

Batimetrías Participativas y su Uso en los Servicios Hidrográficos.

• Introducción

La Batimetría es la ciencia que mide las profundidades marinas con el fin de determinar la topografía del mar, lacustre o fluvial, por lo que es considerada como una de las actividades más importantes desarrollada dentro del ámbito de cualquier Servicio Hidrográfico del Mundo. Luego de varios años de estudios y diferentes reuniones se vio la necesidad de la creación de un Grupo de Trabajo de la Organización Hidrográfica Internacional (Organismo Internacional de carácter técnico-consultivo que regula las actividades hidrográficas de todo el mundo) sobre Batimetría Participativa, cuyas siglas en ingles son “CSBWG”, el cual quedó instaurado a partir de Junio del año 2015. La publicación C-55(Estado de la Topografía y Cartografía en todo el mundo) de la OHI indica que el 50% de las aguas costeras de todo el mundo con una profundidad inferior a los 200 metros aún en la actualidad no han sido exploradas. Por tal motivo y a fin de contribuir a obtener datos de regiones de las cuales no se tiene ningún tipo de información sobre el fondo, surgió la denominada “Batimetría de Crowdsourcing”, mediante la cual los buques brindan información al paso de la región donde se encuentren navegando mediante sus instrumentos de navegación con el fin de identificar características no marcadas en las cartas náuticas, verificar información existente, ingeniería costera(Instalación de estructuras, construcción de muelles, dragados, etc.) o también apoyar por medio de esa información a ciertas actividades de desarrollo y estudios científicos que se encuentren en pleno proceso.

Habiendo dicho lo anterior y comprendiendo la importancia para la navegación de tener información de los fondos marinos y diferentes

profundidades de los mares y océanos, durante el trabajo se detallarán los procedimientos e instrumental existente para la colección de datos, la incertidumbre en los mismos, los datos obtenidos y la metadata, y la factibilidad de uso en Argentina, centrando la investigación en la ya mencionada “Batimetría de Crowdsourcing ”y analizando los diversos aspectos y factores que hacen al desarrollo de la misma.

• **Definición**

Hacia el año 1988 la OHI decidió crear el Centro de Datos Batimétricos Digitales (Cuyas siglas en ingles son “DCDB”) con el propósito de administrar la colección mundial de datos batimétricos abiertos existentes, siendo este el ente que archiva y comparte datos de profundidad que son aportados por navegantes de distintas partes del mundo.

• **Colección de Datos. Procedimientos e Instrumental**

Actualmente la “DCDB” recibe información suministrada por el Grupo de Trabajo de Batimetrías Participativas de la OHI, que tiene la función de actuar como enlace entre los navegantes y el organismo internacional antes mencionado (siendo conocidos como “Nodos de Confianza”), brindándoles a los navegantes equipos de registro de datos, soporte técnico y gente especializada en el procesamiento de esos datos adquiridos. De esta manera la “DCDB” se asegura una estandarización en la entrega de datos, incluyendo el formato de los mismos.

