



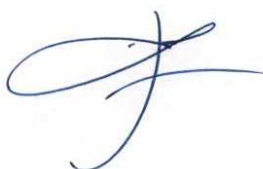
ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO DE BORDE COSTERO EN LAGO ELIZALDE

INFORME TÉCNICO LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO MONOHAZ Y TOPOGRAFÍA

LAGO ELIZALDE, XI REGIÓN

PARA: ARCADIS



Rev.	Fecha		Nombre	Firma
0	28/11/16	Ejecutó	David Gómez - Hidrógrafo	
0	28/11/16	Revisó	Felipe Ríos - Oceanógrafo	
0	28/11/16	Aprobó	Luis Jollán - Biólogo Marino	



ÍNDICE

1.0 INTRODUCCIÓN	3
2.0 OBJETIVO.....	4
3.0 METODOLOGÍA DE TRABAJO	5
3.1 BATIMETRÍA	5
3.2 TOPOGRAFÍA	8
3.3 GEODESIA	8
4.0 NIVELACIONES.	11
5.0 RESULTADOS.....	11
6.0 REFERENCIAS Y ANEXOS.....	13
7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14



1.0 INTRODUCCIÓN

ARCADIS Chile, ha solicitado a BENTOS el desarrollo de un levantamiento topográfico y batimétrico, en el marco del desarrollo de un estudio licitado por la Dirección de Obras Portuarias (DOP) denominado: "Estudios Básicos para el proyecto Mejoramiento de Borde Costero en Lago Elizalde".

El presente informe expone la metodología y resultados del levantamiento topográfico y de la batimetría monohaz desarrollada en Lago Elizalde. En la Figura 1.0-1, se muestra el área de estudio definida en los términos de referencia de la licitación.

Para la realización de este levantamiento se contó con la autorización del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). Copia de la resolución que autoriza el trabajo se presenta en **Anexo 1**.

La información general relacionada con el trabajo realizado es la siguiente:

Área General	:	Lago Elizalde, XI Región.
Objetivo	:	Levantamiento Topográfico y Batimétrico monohaz.
Solicitante	:	ARCADIS Chile.
Superficie de trabajo	:	25 hectáreas aproximadamente.
Ejecución terreno	:	23 de septiembre a 02 de octubre de 2016.



Figura 1.0-1: Sector de Estudio Lago Elizalde, XI Región.

2.0 OBJETIVO

En el contexto antes señalado, fue solicitada la ejecución de una topografía y batimetría monohaz del área indicada en la Figura 1.0-1, con el objetivo general de levantar información para el proyecto de mejoramiento del borde costero.

Los objetivos específicos del trabajo son:

- Ejecutar un levantamiento batimétrico monohaz de precisión, siguiendo las directrices de las Instrucciones Hidrográficas N° 5 del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.
- Ejecutar un levantamiento topobatimétrico del área entre la línea de la orilla y la batimetría objeto tener un 100 % de cubrimiento del área de estudio.

3.0 METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Batimetría

Se realizó una batimetría monohaz en el área indicada en la Figura 1.0-1, según los requerimientos definidos en los términos de referencia del estudio. Para el levantamiento se utilizó una embarcación tipo Cataraft, de 16 pies y motor Yamaha 25 HP (Figura 3.1-1).



Figura 3.1-1: Embarcación utilizada para el levantamiento batimétrico.

En la embarcación se montó un Ecosonda Monohaz Odom Hydrotrac, receptor satelital GPS, computador portátil con software hidrográfico HYPACK (Figura 3.1-2). Las características de los componentes del sistema se detallan en la Tabla 3.1-1. Sus especificaciones técnicas se presentan en **Anexo 2**.

Tabla 3.1-1: Características de los componentes del sistema monohaz.

