84                   | 1.81         |
| 250.00               | 0.40                  | 0.23                  | 0.21                  | 0.69         | 53.28        | 2.06         | 13.02          | 78.21        | 4.34                   | 45.87        |
| 125.00               | 1.10                  | 7.20                  | 1.56                  | 35.93        | 97.40        | 98.75        | 15.30          | 99.14        | 16.82                  | 98.36        |
| 63.00                | 19.15                 | 49.04                 | 26.50                 | 95.42        | 99.83        | 99.90        | 15.41          | 99.96        | 20.59                  | 99.49        |
| 31.00                | 43.63                 | 63.69                 | 49.84                 | 100.00       | 100.00       | 100.00       | 16.59          | 100.00       | 30.16                  | 100.00       |
| 15.60                | 70.33                 | 76.43                 | 66.27                 | 100.00       | 100.00       | 100.00       | 23.64          | 100.00       | 37.81                  | 100.00       |
| 7.80                 | 78.49                 | 80.25                 | 76.65                 | 100.00       | 100.00       | 100.00       | 24.81          | 100.00       | 38.77                  | 100.00       |
| 3.90                 | 82.94                 | 84.71                 | 81.84                 | 100.00       | 100.00       | 100.00       | 31.86          | 100.00       | 41.64                  | 100.00       |
| 2.00                 | 84.42                 | 87.90                 | 82.70                 | 100.00       | 100.00       | 100.00       | 77.68          | 100.00       | 51.21                  | 100.00       |
| menor a 2,0          | 100.00                | 100.00                | 100.00                | 100.00       | 100.00       | 100.00       | 100.00         | 100.00       | 100.00                 | 100.00       |
| <b>Clasificación</b> | <b>limo arcilloso</b> | <b>limo arcilloso</b> | <b>limo arcilloso</b> | <b>arena</b> | <b>arena</b> | <b>arena</b> | <b>arcilla</b> | <b>arena</b> | <b>arcilla arenosa</b> | <b>arena</b> |