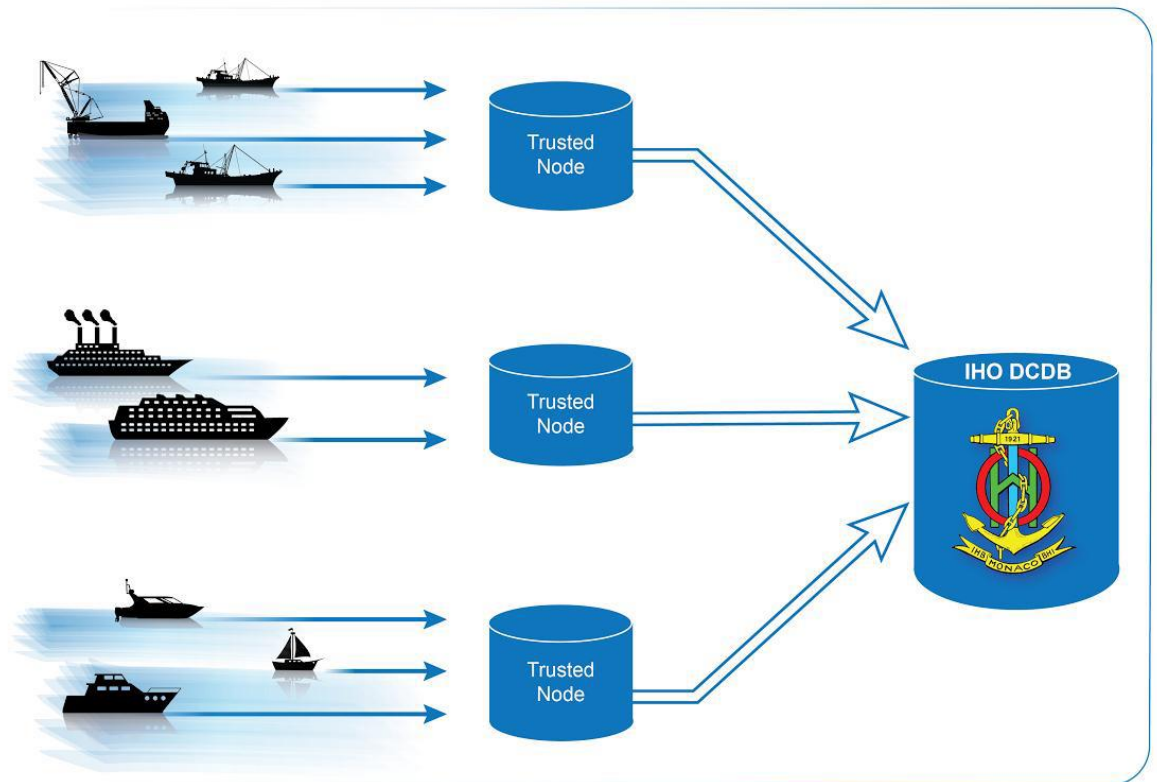


Figura 1 “Esquema de datos del Centro de Datos Batimétricos Digitales”

En la figura se puede encontrar una apreciación gráfica de la situación antes descrita.

Para garantizar la integridad de los datos proporcionados, la “DCDB” asigna una clave única a cada “Nodo de Confianza”, buscando un cierto nivel de seguridad y confianza en la información brindada. Los datos una vez que son enviados, son verificados, confirmando de que se traten de datos aportados por una fuente confiable y que se encuentran contenidos bajo un formato de archivo válido.

• Datos Obtenidos y Metadata

Muchos buques son los que poseen en la actualidad el equipamiento necesario para recolectar datos y mediante un software especial poder procesarlos. Para ello se utilizan diversos sistemas y sensores a bordo. Las ecosondas monohaz y multihaz pueden ser utilizadas para la recolección de datos , basándose su funcionamiento en la determinación de la profundidad de la columna de agua al transmitir pulsos de sonido desde un transductor , los cuales normalmente son instalados en los cascos de los buques , aunque eventualmente pueden ser colocados en otro tipo de plataformas.

En el caso de las ecosondas monohaz se asume un solo haz vertical(Uno por ping) y requieren de un solo transductor para la transmisión y recepción de los pulsos acústicos, pero una alineación (arreglo) de transductores puede ser utilizada cuando se necesita realizar la estabilización del haz, siendo necesario el conocimiento de balanceo y cabeceo para realizar dicha tarea. El ancho del haz es una función de las dimensiones del transductor y de la longitud de onda. A medida que la frecuencia es mayor, el haz es más estrecho. Por lo tanto se requiere de un transductor más grande para tener un haz estrecho con frecuencias bajas.