	MARCA	MODELO
Ecosonda	Odom	Hydrotrac
Software hidrográfico	Hypack	2016
GPS doble frecuencia	Trimble	R6
Perfilador velocidad del sonido	RBR	XR-420

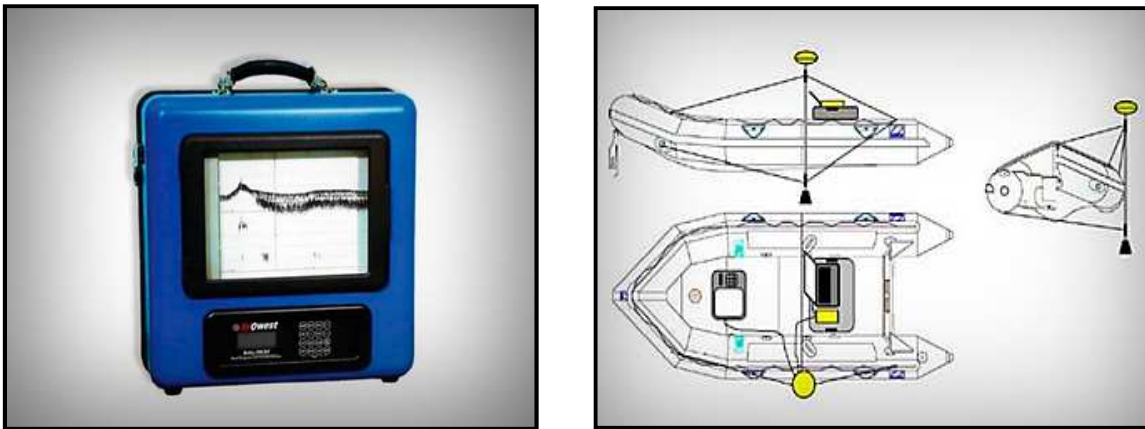


Figura 3.1-2: Ecosonda utilizado para el levantamiento batimétrico.

Una vez instalado el sistema se realizaron pruebas generales y de comunicación. Posteriormente para verificar el funcionamiento del sistema se realizó la prueba de la plancha, de acuerdo a las instrucciones SHOA (**Anexo 3: Prueba de la Plancha**).

Durante la batimetría, con el objetivo de ajustar los ecogramas al proceso GPS, se efectuaron fix cada 30 segundos. Las escalas del ecosonda utilizadas durante el sondaje fueron de ancho de 20 metros controladas automáticamente por el equipo.

El esquema de levantamiento consideró un recorrido en transectos perpendiculares a la orilla del lago, registrando la profundidad y las coordenadas geográficas cada 1 segundo. Para ello la embarcación requirió recorrer cada transecto en una trayectoria rectilínea a una velocidad constante cercana a los 4 nudos, lo que implicó un registro de profundidades cada 1 segundo. Como comprobación del sondaje realizado, se efectuaron 5 líneas de comprobación, las que se realizaron perpendiculares al sondaje realizado. Para la navegación y dirección del sondaje se utilizó el software HYPACK 2013. En la Figura 3.1-3 se grafica el esquema de levantamiento.

Las condiciones meteorológicas y estado del lago al momento del sondaje fueron las mejores condiciones esperables para el sector de estudio, no observándose olas.

La determinación de la posición geográfica de las sondas, se realizó mediante el sistema DGPS, utilizando el método de medición cinemático en tiempo real (RTK). Los datos fueron registrados en la memoria interna de los receptores durante todo el levantamiento. En tierra, en el vértice ELI3, fue instalada la estación DGPS base, la que registró en todo momento los datos GPS, los cuales fueron grabados cada 10 segundos en las estaciones móvil y base. La coordinación de la hora fue efectuada mediante DGPS, obtenida del mensaje ZDA hora local.

