

ANEXO
PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE BATIMETRÍAS

Marzo de 2020

INDICE

1. Objetivo	3
2. Definiciones	3
3. Trabajos de Campo	5
4. Presentación e Informe de la batimetría	7
5. Vigencia de los resultados	8
6. Ámbito de aplicación	9
7. Procedimiento para el aplazamiento de las batimetrías	9
8. Batimetrías de embalses nuevos	10

1. Objetivo

Establecer el procedimiento mínimo para la realización de batimetrías de los embalses del sector eléctrico colombiano y los lineamientos básicos a seguir para la elaboración y presentación del informe de resultados.

2. Definiciones

Batimetría: Conjunto de procedimientos que tienen por objeto determinar la topografía del fondo del embalse o del lecho de las corrientes de agua, con sus formas y detalles.

Longitud del embalse: Distancia máxima entre el sitio de presa y la parte más lejana siguiendo el cauce principal, cuando el embalse se encuentra en el Nivel Máximo Físico.

Punto de Sondeo Batimétrico: Sitio en el embalse donde se miden la profundidad (z), entendida como la distancia vertical entre el nivel del agua y la superficie del fondo, y sus coordenadas asociadas (x,y).

Perfil batimétrico: Conjunto de puntos de sondeo batimétricos alineados en una determinada dirección.

Contorno del embalse: Perímetro de superficie mojada que conforma el espejo de agua cuando el embalse se encuentra en el Nivel Máximo Físico.

Nivel Máximo Físico: Elevación máxima de la superficie del agua del embalse sin que ocurra vertimiento. Está definida por la cota de la cresta del vertedero, o la cota superior de compuertas, o debajo de dichas cotas si existe alguna restricción en la estructura hidráulica.

En el caso de vertederos con compuertas sumergidas, en los cuales el nivel del embalse puede subir por encima de la cota superior de compuertas sin que ocurra vertimiento, el nivel máximo físico será definido por la cota de la estructura donde empieza el vertimiento ó debajo de ésta si existe alguna restricción.

En cualquier caso, el agente deberá tener en cuenta las condiciones de seguridad de las estructuras hidráulicas.

Nivel Mínimo Físico: Elevación de la superficie del agua que corresponde a la cota inferior de la estructura de captación o bocatoma

Nivel Mínimo Técnico: Elevación de la superficie del agua en el embalse hasta la cual puede utilizarse su agua cumpliendo con condiciones de seguridad en las estructuras hidráulicas y en las instalaciones de generación para plena carga de todas las unidades.

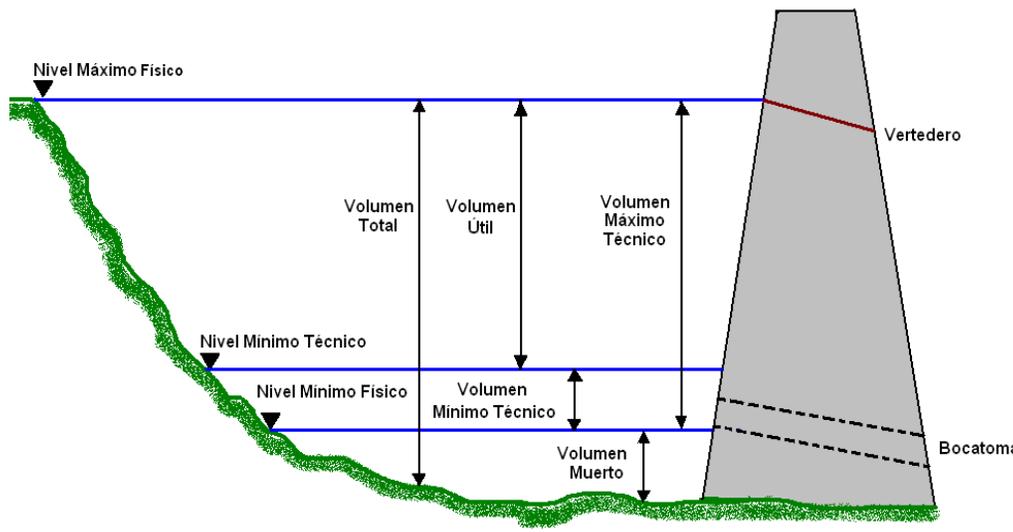
Planta filo de agua: (Resolución CREG 060 de 2019) Se considerarán plantas filo de agua las plantas hidráulicas despachadas centralmente que cumplan con una de las siguientes condiciones:

i. Que no posea embalse y que su estructura de captación esté conectada directamente a la fuente de agua para que tome parcial o totalmente el caudal de dicha fuente, o

ii. Que la central posea embalse cuyo tiempo de vaciado, generando con su Capacidad Efectiva Neta, CEN, considerando el aporte promedio multianual e iniciando con embalse en el máximo técnico, calculado según el Acuerdo 512 del CNO o aquellos que lo modifiquen, sea menor o igual a un (1) día, o si el tiempo de llenado generando con dicha capacidad efectiva neta y con el aporte promedio multianual iniciando con el embalse en el mínimo técnico, calculado según el Acuerdo 512 del CNO o aquellos que lo modifiquen, sea menor o igual a un (1) día.

Adicionalmente, no se considerarán filo de agua las centrales hidroeléctricas que estén situadas aguas abajo de embalses que le garanticen regulación de caudales mayor a un (1) día. En este caso, se entiende como tiempo de regulación el calculado mediante el criterio indicado en el párrafo anterior.

Volúmenes característicos del embalse: Los volúmenes característicos corresponden a Volumen Muerto, Volumen Mínimo Técnico, Volumen Útil, Volumen Máximo Técnico y Volumen total, definidos como se muestra en la siguiente figura.



3. Trabajos de Campo

3.1 Equipos

El levantamiento batimétrico deberá realizarse con un sistema automatizado, conformado con GPS móvil diferencial y ecosonda digital de tecnología multihaz, o de igual o superior precisión y cobertura.

Para disminuir la incertidumbre en los levantamientos, los sensores utilizados deberán cumplir con los protocolos de mantenimiento y calibración recomendados por el fabricante. Adicionalmente, en cada levantamiento se deberá calibrar el sistema para ajustar el error en la latencia, cabeceo, balanceo y azimut en los transductores.

Teniendo en cuenta que el monitoreo requiere conocer las cotas de fondo de los puntos levantados, para los cálculos finales, se deberá registrar el nivel del embalse en forma periódica, al menos una vez cada hora, durante el tiempo de realización de los trabajos de campo.

3.2 Metodología

Para la realización de los trabajos de campo, se levantarán perfiles batimétricos que cubran todo el embalse hasta su Nivel Máximo Físico. Con el fin de tener un trabajo ordenado, el monitoreo se realizará por tramos de embalse.

El levantamiento deberá garantizar una cobertura completa del fondo del embalse y un traslape entre líneas, mínimo del 10%, además, deberá tener en cuenta los

criterios de incertidumbres máximas establecidos en la normas vigentes sobre la materia¹.

Durante el tiempo en que se realicen los trabajos de campo, la información batimétrica deberá complementarse con información topográfica en al menos los siguientes casos:

- Cuando no sea posible el ingreso de la lancha a algunos sectores del embalse debido a los depósitos de sedimentos o vegetación.
- Cuando los sólidos suspendidos impidan la utilización de la ecosonda.
- Cuando el nivel del embalse no se encuentre en el Nivel Máximo Físico durante el monitoreo.

La información topográfica deberá levantarse con una tecnología compatible con la de monitoreo batimétrico, como por ejemplo la topografía LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging), u otras de igual o mejores características.

Cuando el levantamiento se realice con el embalse en un nivel igual o superior al 80% de su volumen total, la batimetría podrá complementarse con información topográfica LIDAR, u otra de igual o mejores características, levantada dentro de los siete (7) años previos a la fecha de inicio de los trabajos de campo de la batimetría.

Para la integración de la información batimétrica y topográfica, se deberá garantizar similitud entre precisiones y coberturas y solapamiento entre la información levantada con las dos técnicas.