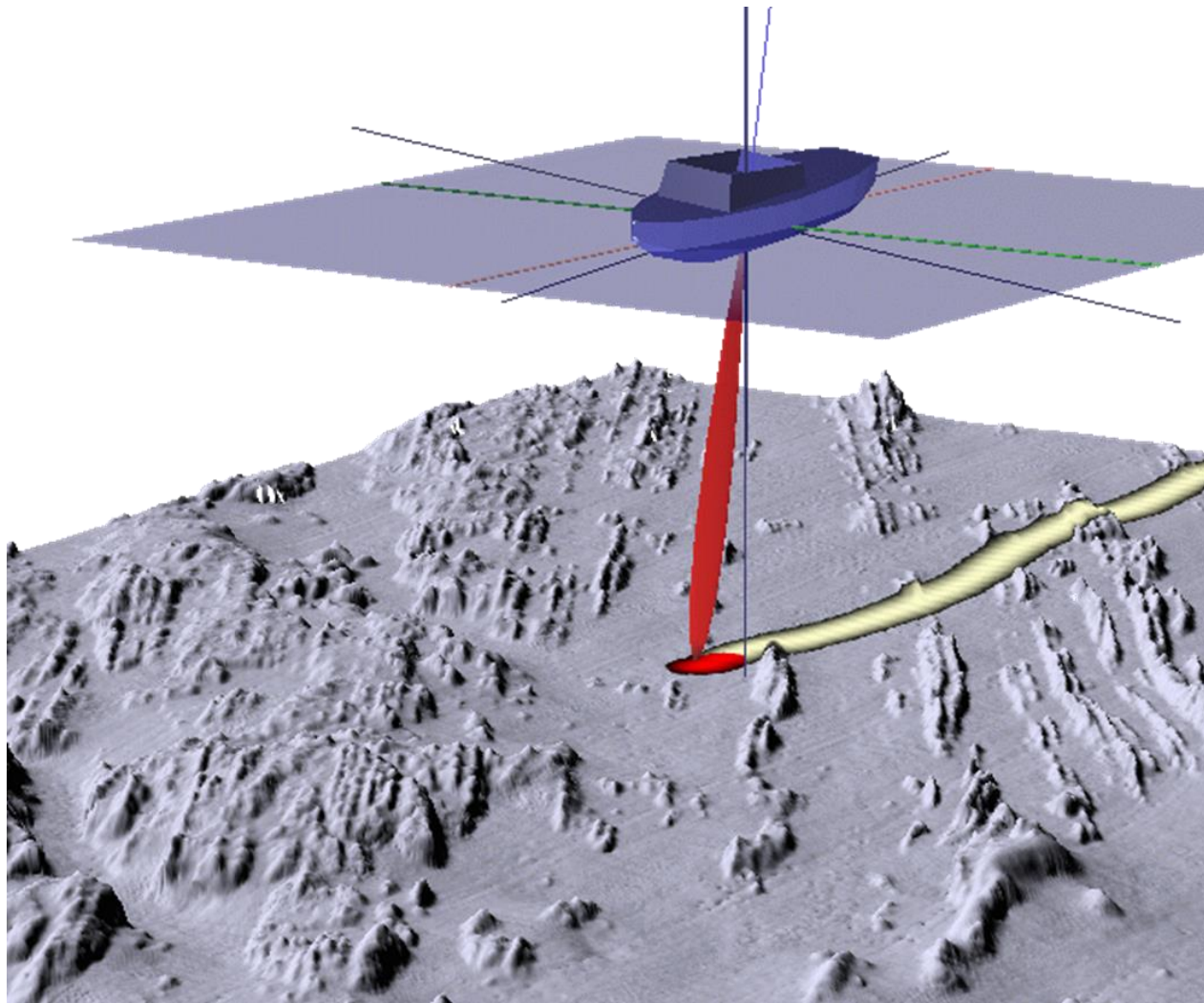


Figura 2 “Esquema de una Ecosonda Monohaz”

Por su parte en el caso de las ecosondas multihaz poseen múltiples soluciones por ping, constituyéndose en una herramienta de vital importancia para la determinación de profundidades cuando se requiere una cobertura total del fondo marino y estimando el acimut y ángulo de depresión para cada uno de los haces. Las ecosondas multihaz tienen arreglos de transductores separadas para la transmisión y recepción de los pulsos acústicos. El transductor de recepción forma varios haces en direcciones pre establecidas, estrechos en la dirección transversal y

anchos en la dirección longitudinal (derrota de la Unidad) garantizando de esta forma la intersección entre los haces de transmisión y recepción.

Figura 3 “Esquema de una Ecosonda Multihaz”

Sin contar con información de posicionamiento precisa, los datos de las batimetrías participativas carecen de valor por lo que los sistemas de posicionamiento son de vital importancia para los buques que van a desarrollar esas tareas. El GPS, GLONASS o GALILEO constituyen los 3 sistemas de posicionamiento más importantes que se encuentran a bordo y en donde los receptores reciben las señales de más de una constelación de satélites de posicionamiento, los cuales proporcionan la posición absoluta o coordenadas reales del punto de medición, y una exactitud similar a la de los relojes atómicos que se encuentran en sus interiores. Los sistemas de recopilación de datos de las batimetrías participativas se valen de las posiciones y marcas de tiempos brindadas por los sistemas de posicionamiento para establecer a cada lectura de profundidad mencionada datos.