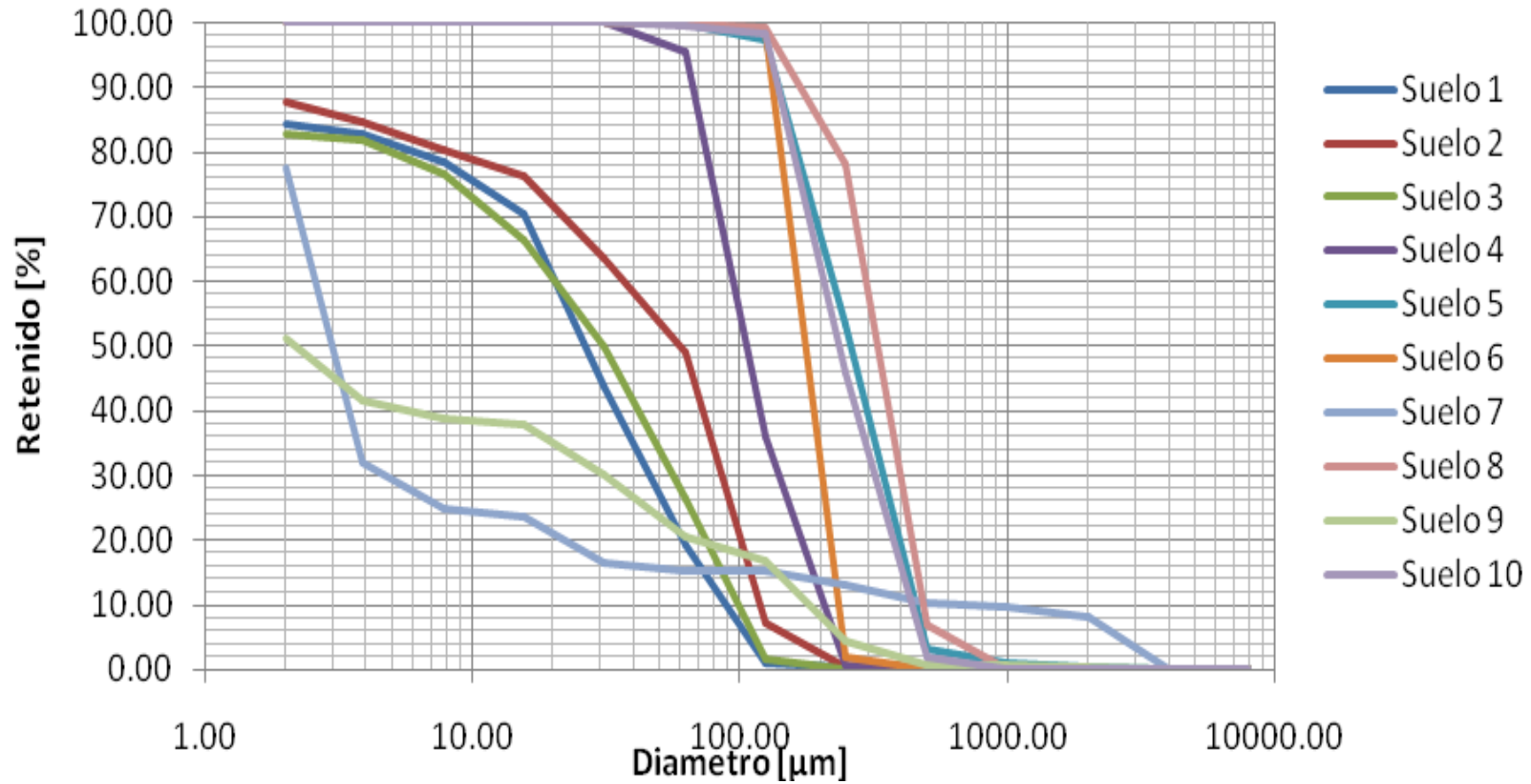


Figura 18. Resultados. Análisis granulométrico.

## 6. DISEÑO DEL CANAL – TRAMOS ALTERNATIVOS

En este punto se desarrollan los principales lineamientos del diseño del Canal cuya traza se desarrolla por los denominados Tramos A y B, alternativos a la ruta actual.

### 6.1 PARAMETROS DE DISEÑO

El buque seleccionado por la CARP para el diseño del canal es de tipo PANAMAX. Se pueden observar a continuación las características de dicho buque, del canal y de la carga.

Buque Tipo: PANAMAX  
Eslora: Loa: 245 m  
Manga: B: 33 m  
Velocidad de navegación: 7 nudos  
Maniobrabilidad del buque: Buena  
Relación Profundidad/Calado: 1,10  
Ayudas a la navegación: Buenas  
Nivel de Riesgo de las cargas: Bajo  
Tipo de Canal: Externo, Aguas abiertas

De acuerdo con los valores indicados en las Recomendaciones, la velocidad de 7 nudos fue considerada ‘baja’, según con las indicaciones del PIANC (de 5 a 8 nudos).

### 6.2 TRAZADO DEL CANAL

Para generar la primera traza tentativa, se utilizó la Carta Náutica H-116 – “Rio de la Plata Medio y Superior” (SHN-RA) y la Carta Náutica ROU-61-“Desde Punta Pereira hasta Puerto de Nueva Palmira”. Con ella se realizó un primer trazado del eje del canal correspondiente a ambas alternativas (Traza A y Traza B-1 de los esquemas **ES1** y **ES2**), tratando de superponer el mismo con los lugares donde se declaraban mayores profundidades y siguiendo la traza tentativa establecida en los Términos de Referencia del presente trabajo.

Posteriormente, y utilizando los resultados de la primer Campaña Batimétrica, se ajustó la traza del canal de referencia, optimizando en base a los primeros resultados el uso de las profundidades disponibles. En el esquema **ES2** se presenta para el Tramo B, la traza inicialmente planteada (identificada como Variante Traza B-1) y la traza ajustada luego del primer relevamiento, sobre el cual se completó el levantamiento batimétrico y geofísico (Traza B-2). Cabe hacer referencia particular al cambio de traza al norte de la isla Martín García, toda vez que del relevamiento efectuado por la traza planteada originalmente se verifica una zona de muy baja profundidad, en coincidencia con la Carta Uruguay, de confección mas reciente que la Argentina.