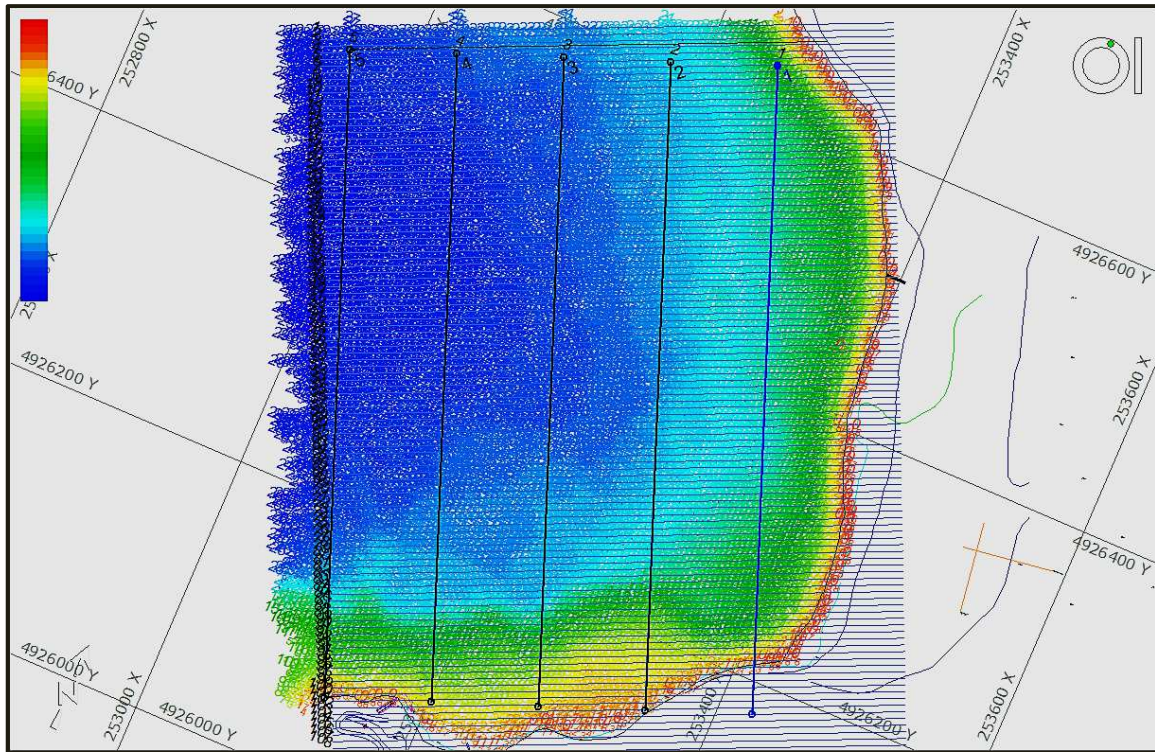


Figura 3.1-3: Esquema de levantamiento batimétrico monohaz.

Una vez obtenidos los datos estos se revisaron diariamente, a fin de determinar la cobertura y coherencia de los mismos.

Los datos análogos de terreno fueron procesados conforme a lo dispuesto en los manuales del fabricante de Hypack 2013 y las instrucciones hidrográficas del SHOA.

El procesamiento contempla las siguientes etapas:

- Ingreso de los datos al módulo de proceso y aplicación de correcciones de acuerdo a la Pub. 3105.
- Edición de sondas y exportación de datos editados.
- Reducción de sondas.
- Generación de veriles.
- Exportación de minutas.

Para corregir el sondeaje por velocidad del sonido en el agua se efectuaron 7 perfiles de velocidad del Sonido con CTDO, el cual se incorporó en el procesamiento de las sondas, además se efectuó como respaldo la Prueba de Plancha tradicional, ambos registros se incorporan anexos al informe (Anexo 3 y 6).

El plano final para el procesamiento fue generado con AutoCad 2007, y herramientas de office.

3.2 Topografía

Se llevó a cabo un levantamiento topográfico de una franja de 80 metros a partir de la línea de orilla del lago entregada por la DOP. Los instrumentos utilizados en el levantamiento fueron:

- Estación total (Topcon GPT-3107, N° de serie 8S233).
- Nivel (Topcon AT G6 N° de serie B13993).
- GPS (Trimble R8 serie 4750142318; Trimble R6 N° de serie 5011419907).

Las especificaciones de los equipos usados se presentan en Anexo 2. Los certificados de calibración de los equipos se presentan en **Anexo 4**.

El esquema de levantamiento consideró la medición de perfiles con una densidad de 5 metros cumpliendo con el requerimiento de 400 puntos por hectárea.

3.3 Geodesia

Vinculación

Los trabajos en terreno se vincularon a la red geodésica nacional a través de mediciones desde un vértice del Instituto Geográfico Militar (IGM) existente, próximo al área de trabajo.