Por otra parte algunos buques también están equipados con sensores de movimientos , los cuales sensan los movimientos que producen las olas , siendo útiles para las ecosondas monohaz dado que estos sensores capturan el movimiento vertical y mediante esto se corrigen las mediciones de profundidad para el movimiento del buque. En el caso de las ecosondas multihaz se aplican esas correcciones a los datos de rólido, cabeceo y guiñada de la unidad.

• Incertidumbre en los Datos

Existen muchas variables que pueden hacer que las mediciones de las sondas acústicas difieran de la profundidad real del fondo marino. Una sonda mide el tiempo que tarda un pulso acústico en reflejarse en el fondo del mar y regresar al transductor, convirtiéndose luego en una medición de profundidad basada en una suposición sobre la velocidad de sonido en el agua. Si la estimación de esa velocidad es errónea, entonces la profundidad también será incorrecta, o si por ejemplo la sonda capta el eco generado por el ruido acústico de otros buques en el área, producirá errores en los datos obtenidos.

Los cambios ambientales alrededor de un buque pueden tener un impacto significativo en las mediciones de profundidad, pudiendo requerir calibraciones más frecuentemente. En zonas costeras donde hay una descarga de agua dulce fluvial de importancia, por ejemplo los cambios en la salinidad del agua que afectan a la velocidad del sonido, pueden hacer que la ecosonda registre profundidades incorrectas. Los detalles de calibración de la sonda acústica pueden encontrarse en su totalidad en la Publicación de la OHI C-13 “Manual de Hidrografía”.

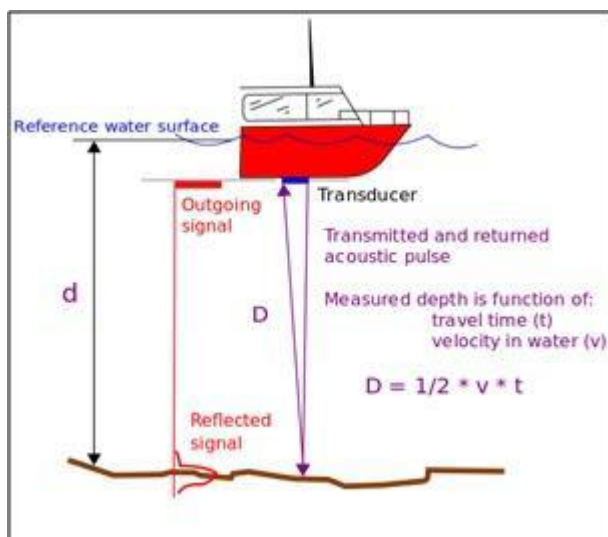


Figura 4 “Variables que afectan a la medición de Ecosondas”

Estos citados errores son los que pueden llevar a una incertidumbre en la precisión de la medición de profundidad, los cuales deben ser considerados al momento de procesar, almacenar y utilizar los datos obtenidos. Resulta muy útil poder categorizar los diferentes tipos de incertidumbre que podrían afectar a las mediciones, para poder estimar sus magnitudes individuales previo a combinarlas en una estimación general de incertidumbre. Para esto es importante que los recopiladores de datos de batimetría brinden la mayor cantidad de información posible sobre un conjunto de datos. En términos matemáticos podemos definir a la incertidumbre como un rango de valores, dentro del cual se espera que se halle el verdadero valor de medición. Aunque es aconsejable las descripciones de las estadísticas de incertidumbre, no siempre es posible encontrar información abundante como para proporcionar una vasta descripción.

Los “Nodos de Confianza” deben saber que existen componentes adicionales de incertidumbre que están basados principalmente en la

validación y el procesamiento de los datos, y por consiguiente únicamente pueden ser evaluados en los nodos de confianza o por el Centro de Datos Batimétricos Digitales en su conjunto.

Por su parte la incertidumbre en la integración puede devenirse en un problema cuando la instalación de un instrumento está mal documentada. De esta forma son los “Nodos de Confianza” los responsables de evaluar esa incertidumbre y proporcionarle al DCDB la información como metadatos. Para saber si esas mediciones existen o no o si se han aplicado se utilizan indicadores binarios.

