

GENERALIDADES

El siguiente documento describe los trabajos para la implementación de un sistema de navegación electrónica, este sistema es para ser usado por las embarcaciones de Transbarga Navegación S.A. (Asunción), empresa naviera del Grupo Río Tinto que opera en la Hidrovía. El levantamiento y la producción de ENC fueron proyectados y enfocados con la tecnología de vanguardia disponible para tener una política de prevención de varaduras y para mejorar las condiciones de navegación.

Los trabajos de levantamiento comenzaron en Octubre de 2003 y concluyeron en Julio de 2004, con 105 días de efectivo levantamiento, fueron levantados más de 20.000km, lográndose la generación de un canal de navegación de 3.000 km de río.

Actualmente, los trenes de barcasas de TBN, están compuestos por 16 barcasas y desarrollan su actividad entre Corumba (Brasil) hasta Nueva Palmira (Uruguay). La implementación de EL uso de ENC's logrará incrementar la seguridad de la navegación, así como sucede en otras vías navegables como el Río Madeira (Brasil), el Río Mississippi (EEUU) o el Río Rin (Alemania/Holanda).

La información actualizada de los Ríos Paraná y Paraguay, permitirá incrementar la cifra de embarcaciones empujadas en convoys y la optimización de los tiempos de navegación. Es sabido que en algunos lugares, los canales de navegación utilizados por los barcos empujados, están fuera del área de levantamiento, que será tomado en futuros trabajos.

El proyecto de levantamiento implicaba no solamente un proyecto único en América Latina sino también un emprendimiento con metas de desafío únicas.

Hidrovía

Hidrovía es el proyecto principal de vinculaciones físicas con la "Cuenca del Plata", que siendo uno de los sistemas más complejos y completos del planeta, influye directamente sobre 5 países que forman el sistema. Hidrovía es también una especie de sistemas multimodales de transporte, que reduce costos operativos y contaminación ambiental. Es la única alternativa para conectar Paraguay y Bolivia con el Océano Atlántico, con la importancia que esto implica en el desarrollo del comercio internacional.

Permite eliminar los efectos negativos en los países cercanos, accediendo al mercado internacional en condiciones competitivas. Es evidente que las influencias positivas de la Hidrovía en actividades portuarias del área, transforma el tránsito del río en una acción con variadas ofertas laborales.

Aspectos ambientales

Formando parte de esta región, podemos hallar el "Pantanal", uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad, vírgen en su mayor parte. Este es uno de los más grandes sistemas de ciénagas en el mundo y es parte de la regulación hídrica de los Ríos Paraguay y Paraná. Trabaja acumulando agua durante varios meses que luego libera hacia el río, cambiando su nivel en forma periódica.

Considerando la importancia medioambiental de la región, y los altos estándares de Río Tinto, las investigaciones desarrolladas permitieron una navegación más segura.

En este punto es importante aclarar que las cartas electrónicas permiten mantener las condiciones naturales del río.

DESARROLLO DEL PROYECTO.

Planificación del levantamiento.

Dado el ajustado plan de trabajo, el plan de levantamiento comenzó largo tiempo después del comienzo de recolección de datos. Fue necesario definir las áreas de levantamiento, el alcance de los levantamientos de acuerdo a las características geográficas, el soporte a la compañía para seleccionar plataformas adecuadas, a encontrar elementos de soporte requeridos, como ser fotografías aéreas y satelitales, información previa de los niveles de agua, cartas y otros recursos náuticos, e información de campo.

Un análisis profundo de los factores límites, como profundidad, clima, problemas de ingeniería o mecánicos y el manejo de la logística fue también acordado según el área, suitable line spacing, between tracks, fue decidido para archivar las especificaciones de levantamiento.

Durante la fase de planeamiento, el cronograma de levantamiento fue establecido en base a una lista definida por TBN, datos anteriores de levantamiento, niveles estimados de agua en el río, acorde a la época del levantamiento.

Batimetría

El uso de un multihaz de alta definición permitió optimizar el levantamiento batimétrico inclusive en casos donde el río y sus niveles no eran óptimos. Durante largos trayectos de levantamiento, el nivel del agua estuvo cercano al mínimo permitido, repercutiendo esto claramente en los tiempos estimados de levantamiento.

La calidad de la posición geográfica fue cercano a las especificaciones y la señal del DGPS estuvo disponible durante toda la extensión del levantamiento.