Por último, se utilizó toda la información batimétrica recopilada durante las dos campañas para realizar ajustes menores a las trazas del Tramo A y Tramo B-2. Se generó un Modelo Digital del Terreno mediante el uso del Global Mapper, según se detalló en el **Sub-Capítulo 2.7**, y se interpoló los valores de profundidad entre los puntos medidos.

Obtenida la representación gráfica, se buscó la coincidencia del eje de la nueva traza con las zonas más profundas del Río de la Plata, tratando de minimizar la existencia de curvas. De esa forma, se definieron tramos rectos de canal.

Los tramos se definieron entre Curvas. Por lo tanto, cada tramo está acotado por las siguientes singularidades:

Tramo A. Entre Empalme con Canal existente y Curva 1.

Tramo B1. Entre Curva 1 y Curva 2.

Tramo B2. Entre Curva 2 y Curva 3.

Tramo B3. Entre Curva 3 y Curva 4.

Tramo B4. Entre Curva 4 y Curva 5.

Tramo B5. Entre Curva 5 y Curva 6.

Tramo B6. Entre Curva 6 y Curva 7.

Tramo B7. Entre Curva 7 y Empalme con Canal Existente.

#### **NOTA:**

El Tramo A comienza en la Prog. 522 del canal actual, valor que se establece como origen del progresivado de este tramo, finalizando entonces en la Prog. 537, medida esta sobre el tramo A alternativo.

El Tramo B comienza en la Prog. 539 del canal actual, valor que se establece como origen del progresivado de este tramo, finalizando entonces en la Prog. 574,4 de la nueva traza.

### **6.3 PROFUNDIDAD DEL CANAL**

La profundidad del canal se estableció en 34' al cero de marea (LIMB), equivalente a 10,36 m, de acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia.

### **6.4 DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE SOLERA**

Para determinar el ancho del canal, se utilizó el método recomendado por el PIANC en su Boletín "Approach Channels. A guide for Design. PTC II-30. Final report. Supplement to Bulletin no 95 (June 1997)".

En el método se determina el ancho de la solera del canal como una proporción de la manga del buque de diseño, de acuerdo a una serie de consideraciones. Los cálculos detallados pueden verse en el **Anexo – Diseño del Canal – Tramos Alternativos**. Los resultados se pueden observar en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Ancho de solera para cada tramo.

| Tramos | Progresivas |       | Longitud [Km] | Proporción de B | Ancho de cálculo (m) | Ancho adoptado (m) |
|--------|-------------|-------|---------------|-----------------|----------------------|--------------------|
| A      | 522,0       | 537,0 | 16,0          | 2,8             | 92,4                 | 100,0              |
| B1     | 539,0       | 544,5 | 6,5           | 2,8             | 92,4                 | 100,0              |
| B2     | 544,5       | 549,6 | 5,1           | 2,8             | 92,4                 | 100,0              |
| B3     | 549,6       | 557,6 | 8,0           | 3               | 99,0                 | 100,0              |
| B4     | 557,6       | 566,5 | 8,9           | 3               | 99,0                 | 100,0              |
| B5     | 566,5       | 569,3 | 2,8           | 3               | 99,0                 | 100,0              |
| B6     | 569,3       | 571,0 | 1,7           | 3               | 99,0                 | 100,0              |
| B7     | 571,0       | 574,3 | 3,3           | 3               | 99,0                 | 100,0              |

## 6.5 EMPALMES Y CURVAS

El diseño de las curvas se basó en “The Coastal Engineering Manual, Part. V” EM 1110-2-1100 (Part V) 31 Jul 2003.