La incertidumbre más difícil de estimar es la de modelado, en donde la mayor parte del fondo marino se modela como una superficie matemática continua con profundidades interpoladas donde las observaciones no existen. Muchas veces ocurre que determinados conjuntos de datos no poseen la cantidad suficiente de los mismos, para permitir el armado de un modelo que permita describir por completo el fondo marino que se informa.

Los usuarios de esos datos son los que deben saber si se tienen que aplicar correcciones como rólido y cabeceo o bien compensaciones por marea, entre otras. Los metadatos son los que proporcionan información clave que les permite a los usuarios poder discernir que cantidad de datos son necesarias, por lo que cuanto mayor información posean los usuarios, mayores correcciones se podrán aplicar y de una mayor utilidad serán los datos.

Cada corrección va a influir en la incertidumbre general de las mediciones de profundidad realizadas, por lo que resulta sumamente importante conocer como se determinaron y aplicaron esas correcciones. En el caso de áreas con profundidad conocida, también denominadas como superficies de calibración, a veces son establecidas por Agencias Hidrográficas o por autoridades portuarias, haciendo que la medición de datos en esas zonas sea significativamente más valiosa.

Existe una tabla conocida como “Incertidumbre Estimada” en donde se pueden encontrar de manera resumida las incertidumbres asociadas con sus observaciones de profundidad. Se debe tener en cuenta que algunos componentes de la incertidumbre varían de acuerdo con la profundidad medida, mientras que otros son fijos.

Sources of Uncertainty	Applied (Yes/No)	Example of assessed standard uncertainties (95%) values at 50 m	Remarks
Static draft setting		± 0.1 m	The static value for draft that was set in the echosounder.
Variation of draft		± 0.05 m	Change of draft due to variation in loading condition. Average draft to be assessed from full loaded and ballast condition.
Sound speed		± 0.2 m/s	Measurement is based on the equipment. It depends on temperature, salinity and depth.

Echo-sounder instrumental uncertainty		± 0.1 m	Not to be confused with the resolution of the instrument, this varies with the type of equipment.
Motion sensor Roll/Pitch		± 0.05 deg.	This measurement depends on the sensor.
Heading		± 0.05 degrees	This measurement depends on the sensor.
Heave		± 0.05 m	This measurement depends on the sensor.
Dynamic draft, settlement and squat		± 0.1 m	Effects data primarily in shallow water. Settlement depends on speed of vessel and draft.
Tide measurement		± 0.06 m	Tide is the variation in sea level and depends on the location at which the tidal measurement is calculated or observed. This location is not always the same place as the depth measurement. Tide measurement not applicable to depths more than 200m.
Sensor offset		$\pm 0.01 - 0.1$ m	Offset needs to be measured as accurately as possible. Measure of uncertainty depends on how offset was measured.
Position		$\pm 2 - 10$ m	Measurement depends on the equipment and whether any GNSS sensor offsets have been applied.
Time Synchronization		<1 ms	Measurement depends on the equipment.

Tabla 1 “Incertidumbre Estimada”

De acuerdo a esto, podemos afirmar que crear una estimación de incertidumbre completa puede llevar mucho tiempo, pudiéndose priorizar las variables de incertidumbre de acuerdo al entorno operativo del buque en cuestión. Por ejemplo en aguas someras, el calado de registro y el nivel de agua tienen una considerable importancia dado que las variaciones de estos valores poseen un gran impacto en la medición de profundidad cuando se reduce a un dato de cartografía. En aguas de mayor profundidad la velocidad del sonido cobra mayor importancia que otros

factores. En la gran mayoría de los casos, el peso y balanceo del buque tienen un impacto relativamente pequeño en la incertidumbre de los datos desarrollados aquí.

Los “Nodos de Confianza” poseen grandes posibilidades de generar incertidumbres en los datos que son transmitidos al DCDB. Para evitar esto o disminuir sus errores se pueden realizar verificaciones cruzadas entre conjuntos de datos, calcular la incertidumbre que está asociada a los recopiladores de datos, eliminar sesgos de datos y corregirlos potencialmente. De esta manera se puede aumentar en gran medida el valor dado a las batimetrías de uso compartido que son enviadas al DCDB.