El vértice IGM utilizado corresponde al Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), su monografía se presenta en **Anexo 5**.

Para efectuar la vinculación de los vértices generados en el área de estudio, se midió una poligonal Global Positioning System (GPS) abierta, partiendo desde el vértice IGM DLGN, hasta un punto intermedio en la localidad de Coyhaique (CYQ1) y finalmente al

vértice ELI1 en el área de estudio, a partir del vértice ELI1 se generaron 4 radiales, denominados vértices ELI2, ELI3, ELI4 y ELI5.

Las mediciones se realizaron con receptores satelitales DGPS marca Trimble modelo R6 y R8 de doble frecuencia en modo estático post proceso. Los vectores se midieron mínimo 1 hora, con un intervalo de grabación de 10 segundos. El procesamiento de los datos se realizó con el software Trimble Business Center (TBC) de la empresa Trimble misma marca de los receptores geodésicos.

Las precisiones de esta medición deberán ser de orden B de acuerdo a lo especificado en el anexo D del SHOA PUB. 3109 "Especificaciones Técnicas para el Empleo y Aplicación del Sistema de Posicionamiento Global en Trabajos Geodésicos, Hidrográficos y Topográficos". Para el cálculo de coordenadas se debe utilizar el sistema geodésico WGS-84 y el cálculo de cotas debe ser realizado con altura Elipsoidal y referidas al Nivel Mínimo del Lago (NML) entregado por la DOP.



Figura 3.3-1: Esquema de arrastre de vértices.

En la Figura 3.3-1 se aprecia un esquema del arrastre de los vértices para el sector, vinculados a la Red Geodésica principal a través de la vinculación al vértice IGM denominado DLGN, ubicado en el sector del Parque Dos Lagunas, sector alto de Coyhaique.

Además, como tarea anexa, se realizó la medición de dos de los vértices ya existentes en el área de trabajos y proporcionados por el mandante denominados PR1 en el sector del muelle y Bra5 en el sector de la playa los cuales además fueron nivelados objeto tener todos los vértices nuevos y antiguos referidos a un mismo plano de referencia vertical, en este caso el Nivel Mínimo del Lago.

Tabla 3.2-1: Vértice de referencia utilizado para el control geodésico.

SECTOR	VÉRTICE	COORDENADAS UTM (M)		ALTURA ELIPSOIDAL (M)	DESCRIPCIÓN
		ESTE	NORTE		
Coyhaique	DLGN	280.190,945	4.955.374,010	746,1895	Vértice geodésico ubicado en el sector Dos Lagunas, Coyhaique Alto.

En la Tabla 3.2-1 se entregan los valores correspondientes al vértice empleado en el control geodésico; esta vinculación se realizó utilizando la metodología estática post-proceso con periodos de medición de 10 segundos cuyas alturas de antena se encuentran detalladas en Tabla 3.2-2, considerando un tiempo total de una hora como mínimo, dependiendo de las distancias.

Tabla 3.2-2: Alturas de Antena y Horas de Medición GPS del control geodésico principal.

VÉRTICE	ALTURA	TIPO ALTURA	RECEPTOR	Nº SERIE	TIEMPO MEDICIÓN	NOMBRE ARCHIVO	TIPO MEDICIÓN
DLGN	1,265	Inclinada	Trimble	9907	1h 44min.	99072672.T01	Estático
CYQ1	1,520	Inclinada	Trimble	2318	1h 44min.	23182670.T01	Estático

CYQ1	1,523	Inclinada	Trimble	9907	1h 33min.	99072674.T01	Estático
ELI1	1,492	Inclinada	Trimble	2318	1h 33min.	23182678.T01	Estático

ELI1	1,550	Inclinada	Trimble	9907	1h 17min.	99072681.T01	Estático
ELI3	1,535	Inclinada	Trimble	2318	1h 17min.	23182681.T01	Estático

ELI1	1,775	Inclinada	Trimble	9907	2h 35min.	99072684.T01	Estático
ELI2	1,318	Inclinada	Trimble	2318	1h 17min.	23182684.T01	Estático
ELI4	1,423	Inclinada	Trimble	2318	1h 18min.	23182687.T01	Estático

ELI1	1,813	Inclinada	Trimble	9907	1h 16min.	99072731.T01	Estático
ELI5	1,403	Inclinada	Trimble	2318	1h 16min.	23182732.T01	Estático

A continuación se muestran los datos de medición para las tareas anexas de vinculación de los Vértices BRA5 y PR1.