En el mismo se exponen una serie de curvas tipificadas clasificadas según el ángulo formado por los ejes de los tramos analizados.

Se determinaron 7 curvas entre los tramos A y B7, y un empalme entre el tramo A y el canal existente. Los mismos corresponden a:

Tabla 8. Curvas analizadas.

| Elemento  | Código | Angulo [°] | Tipo de Curva | Radio [m] |
|-----------|--------|------------|---------------|-----------|
| Empalme 1 | E1     | 12         | Cutoff Turn   | 1.225     |
| Curva 1   | C1     | 34         | Curved Turn   | 2.450     |
| Curva 2   | C2     | 27         | Apex Turn     | 1.715     |
| Curva 3   | C3     | 28         | Apex Turn     | 1.715     |
| Curva 4   | C4     | 5          | Angle Turn    | 0         |
| Curva 5   | C5     | 15         | Cutoff Turn   | 1.225     |
| Curva 6   | C6     | 16         | Cutoff Turn   | 1.225     |
| Curva 7   | C7     | 21         | Curved Turn   | 2.450     |

Las características de las curvas se pueden observar en el plano **DC-02**.

## 6.6 TALUDES LATERALES DEL CANAL

Para la determinación de los taludes laterales del canal se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en el comportamiento del canal existente y los resultados de los estudios de suelos actuales.

En correspondencia con los sectores en que se desarrollan las trazas alternativas, el canal actual presenta pendientes reales de 1:8 y de hasta valores cercanos a 1:4 para los tramos superiores. Para las trazas alternativas, considerando que en general se encuentran arenas y materiales más sueltos y que en ciertos tramos las profundidades de corte son importantes, se adopta un talud de 1:8 para todo el tramo.

## 6.7 EQUIPOS DE DRAGADO

De los estudios geofísicos y geotécnicos, se pudo conocer las características del fondo fluvial. Según figura en el **Anexo – Perforación y Muestreo de Suelo**, el fondo está conformado por arcillas y limos muy blandos, así como por arenas sueltas. Según figura en el **Anexo – Estudios Geofísicos**, no existen estratos duros en el nivel de la solera proyectada, ni sobre el mismo.

Dadas las características del fondo fluvial expuestas anteriormente, los materiales existentes son dragables mediante el uso de dragas de succión por arrastre. Podrán también utilizarse eventualmente, y de resultar conveniente, dragas de succión con cortador. La elección se encuentra condicionada a la productividad y disponibilidad de los equipos, debiéndose realizar un análisis técnico-económico detallado durante el Proyecto Ejecutivo.

## 6.8 RESUMEN DEL DISEÑO

En la **Tabla 9** se puede observar un resumen de las características más importantes del nuevo canal, para los tramos rectos. En la **Tabla 10** se muestran los datos que caracterizan a las curvas.

*Tabla 9. Resultados del diseño. Tramos rectos.*

| TRAMOS | Progresivas |       | Longitud | Talud | Ancho | Material a Dragar |
|--------|-------------|-------|----------|-------|-------|-------------------|
| A      | 522.0       | 538.0 | 16.0     |       |       | Limo arcilloso    |
| B1     | 538.0       | 544,5 | 6.5      |       |       | Arena             |
| B2     | 544,5       | 549.6 | 5.1      |       |       | Arena             |
| B3     | 549.6       | 557.6 | 8.0      | 1:8   | 100 m | Arena             |
| B4     | 557.6       | 566.5 | 8.9      |       |       | Arena arcillosa   |
| B5     | 566.5       | 569.3 | 2.8      |       |       | Arena arcillosa   |
| B6     | 569.3       | 571.0 | 1.7      |       |       | Arena arcillosa   |
| B7     | 571.0       | 574.3 | 3.3      |       |       | Arena             |