Al comienzo del día, el primer registro de levantamiento fue definido. La importancia de este registro fue en el hecho de que las siguientes líneas siguieran normalmente paralelas, espaciadas en una distancia basada en fundido de fondo.

La medida de marea es removida y los datos recolectados, antes de esto, la prueba de velocidad de sonido está destinada a registrar las condiciones del agua, incluyendo la temperatura y densidad. Una vez que los distintos sensores fueran chequeados estaba listo para empezar la adquisición de datos.

El levantamiento trabaja cubriendo, datos del multihaz adquiridos, edición de datos y control de calidad de éstos mismos.

Si durante el proceso de control fueran encontrados errores, estas áreas eran levantadas nuevamente. Al mismo tiempo las marcas del río y otras características importantes eran levantadas, catalogadas, y fotografías eran tomadas.

La capacidad de edición de datos del multihaz a bordo eran respaldadas para evitar largos procesos posteriores y la generación de los DTM que fueran originalmente planeados en la embarcación fueron hechos posteriormente en la oficina.

Es necesario aclarar que durante los 9 meses de trabajo en diferentes situaciones ambientales, ni un solo día se perdió por problemas en los sistemas y equipamientos.

Una vez que el levantamiento fue finalizado, un reporte diario fue preparado y la medida de marea es determinado en posición para la recolección de datos.

Ajuste del levantamiento

Los parámetros de ajuste fueron definidos de acuerdo a la aplicación de estándares de calidad batimétrica documentada en la publicación especial IHO N° 44. El ajuste de levantamiento fue limitado por el posicionamiento de los sistemas, niveles del agua y el sistema multihaz que está sensorado periféricamente.

EQUIPOS DE LEVANTAMIENTO USADOS

Sistema multihaz

La ecosonda multi-haz (MBES) utilizada es la SEA BEAM 1180, sistema de aguas superficiales de la empresa L3-Communications SeaBeam Instruments.

La tecnología multihaz actual juega un importante rol en la exactitud y la alta calidad en las mediciones de profundidad en aguas superficiales y áreas profundas.

Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas de la ecosonda multihaz SB 1185 multibeam echosounder son las siguientes:

El sistema consiste en los siguientes componentes:

2 transductores hull mounted LSE 307 configurados en forma V.

1 kit hull mount WB-08

Unidad sonar electrónico SEE 30-04

La información VRU information se desprende de los sistemas de senso de movimiento.

El sistema opera a 180 kHz. Los transductores instalados en los kits de montajes hull, que aseguran una integridad de estructura en la hull de la embarcación. Los kits hull mount WB-08 están aprobados por el sistema jurídico alemán, la sociedad de clasificación alemana para trayectos de embarcaciones.

La unidad del sonar electrónico Unit SEE 30-04 fue instalada en un espacio ventilado, protegido del daño térmico.

La interconexión de los equipamientos fue manejada por técnicos calificados.

A continuación se describen las características claves y las capacidades particulares del Sonar multihaz SEA BEAM 1185:

La frecuencia de operación es 180kHz.

El número de líneas es superior a los 126.

El ventilador tiene un ancho superior a los 153° - 8 veces la profundidad a 110 metros.

Mejor rango de profundidad de un solo sistema - 1 metro por encima de los 600 metros.

Horizontal swath is 950 meters at 340 meters depth.

Excepcional calidad de los datos y un alto Signal-to-Noise Ratio (SNR) due to superior side lobe suppression (-36dB).

Exactitud de profundidad excede los estándares especificados por el IHO S-44.

El rango para la estabilización de roll es $+ 12.5^\circ$ y pitch es corregido a $+5^\circ$.

Las líneas son estabilizadas electrónicamente para roll en tiempo real.

Las correcciones de Pitch y heave son ejecutadas en tiempo real en el ajuste y las correcciones de la estación de trabajo QC y la velocidad de sonido son aplicadas en tiempo real.

Sistema de posicionamiento

Las características particulares de los ríos con sus múltiples curvas hicieron difícil, si no imposible, el usar los datos de los sistemas GPS diferenciales desde las estaciones de tierra. La falta de infraestructura para las señales diferenciales beacon redujeron las opciones a solamente un sistema, el DGPS NavCom, receptor que utiliza las correcciones por señal satelital Starfire.

El sistema tiene un típico ajuste superior al submétrico cuando operaba con el modo diferencial en línea y tiene las siguientes características:

Por lo menos 10 (diez) canales paralelos trabajando simultáneamente.