Los “Nodos de Confianza” pueden aplicar correcciones a los datos que los observadores individuales no pueden realizar, además de poder comparar los datos con conjuntos de datos autorizados o evaluar los datos para una coherencia interna. Además pueden colaborar con autoridades portuarias para establecer áreas de profundidad, donde los usuarios individuales puedan calibrar sus ecosondas.

El análisis de múltiples conjuntos de datos dentro de una misma área, también puede usarse para establecer incertidumbres de referencia para los recolectores de datos, y de esta manera poder identificar problemas de calidad de los datos. Los “Nodos de Confianza” podrían establecer un historial de calibración e incertidumbre para cada recolector de datos que luego se puede aportar al DCDB como parte de los metadatos suministrados con cada conjunto de datos.

Por su parte también los “Nodos de Confianza” antes mencionados pueden realizar una calibración cruzada de datos, utilizando los datos recopilados por un barco con incertidumbre y valores de calibración bien establecidos para poder determinar la incertidumbre de medición de otros recolectores de datos en la misma área. De esta manera los metadatos de este tipo pueden contribuir a establecer confianza en los recolectores de datos individuales, y en conjunto con el DCDB poder evaluar y resolver la información faltante, dañada o ambigua que pudiera llegar a existir, contribuyendo a una mejora en la incertidumbre asociada a cada observación y la confianza del usuario final en los datos.

Quienes utilicen la base de datos deben interpretar la información de incertidumbre provista con un conjunto de datos y generar nuevas estimaciones de incertidumbre. Al hacerlo deberán tener en cuenta que las incertidumbres evaluadas por los recopiladores de datos pueden ser subjetivas y pueden no haber sido verificadas contra fuentes autorizadas de información profunda.

La DCDB no garantiza la exactitud de las observaciones de batimetrías participativas. El usuario de la base de datos debe saber que pueden existir errores residuales que son difíciles de capturar en las estadísticas de incertidumbre convencionales. Se deberá evitar el exceso de confianza en los valores de incertidumbre al usar métodos de interpolación que estiman las incertidumbres a partir de la geo estadística de las observaciones, ya que la densidad de datos puede resultar insuficiente para el propósito que se plantea.

En la práctica la suposición de que toda variabilidad significativa es capturada por la geoestadística puede no resultar válida en el mundo real, debiendo los usuarios de datos ser conscientes de esto y saber cómo compensar los datos dispersos en el conjunto de datos.