**Tabla 10. Resultados del diseño. Curvas**

| Elemento  | Angulo [°] | Tipo de Curva | Radio [m] | Ancho Maximo [m] |
|-----------|------------|---------------|-----------|------------------|
| Empalme 1 | 12         | Cutoff Turn   | 1.225     | 133              |
| Curva 1   | 34         | Curved Turn   | 2.450     | 124              |
| Curva 2   | 27         | Apex Turn     | 1.715     | 133              |
| Curva 3   | 28         | Apex Turn     | 1.715     | 133              |
| Curva 4   | 5          | Angle Turn    | 0         | 10               |
| Curva 5   | 15         | Cutoff Turn   | 1.225     | 133              |
| Curva 6   | 16         | Cutoff Turn   | 1.225     | 133              |
| Curva 7   | 21         | Curved Turn   | 2.450     | 124              |

En los planos **DC-1** a **DC3** se pueden observar las distintas características del canal diseñado, así como los puntos necesarios para su replanteo.

## 6.9 VOLUMEN DE DRAGADO DE APERTURA DE LA NUEVA TRAZA

Se realizó la determinación de los volúmenes de dragado de apertura de la nueva traza, a partir de la información batimétrica relevada y el uso del Modelo Digital del Terreno elaborado. Se superpuso la sección del canal en dichos perfiles, y de esa forma se obtuvo el área a dragar para cada sección. Los volúmenes a retirar se obtuvieron mediante cómputo del área entre secciones, multiplicado por las distancia entre ellas.

En la **Tabla 11** se presentan los resultados computados para perfiles cada 1 Km, los cuales a su vez se muestran graficados en el Plano **DC3**. Las progresivas indicativas de los perfiles de comienzo y fin de los tramos se encuentran redondeadas al km.

**Tabla 11. Volumen de dragado. Apertura.**

| Progresiva     | Distancia [m] | Área Dragado [m <sup>2</sup> ] | Volumen Dragado [m <sup>3</sup> ] |
|----------------|---------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Tramo A</b> |               |                                |                                   |
| Extremo 522,0  |               | 231,5983                       |                                   |
| 523,0          | 1000          | 520,4242                       | 376.011                           |
| 524,0          | 1000          | 668,1517                       | 594.288                           |
| 525,0          | 1000          | 743,0339                       | 705.593                           |

| Progresiva         | Distancia [m] | Área Dragado [m <sup>2</sup> ] | Volumen Dragado [m <sup>3</sup> ] |
|--------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 526,0              | 1000          | 857,6697                       | 800.352                           |
| 527,0              | 1000          | 908,0914                       | 882.881                           |
| 528,0              | 1000          | 898,0666                       | 903.079                           |
| 529,0              | 1000          | 941,1278                       | 919.597                           |
| 530,0              | 1000          | 941,8070                       | 941.467                           |
| 531,0              | 1000          | 964,4677                       | 953.137                           |
| 532,0              | 1000          | 912,1646                       | 938.316                           |
| 533,0              | 1000          | 897,4420                       | 904.803                           |
| 534,0              | 1000          | 879,0926                       | 888.267                           |
| 535,0              | 1000          | 830,7035                       | 854.898                           |
| 536,0              | 1000          | 660,8463                       | 745.775                           |
| Extremo 537,0      | 1000          | 71,3903                        | 366.118                           |
| <b>Subtotal A</b>  |               |                                | <b>11.774.583</b>                 |
| <b>Tramo B1</b>    |               |                                |                                   |
| Extremo 537,0      |               | 71,3903                        |                                   |
| 539,0              | 1114          | 9,5837                         | 45.102,52                         |
| 540,0              | 1000          | 1121,8142                      | 565.698,95                        |
| 541,0              | 1000          | 1127,8296                      | 1.124.821,90                      |
| 542,0              | 1000          | 1310,0882                      | 1.218.958,90                      |
| 543,0              | 1000          | 1224,1684                      | 1.267.128,30                      |
| Extremo 544,0      | 1000          | 932,2747                       | 1.078.221,55                      |
| <b>Subtotal B1</b> |               |                                | <b>5.299.932</b>                  |
| <b>Tramo B2</b>    |               |                                |                                   |
| Extremo 544,0      |               | 932,2747                       |                                   |
| 545,0              | 1000          | 977,7338                       | 955.004,25                        |
| 546,0              | 1000          | 764,8430                       | 871.288,40                        |
| 547,0              | 1000          | 535,7837                       | 650.313,35                        |
| 548,0              | 1000          | 356,8430                       | 446.313,35                        |
| 549,0              | 1000          | 345,1085                       | 350.975,75                        |
| Extremo 550,0      | 1000          | 286,7994                       | 315.953,95                        |
| <b>Subtotal B2</b> |               |                                | <b>3.589.849</b>                  |
| <b>Tramo B3</b>    |               |                                |                                   |
| Extremo 550,0      |               | 286,7994                       |                                   |
| 551,0              | 1000          | 194,9218                       | 240.860,60                        |
| 552,0              | 1000          | 150,4020                       | 172.661,90                        |
| 553,0              | 1000          | 212,9677                       | 181.684,85                        |
| 554,0              | 1000          | 313,4572                       | 263.212,45                        |
| 555,0              | 1000          | 276,4577                       | 294.957,45                        |
| 556,0              | 1000          | 42,9764                        | 159.717,05                        |
| Extremo 557,0      | 1000          | 13,2211                        | 28.098,75                         |
| <b>Subtotal B3</b> |               |                                | <b>1.341.193</b>                  |
| <b>Tramo B4</b>    |               |                                |                                   |
| Extremo 557,0      |               | 13,2211                        |                                   |