Capáz de transmitir code pseudo range corrections and smoothed by phase data.

Multi path analysis software
Receptor de doble frecuencia
Capable of initializing while moving.
Permite al usuario, programar los datos y la proyección a ser usada.
Least square approximated position-processing ability.
PPS output accuracy of 1 ?s
Rugged instrument.
Habilitado para recepcionar transmisiones UHF, HF y MF.

Sondeo de velocidad de sonido

Como el río es un medio no homogéneo, la propagación del sonido en ese medio se distorsiona como resultado de las variaciones espaciales en la velocidad del sonido en el área. Los sistemas multihaz usan ondas de medición de profundidad para aplicar las correcciones necesarias al ray path siendo necesario saber la estructura de masa del agua en dónde el ping cycle es obtenido.

Características y especificaciones del sondeo de velocidad del sonido son las siguientes:

Ajuste:

Temperatura +/- .005 ° C
Presión +/- .05 % full scale
Resolución:
Temperatura .0001 ° C
Presión .001% full scale

Medición de marea/corriente.

El nivel de agua registrado fue designado para aplicaciones dónde los usuarios requieren un registro exacto de los niveles o alturas del agua.

Características y especificaciones de la medición de corriente son los siguientes:

Transductor

Clase: Druck PDCR 1830 (titanium shelte, vented strain gauge)
Rango: Standard 10 dBars
Ajuste: +/- 0.1 % full scale
Muestreo: raw data sampled at 4 Hz and data logged as average over burst
Resolución: data logged to 1 mm resolution

Sensor de movimiento y heading

Con el fin de llegar a una completa detección del fondo como georeferencia necesitamos saber la posición y la orientación de los transductores sonares.

La completa integración de los datos sensoreados está hecha en un esqueleto? framework, asimismo el sonar geométrico insonification será integrado en el sistema, tomando en cuenta los movimientos de la embarcación.

El OCTANS provee heading, roll/pich and heave compensación en tiempo real usando tres acelerómetros y tres FOG.

Sensor de movimiento y sus especificaciones técnicas:

Roll/Pitch: 0,01 grados
Heave: 1 cm

Heading sensor specifications:

True heading: 0,2 degrees/sec

Resolución: 0,01 degree

PROGRAMAS USADOS

En un proyecto de esta complejidad está claro que la conjunción de paquetes de programas son necesarios para cumplir con todos los requisitos. La siguiente descripción es solamente una corta referencia de los programas en su totalidad.

Procesamiento de datos hidrográficos - HDPedit

HDPedit es usado en primera instancia para inspeccionar y editar los datos del multihaz ELAC en archivos base. Esto incluye el manejo de los datos de profundidad así como los datos navegacionales.

Este editor de datos corre como un programa XWindow, a bordo corre en el sistema Linux Suse 8.2.

Los datos pueden ser vistos, ejecutados, desplegados en diferentes aspectos; estos son:

depth-versus-time display for a selected beam,
depth-versus-athwart-distance for a selected fan,
x-y-display to show the positions of selected soundings and
x-y-display to show the raw positions of the navigational data.

El usuario puede borrar, modificar o interpolar los correspondientes datos seleccionados

Un Spike Finder puede ser usado para buscar y ver posibles datos spike.

El criterio para detectar spikes está en un amplio rango de selección de uso.

Cualquier modificación de los datos en los archivos será restaurado luego de la edición en el correspondiente archivo. El archivo original no modificado será restaurado en un archivo de respaldo.

Procesamiento de datos hidrográficos - HDPPost

Una evaluación más intensiva, como ser la sumatoria de los diferentes perfiles de medición, calculando los modelos Digital Terrain Model y la presentación en cartas de forma 3-D es posible solamente en el período llamado post proceso, por esta razón el HDPost es utilizado a bordo.

Con el fin de obtener resultados más precisos con el post procesamiento, luego con el procesamiento en línea, será necesario seguramente realizar correcciones adicionales. Será necesario trabajar con diferentes perfiles de velocidad de sonido utilizados en el proceso de registro de medición. Para realizar alteraciones de esta naturaleza, es necesario restaurar los datos denominados "raw data".

Programa de navegación - CEACTION

Durante el levantamiento, el CEACTION es un programa de navegación usado para chequear las líneas de la costa digitadas y para registrarlas en los tracks de navegación.