El amarre topográfico planimétrico y altimétrico deberá realizarse según los puntos de referencia de cada proyecto, o los certificados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

3.3 Tiempo de ejecución del trabajo de campo y procesamiento de la información

El plazo para el levantamiento de la información batimétrica y complementaria, la recepción de los informes respectivos, la presentación al Subcomité de Recursos Energéticos Renovables, en adelante SURER y la expedición del Acuerdo por parte del CNO es de máximo 18 meses contados a partir de la fecha de inicio de los trabajos de campo. En caso de ser necesario, el agente podrá solicitar al CNO una

¹ Organización Hidrográfica Internacional OHI Normas para Levantamientos Hidrográficos de Orden Especial <https://www.iho.int>

solicitud de ampliación de plazo, siguiendo lo establecido en el numeral 7 de este procedimiento.

4. Presentación e Informe de la batimetría

La presentación del Informe de la batimetría al Subcomité de Recursos Renovables (SURER) deberá incluir como mínimo lo siguiente:

- Fecha de iniciación y terminación de los trabajos de campo.
- Equipo utilizado especificando sus características técnicas.
- Certificados de calibración de equipos que se envíen a fábrica.
- Proceso y soporte de calibración del levantamiento.
- Sistema de referencia y puntos de amarre de levantamiento.
- Descripción del embalse: Plano del embalse y presa asociada, cotas características, fecha de inicio de operación de la central.
- Metodología del trabajo de campo: a) Descripción general, b) Descripción técnica.
- Vista en planta del embalse con las líneas batimétricas levantadas donde se muestre la cobertura de los barridos y su solapamiento.
- Descripción del postprocesamiento del trabajo de campo.
- Estimación de la incertidumbre en el levantamiento.
- Resultados obtenidos para cada uno de los volúmenes característicos, comparándolos con los de la batimetría inmediatamente anterior.

El informe entregado al Subcomité de Recursos Energéticos Renovables deberá incluir además de lo anterior, la siguiente información:

a. Tabla Cota Vs. Volumen

Se obtendrá una tabla que relacione el volumen total del embalse con la cota (m s.n.m.) de la superficie del agua en el embalse. La tabla se hará al centímetro en cotas, y el volumen en millones de metros cúbicos (con dos decimales).

b. Tabla Volumen Vs. Factor de conversión

Para los modelos de planeamiento energético que utilizan una relación entre el volumen del embalse y el factor de conversión hidráulico, se presentará una tabla con cinco (5) puntos en donde se registren los siguientes datos del embalse: cota,

volumen y factor de conversión. Los cinco (5) puntos corresponderán a los volúmenes asociados al 0%, 25%, 50%, 75% y 100% del volumen útil.

c. Curvas Cota – Área inundada – Volumen útil

El informe deberá incluir las siguientes curvas: Cota Vs. Área inundada y Cota Vs. Volumen Útil de embalse.

5. Vigencia de los resultados

La vigencia de los resultados de la batimetría es de cinco (5) años, que se contarán a partir de la fecha de expedición del Acuerdo por el cual se aprueba la actualización de la información correspondiente a los parámetros: Volumen Total, Volumen Máximo Técnico, Volumen Útil, Volumen Mínimo Técnico, y Volumen Muerto del embalse. Sin embargo, cuando el resultado de la batimetría evidencie una pérdida igual o superior al 1% anual en el volumen útil del embalse respecto a la anterior batimetría realizada, la vigencia de los resultados de la batimetría será de (3) tres años.

Cuando haya modificación de los Niveles Mínimo Técnico o Máximo Físico del embalse, el agente generador deberá reportar en el informe de batimetría los volúmenes útiles estimados para las dos batimetrías: antes y después del cambio. La verificación corresponderá con la doble comprobación de la variación del volumen útil para niveles iguales (niveles mínimo técnico y máximo físico). En caso de que se evidencie una pérdida igual o superior al 1% anual, en cualquiera de los volúmenes útiles, la vigencia de la batimetría será de (3) tres años.

La pérdida anual del volumen útil del embalse $\Delta Vu/t$ se estima de la siguiente manera:

$$\left(\frac{\Delta Vu}{t}\right) = \left[\frac{\left(\frac{Vu_{nueva\ batimetría} - Vu_{batimetría\ vigente}}{Vu_{vigente}}\right) \cdot 100}{Tiempo} \right]$$

Donde:

ΔVu_u : Pérdida del volumen útil en %

$Vu_{nueva\ batimetría}$: Volumen útil de la batimetría en proceso de aprobación en Hm^3

$Vu_{batimetría\ vigente}$: Volumen útil batimetría vigente por acuerdo CNO en Hm^3

Tiempo: Tiempo en años y fracción de años, entre la finalización de los trabajos de campo de la batimetría vigente y la batimetría en proceso de aprobación, incluyendo el levantamiento LIDAR, cuando este haya sido realizado.