| Progresiva         | Distancia [m] | Área Dragado [m <sup>2</sup> ] | Volumen Dragado [m <sup>3</sup> ] |
|--------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 558,0              | 1000          | 38,5300                        | 25.875,55                         |
| 559,0              | 1000          | 21,8900                        | 30.210,00                         |
| 560,0              | 1000          | 0,0000                         | 10.945,00                         |
| 561,0              | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| 562,0              | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| 563,0              | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| 564,0              | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| 565,0              | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| 566,0              | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| Extremo 567,0      | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| <b>Subtotal B4</b> |               |                                | <b>67.031</b>                     |
| <b>Tramo B5</b>    |               |                                |                                   |
| Extremo 567,0      |               | 0,0000                         |                                   |
| 568,0              | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| Extremo 569,0      | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| <b>Subtotal B5</b> |               |                                | <b>0</b>                          |
| <b>Tramo B6</b>    |               |                                |                                   |
| Extremo 569,0      |               | 0,0000                         |                                   |
| 570,0              | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| Extremo 571,0      | 1000          | 0,0000                         | 0,00                              |
| <b>Subtotal B6</b> |               |                                | <b>0</b>                          |
| <b>Tramo B7</b>    |               |                                |                                   |
| Extremo 571,0      |               | 0,0000                         |                                   |
| 572,0              | 1000          | 562,0754                       | 281.037,70                        |
| 573,0              | 1000          | 275,9403                       | 419.007,85                        |
| 574,0              | 1000          | 272,5738                       | 274.257,05                        |
| Extremo 574,4      | 400           | 0,0000                         | 54.514,76                         |
| <b>Subtotal B7</b> |               |                                | <b>1.028.817</b>                  |
| <b>TOTAL</b>       |               |                                | <b>23.101.405</b>                 |

En la **Tabla 12** se puede observar los volúmenes de apertura a dragar y el material del lecho, discriminado por tramo

*Tabla 12. Volumen y material a dragar. Resumen*

| Tramos | Extremos | Longitud para el cálculo [Km] | Volumen de Apertura [m <sup>3</sup> ] | Material a Dragar |                 |
|--------|----------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|
| A      | 522,0    | 537,0                         | 16,0                                  | 11.774.583        | Limo arcilloso  |
| B1     | 537,0    | 544,0                         | 7,0                                   | 5.299.932         | Arena           |
| B2     | 544,0    | 550,0                         | 6,0                                   | 3.589.849         | Arena           |
| B3     | 550,0    | 558,0                         | 8,0                                   | 1.341.193         | Arena           |
| B4     | 558,0    | 567,0                         | 9,0                                   | 67.031            | Arena arcillosa |
| B5     | 567,0    | 569,0                         | 2,0                                   | 0                 | Arena arcillosa |
| B6     | 569,0    | 571,0                         | 2,0                                   | 0                 | Arena           |

|              |       |       |     |                   |                 |
|--------------|-------|-------|-----|-------------------|-----------------|
| B7           | 571,0 | 574,4 | 3,4 | 1.028.817         | Arena arcillosa |
| <b>Total</b> |       |       |     | <b>23.101.405</b> |                 |