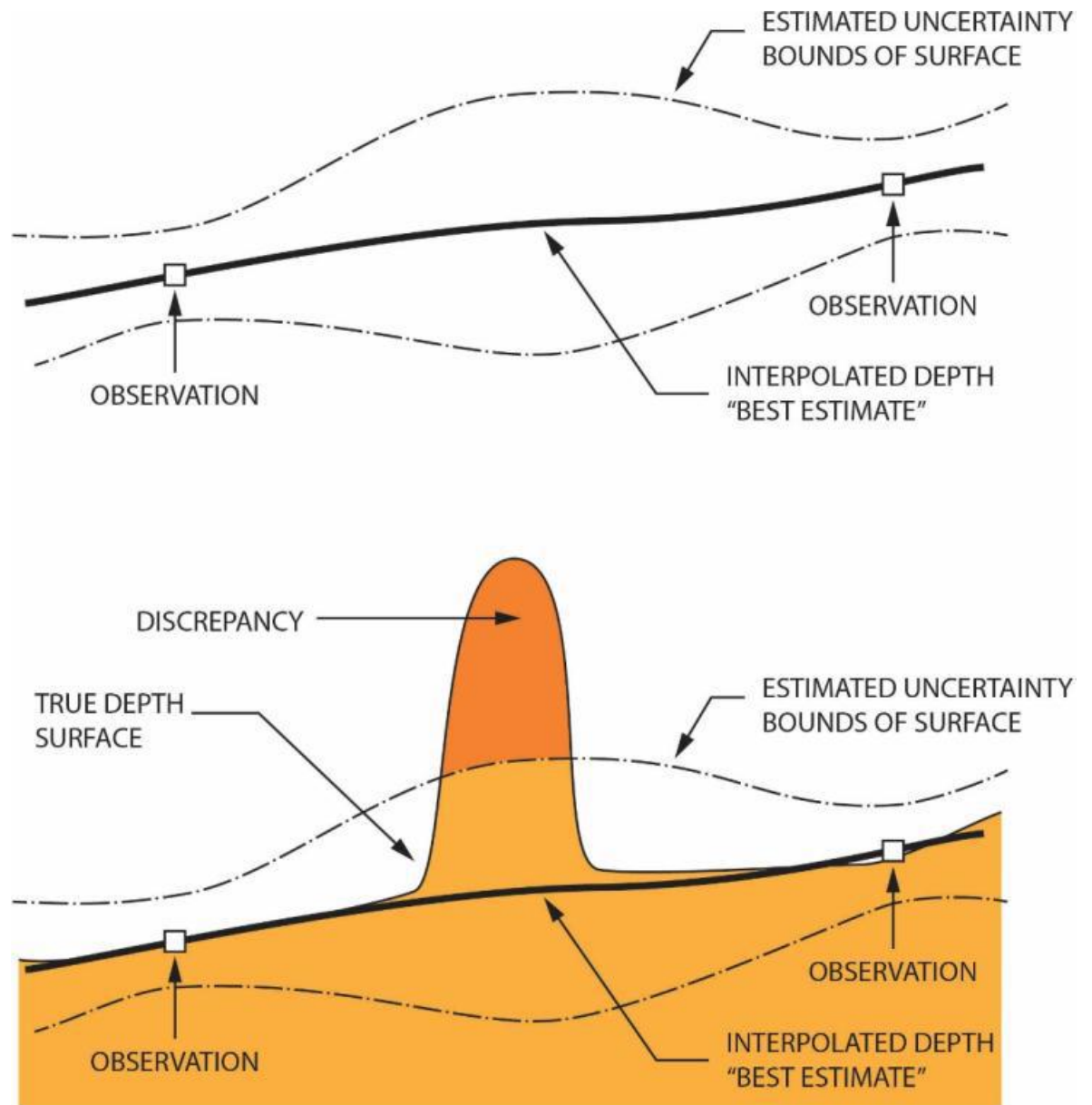


Figura 5 “Problemas de Interpolación Geo-Estadística”

En esta figura podemos apreciar esquemáticamente los problemas que pueden surgir al aplicar la interpolación geo estadística a conjuntos de datos dispersos.

Finalmente para que los usuarios tengan clarificados las obligaciones y derechos al utilizar los datos, la OHI mediante su Grupo de Trabajo seleccionó un conjunto de licencias a ser usadas , como así también la OHI es el ente que autoriza a cualquier persona para que copie y redistribuya los datos que son suministrados a este mediante la DCDB.

• Factibilidad de Uso en Argentina

En el caso de Argentina, al igual que el resto del mundo un gran porcentaje de su fondo aún no ha sido relevado, por lo que se recurre a los sondeos de oportunidad brindados por buques que navegan en áreas de interés de las cuales se tiene muy poca información, utilizando las herramientas y medios descriptos a lo largo del desarrollo del presente trabajo con el fin de brindar una mayor seguridad náutica y tener mayores conocimientos batimétricos de nuestro litoral marítimo.

• Conclusión

Los datos batimétricos aportados por diferentes buques si son recopilados correctamente y validados, se pueden utilizar como una fuente confiable de datos para actualizar áreas de distintas partes del mundo que aún no han sido relevadas. Las personas que recopilan datos batimétricos ya sea como recolectores de datos, usuario o como “Nodo de Confianza” mediante los sondeos de oportunidad, deben conocer plenamente las condiciones asociadas a la recopilación de dicha información y además tomar conocimiento acerca del régimen de licencias mediante el cual están regidos los datos batimétricos estudiados.

Al utilizar esos datos se tendrá una especial consideración de la naturaleza e incertidumbre que presenten los mismos, y al mismo tiempo si son aptos para los fines previstos. Por tal motivo se espera que tanto los “Nodos de Confianza” como el DCDB proporcionen datos de buena fé.

Se debe prestar atención a todos los conceptos desarrollados durante el trabajo , sin menospreciar ninguno de ellos , con dos propósitos fundamentales: El de aumentar el conocimiento batimétrico de los mares, océanos y vías fluviales del mundo y de esta forma tener el mayor porcentaje relevado de fondo marino de áreas en donde actualmente se cuenta con escasa o nula información, y por otra parte en consecuencia de lo antes expresado sabiendo que la seguridad en la navegación en esas áreas en cuestión va a depender de la calidad y la precisión de los datos.