6. Ámbito de aplicación

El presente procedimiento aplica a los embalses con regulación mayor a un (1) día, asociados directa o indirectamente a plantas de generación en operación comercial.

A las plantas filo de agua no les aplica el presente procedimiento.

Para el caso de los embalses que son propiedad de un tercero, el agente generador podrá presentar la información que le sea suministrada, o la que recopile por sus propios medios, siempre y cuando cumpla el procedimiento aquí previsto.

7. Procedimiento para el aplazamiento de las batimetrías

7.1. Trámite de la solicitud de ampliación del plazo

El agente podrá solicitar la ampliación del plazo para la realización de las pruebas de batimetría de un embalse. La solicitud debe hacerse como máximo seis (6) meses antes de la fecha de vencimiento de la vigencia de los resultados de la batimetría.

El agente deberá enviar a más tardar el día 20 del mes, al correo del Secretario Técnico del CNO, la solicitud de incluir como punto de la agenda de la reunión del SURER del siguiente mes, la solicitud de aplazamiento de la realización de las mediciones de batimetría, de acuerdo con lo previsto en el numeral 7.2 del presente documento.

El Secretario Técnico del CNO remitirá la anterior solicitud al Presidente y al Coordinador Técnico del SURER, para que el tema sea incluido en la agenda de la reunión ordinaria del mes siguiente. Una vez el tema haya sido incluido en la agenda de reunión, el agente recibirá la citación a la reunión del SURER para presentar la justificación de la solicitud de aplazamiento.

El agente presentará en la reunión del SURER la justificación de la solicitud de ampliación del plazo, máximo por (1) un año adicional y el Subcomité emitirá su concepto a esta solicitud.

Si el concepto emitido a la solicitud de ampliación es favorable, el agente redactará el borrador de Acuerdo CNO y lo enviará al Presidente y Coordinador Técnico del

Comité de Operación, con copia al CNO. En la siguiente reunión del Comité de Operación, éste revisará el Acuerdo y dará su recomendación al CNO para su expedición. En el evento que el CO tenga observaciones al Acuerdo, lo devolverá al SURER, para que este haga los ajustes correspondientes y lo remita nuevamente al CO. Por último, el CNO expedirá el Acuerdo y lo publicará en la página WEB del Consejo.

Una vez el agente verifique que existen condiciones favorables para llevar a cabo o continuar con las mediciones de batimetría, éstas deberán realizarse inmediatamente.

Si cumplido el plazo otorgado, la situación que generó el aplazamiento de la medición continúa, el agente generador podrá solicitar un último aplazamiento por máximo otro año, de acuerdo con lo previsto en el presente numeral y dando cumplimiento al numeral 7.2.

PARÁGRAFO: Se podrá solicitar la ampliación del plazo en un periodo inferior a los seis (6) meses, cuando exista una causa que así lo justifique.

7.2 Contenido de la solicitud de aplazamiento

La solicitud del agente generador deberá incluir lo siguiente:

- (i) El o los embalses para los cuales solicita el aplazamiento de las mediciones de batimetría.
- (ii) Las circunstancias que le han impedido la realización de las mediciones y el plazo requerido.
- (iii) Soportes o documentos que respalden su solicitud.

8. Batimetrías de embalses nuevos

Para los embalses nuevos se adoptarán los volúmenes característicos, calculados con base en el último levantamiento topográfico LIDAR u otro de iguales o mejores características. En todo caso el levantamiento topográfico deberá realizarse en los siete (7) años previos a la fecha de presentación de los resultados al SURER.

El informe que soporte la estimación de los volúmenes característicos debe cumplir con los requisitos que apliquen del numeral 4 de este Anexo.

Los embalses nuevos deberán iniciar el levantamiento de su primera batimetría dos (2) años después de la fecha de entrada en operación comercial de la primera unidad de generación de la planta asociada a dicho embalse. En el caso de un

embalse de regulación, construido para una planta existente, este tiempo se contará a partir de la fecha en que el agua almacenada empiece a ser utilizada en dicha planta.