VÉRTICE	ALTURA	TIPO ALTURA	RECEPTOR	Nº SERIE	TIEMPO MEDICIÓN	NOMBRE ARCHIVO	TIPO MEDICIÓN
ELI1	1,765	Inclinada	Trimble	9907	0h 59min.	99072743.T01	Estático
BRA5	1,342	Inclinada	Trimble	2318	0h 59min.	23182741.T01	Estático

ELI1	1,628	Inclinada	Trimble	9907	1h 8min.	99072761.T01	Estático
PR1	1,313	Inclinada	Trimble	2318	1h 8min.	23182763.T01	Estático

4.0 NIVELACIONES.

Con el objetivo de tener todos los datos obtenidos a un mismo nivel de referencia altimétrica, se efectuó la nivelación diferencial de todos los vértices a vértices con cota al NML información entregada por ARCADIS.

Mediante la nivelación del PR1 ubicado en el muelle, el cual registra una altura al NML de 3.030 metros, información obtenida en fecha Junio del 2016, se determinó que la altura actual es de 2.411 metros al Pelo de Agua, concluyendo que ha habido un aumento de 0.619 metros en el nivel del lago a la fecha actual.

Se adjunta en **Anexo 6** archivo Excel con las nivelaciones diferenciales realizadas en terreno.

5.0 RESULTADOS

En base a los datos obtenidos se elaboró un plano CAD conteniendo la siguiente información: sondas en metros, contornos cada 1 metro para batimetría y cada 0,5 metro para topografía y una imagen del DTM georreferenciado (Figura 5.0-1).

Los productos generados en este estudio, se presentan en el Anexos 7 y 8 (Digital) y se detallan a continuación:

- Listado de selección de sondas con coordenadas (**Anexo 8: Productos**).
Nombre de los archivos:
 - 1605 BATI ARCADIS 27.09.16 Rev0.XLS
 - 1605 BATI ARCADIS 28.09.16 Rev0.XLS
- 1 Rollo de ecograma (Anexo al informe en medio físico).
- Planos TopoBatimétricos en formato AUTOCAD (**Anexo 8: Productos**).

Nombre de los planos:

- 4767-0000-TB-PLA-0001
 - 4767-0000-TB-PLA-0002
 - 4767-0000-TB-PLA-0003
 - 4767-0000-TB-PLA-0004
 - 4767-0000-TB-PLA-0005
 - 4767-0000-TB-PLA-0006
 - 4767-0000-TB-PLA-0007
 - 4767-0000-TB-PLA-0008
- Geotiff georreferenciado resolución 0,5 metro (**Anexo 8: Productos**).

Como una tarea adicional se realizaron mediciones mediante el uso de un perfilador dotado de sensores de Profundidad, Temperatura, Conductividad y Oxígeno Disuelto (CTD-O; marca RBR, modelo XR-420). La metodología y resultados de esta actividad de detalla en **Anexo 9**.

En **Anexo 10** se presentan fotografías del levantamiento en terreno.