Producción de ENC

Este punto es el más desafiante de todos los aspectos del proyecto, dado el corto período de tiempo para producir las celdas ENC, luego de solamente 30 días de terminado los trabajos de levantamiento. Una compañía basada en Montevideo con una larga trayectoria en cartografía, fue la elegida. TEC Asociados recibió de SevenCs el entrenamiento necesario para producir las cartas S-57.

La producción de las ENC's es un largo proceso que cubre diferentes áreas, con el fin de cubrir todo el proceso puede dividirse en :

Preprocesamiento, Diseño y empaque

Preprocesamiento

En esta etapa fue usado el módulo del programa llamada ENC Referencial. El ENC Referencial agrega cuadros geográficos en diferentes formatos. Un grupo de marcos fueron colocados como georeferencias de las imágenes (Cartas en papel o imágenes de tierra) y para compensar la distorsión en la imagen. Usando esta información, una posición geográfica correcta puede ser calculada por cada pixel. Los parámetros de georeferencia son salvados en un archivo con la imagen raster.

Convertidor DXF

Los datos batimétricos fueron exportados como DTM y convertidos en al formato compatible DXF. El convertidor DXF importa los archivos DXF y los convierte en sets de datos compatibles S-57.

Desde que fue planeado exportar solamente un archivo para STM y asimismo no necesario exportar cada uno de los layers de profundidad, esto obviamente causa una gran overhead en el tiempo original estimado. En algunas áreas fue necesario procesar a 20 archivos/layers.

La rutina de importación de los S-57 fueron también impactada por la cantidad de layers, es importante mencionar que el espaciado de las isolines fueron cambiadas a los siguientes patrones:

depths from 0 m to 5 m, isolines every 0,25 m
depths from 5 m to 10 m, isolines every 1 m
depths deeper than 10 m isolines every 5 m

Diseño

Luego que la información recogida fuese pre procesada, los datos pasaron a la herramienta central de la producción de ENC, el diseñador de ENC. Este programa permite capturar, editar, modificar y exportar las ENC's. Puede cargar directamente ENC (*.7cb) de los archivos de trabajo y al mismo tiempo cargar las imágenes originales en los formatos raster como ser los PNG o los TIFF. Ejecuta semiautomáticamente los trazos de contorno que permite digitalizar las cartas directamente en la pantalla.

Varias herramientas pueden empezar desde el diseñador con el fin de correr las rutinas, por ejemplo para crear el grupo uno (skin of the Earth) objetos de datos S-57 desde los objetos de línea. Los datos en formato S-57 pueden ser exportados y merged con otras fuentes de datos.

Ya que se diseña la carta, se puede ver la construcción de la ENC si se ejecutara en un real ECDIS.

Con el fin de optimizar y reducir el tamaño de las celdas S-57 otro programa denominado Optimizador ENC es utilizado. El resultado es un archivo de mínimo tamaño que soporta mejor las ejecuciones de las ENC's en los sistemas ECDIS.

El tamaño de las celdas fue originalmente diseñado para cubrir 50km de río, pero la revisión del proyecto determinó la reducción de la extensión de la celda en aproximadamente 4km de río. Esto fue hecho para tener celdas más claras, ya que el procesamiento del tiempo con la cantidad de datos batimétricos incluidos en las cartas, hacían difícil de manejar las cartas de una forma eficiente. Las celdas originales de 50km fueron cambiadas después, asimismo este total proceso fue hecho en dos tiempos para casi la mitad de la extensión (De Corumba a Ita Enramada)

Control

Un punto crucial de la producción de las ENC es el control de calidad. El analizador ENC trabaja estrictamente en los conjuntos de datos S-57 para verificar su compatibilidad. Todos los chequeos hechos en el Analizador ENC fueron diseñados para seguir de cerca de los IHO recomendados.

Empaque

Una medida complementaria es la de establecer un control de acceso para que los usuarios autorizados puedan ver las ENCs. El ENCs Dispatcher combina conjuntos de datos S-57 en unidades de copia protegidas y ENCs encriptadas. Una clave generada por SevenCs permite que las unidades ENC generadas con el ENC Dispatcher, puede solamente ser abierta por la clave de acceso a la carta, esta clave es relativa al hardware ID.

En este punto es necesario hacer mención del excelente apoyo de SevenCs hizo posible producir esta cantidad de cartas en tiempo y forma.