## 6.10 AREAS DE VACIADO

Las áreas de vaciado, tanto de apertura como para el mantenimiento, deben ubicarse en sitios donde no se produzca el retorno de los sedimentos volcados al canal, ni se provoquen impactos negativos que afecten a la navegación en el canal, ni a la navegación de embarcaciones de menor porte en sitios circundantes al mismo por pérdida de profundidad, ni limitaciones en las propias áreas de vaciado para el ingreso de las dragas.

Siguiendo los lineamientos establecidos para el canal actual, se busca asegurar que exista una profundidad mínima de 3 metros que posibilite la navegación segura de dragas y de cualquier otra embarcación deportiva y comercial de menor porte.

Asimismo, el material deberá ser distribuido sobre el sitio de vaciado de forma tal que no existan sobreelevaciones significativas por encima de los niveles de fondo circundantes. En general se procura no superar un metro de espesor, salvo en profundidades mayores donde dicho espesor puede ser incrementado. En etapa de Proyecto Ejecutivo deberá analizarse cada caso particular, teniendo en cuenta además si se trata de refulados por el uso de dragas de cortador o vaciados desde dragas de cántara.

Para la evaluación de las diferentes áreas destinadas al vaciado del material, deberán considerarse en los siguientes elementos:

- Las profundidades existentes antes de su utilización.
- Las profundidades existentes alrededor de las áreas de descarga.
- Las profundidades posteriores a los vaciamientos, manteniendo 3 metros como mínimo.
- La existencia de cualquier tipo de navegación secundaria, comercial y/o deportiva.
- Evitar sobreelevaciones significativas por encima de los niveles del fondo circundante.
- Las condiciones hidrodinámicas y su relación con la posición del canal.

En el presente estudio, se identificaron tres posibles áreas de vaciado que pueden contener los volúmenes de dragado de apertura y mantenimiento. Las mismas se pueden observar en el plano **DC4**, y tienen las siguientes características:

Área de vaciado 1:  
 Area: 18.000.000 m<sup>2</sup>  
 Altura media: 1 m  
 Volumen: 18.000.000 m<sup>3</sup>

Área de vaciado 2:  
 Area: 2.000.000 m<sup>2</sup>  
 Altura media: 2,5 m  
 Volumen: 5.000.000 m<sup>3</sup>

Área de vaciado 3:  
 Area: 2.500.000 m<sup>2</sup>  
 Altura media: 4 m

---

Volumen: 10.000.000 m<sup>3</sup>

La suma de los volúmenes de las áreas de vaciado 1 y 2 son superiores a los volúmenes a extraer de los Tramos A, B1, B2, B3 y B4. Además, el volumen disponible en el área de vaciado 3 es considerablemente superior al volumen a extraer del Tramo B7. Por lo expuesto, las áreas propuestas tienen suficiente capacidad útil para contener los volúmenes de dragado.

---

## 6.11 VOLUMEN DE DRAGADO DE MANTENIMIENTO

Para la determinación de los volúmenes de dragado de mantenimiento se realizaron estudios hidrosedimentológicos que consisten en la aplicación de modelación matemática hidrodinámica para la determinación del campo de corrientes y niveles, y posteriormente los cálculos de la sedimentación esperable en el canal dragado, sobre las trazas alternativas.

Los detalles de los trabajos de modelación y resultados obtenidos se presentan en el **Anexo: Modelación Hidrosedimentológica**.