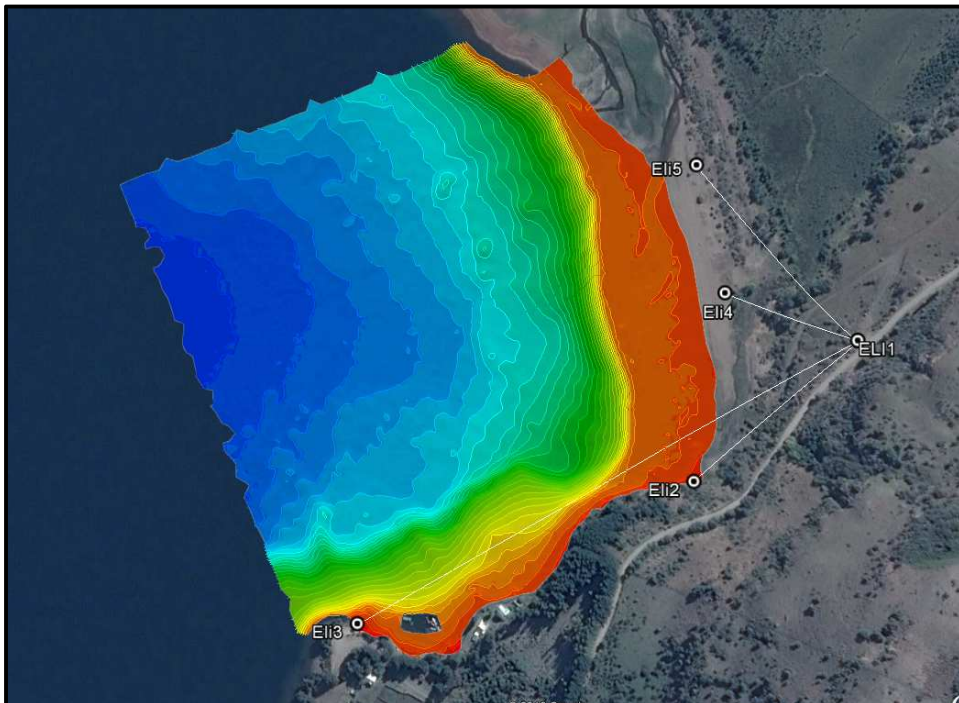


Figura 5.0-1: Resultado Levantamiento Topo-Batimétrico.

6.0 REFERENCIAS Y ANEXOS

El presente informe consideró fuentes de información externas para su elaboración, detalladas en Tabla 6.0-1.

Cabe destacar que el presente informe se complementa con información anexa al mismo, detallada en Tabla 6.0-1.

Tabla 6.0-1: Detalle de referencias y anexos del informe.

	Descripción
Referencias o fuentes de información externas consideradas.	<ul style="list-style-type: none"> • Instrucciones Hidrográficas N°5 - Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Sondajes. SHOA PUB. 3105 4ª Edición, 66 pp. • Certificado de vértice IGM, adquirido a nombre de DOP. • Nivel mínimo del lago proporcionado por ARCADIS. • Monografías de vértice proporcionadas por ARCADIS (BRA 4, BRA 5, EST 3, PR 1, PR 2).
Anexos al informe técnico	<ul style="list-style-type: none"> • Anexo 1: Permiso SHOA. Contiene la Resolución SHOA que autoriza la realización de trabajos (N° 13270/24/481). • Anexo 2: Especificaciones técnicas. Contiene las especificaciones de los principales instrumentos utilizados. • Anexo 3: Prueba de la Plancha. Contiene el resultado de prueba desarrollada según lineamientos establecido en Pub. SHOA. • Anexo 4: Certificados de calibración. Contiene certificados de: de GPS, estación total y nivel utilizado. • Anexo 5: Monografías de vértice. Contiene: vértice IGM adquirido y monografías de vértices monumentados en terreno. • Anexo 6: Nivelación. Contiene detalle de las nivelaciones realizadas. • Anexo 7: Datos. El anexo contiene: proyectos Hypack; archivos de vinculación; perfiles de velocidad del sonido, datos CTDO, datos topográficos, reportes de procesamiento de líneas base. • Anexo 8: Productos. Contiene: listado con las lecturas de las sondas y coordenadas UTM de éstas, plano final de la batimetría; geotiff, ecogramas (sólo en medio físico). • Anexo 9: Levantamiento con CTDO. Contiene un informe breve de la metodología y resultados del levantamiento llevado a cabo con un perfilador CTDO. • Anexo 10: Fotografías. Contiene fotografías de las actividades de terreno.

7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SHOA PUB. 3105 "Instrucciones Hidrográficas N°5 - Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Sondajes". 4ª Edición, 66 pp. Última Actualización: 12 de agosto de 2015.
- SHOA PUB. 3109 "Especificaciones Técnicas para el Empleo y Aplicación del Sistema de Posicionamiento Global en Trabajos Geodésicos, Hidrográficos y Topográficos". 3ª edición, 2005. Última actualización: 12 de agosto de 2015.