



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE BOCONÓ, PROBLEMÁTICA Y SOLUCIONES.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR: Rivera A, Andrea N.
Salazar B, Jesús J.

PROFESOR GUÍA: De Jesús Gaspar, José

FECHA: Caracas, Junio 2017

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible, gracias a la colaboración de quienes han aportado sus comentarios, consejos y la valiosa información utilizada. A todos ellos nuestro reconocimiento y gratitud:

Ing. José De Jesús Gaspar

CALTEC S.C

Ing. Horacio Velasco

Ing. Ximena Mariño
Ing. Alejandro Rincón
Ing. Carlos Griffin
Ing. Rafael Laurens

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	1
CAPÍTULO I	2
<i>SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE BOCONÓ, PROBLEMÁTICA Y SOLUCIONES</i>	2
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	4
1.4 ANTECEDENTES	5
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 EMBALSES	7
2.2 NIVELES NOTABLES	7
2.3 TIPOS DE EMBALSE.....	9
2.4 HIDROELECTRICIDAD	9
2.5 SEDIMENTACIÓN.....	11
2.5.1 Efectos de la sedimentación de embalses	12
2.5.2 Métodos de distribución de los sedimentos en los embalses.....	14
2.5.3 Levantamientos Batimétricos	20
2.6 CONTROL DE SEDIMENTACIÓN EN EMBALSES.....	22
2.6.1 Soluciones Indirectas	22
2.6.2 Soluciones de Diseño	22
2.6.3 Soluciones directas	23
CAPÍTULO III	29
INFORMACION BÁSICA DEL EMBALSE DE BOCONÓ-TUCUPIDO	29
3.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	29
3.1.1 Río Boconó Y Río Tucupido.....	29
3.1.2 Embalse Boconó Tucupido.....	30
3.1.3 Presa	31

3.1.4	Obra De Toma	31
3.1.5	Central Hidroeléctrica.....	31
3.2	ÁREAS-CAPACIDADES EMBALSE BOCONÓ TUCUPIDO.....	33
3.3	BATIMETRÍAS REALIZADAS EN EL SISTEMA DE EMBALSES BOCONÓ-TUCUPIDO.....	36
3.4	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN BÁSICA DEL EMBALSE DE BOCONÓ TUCUPIDO.....	38
CAPÍTULO IV.....		44
ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN EN EL EMBALSE BOCONÓ.....		44
4.1	ANÁLISIS.....	44
4.2	MÉTODO DE ÁREA INCREMENTAL:.....	45
4.3	MÉTODO DE REDUCCIÓN EMPÍRICA DE ÁREA:.....	47
CAPÍTULO V		58
MOVIMIENTOS DE EMBALSE.....		58
5.1	OBTENCIÓN DE DATOS	58
5.2	ANÁLISIS DE MOVIMIENTO DE EMBALSE	59
5.2.1	Consideraciones Para Realizar El Movimiento De Embalse.....	59
5.2.2	Energía Horaria.....	60
5.2.3	Energía Continua de 40 Mw	62
5.3	ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE EXTRACCIÓN	63
CAPÍTULO VI.....		66
POSIBLES SOLUCIONES		66
6.1	CUENCA.....	66
6.2	PRESA PARA RETENER SEDIMENTOS.....	67
6.3	DRAGADO HIDRÁULICO	67
CAPÍTULO VII.....		72
CONCLUSIONES		72
CAPÍTULO VIII		73
RECOMENDACIONES		73
REFERENCIAS		74
ANEXO A.....		75
ANEXO B.....		81
ANEXO C.....		82
ANEXO D.....		83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: <i>Clasificación de Embalses</i>	16
Tabla 2-2: <i>Constantes adimensionales para cada tipo de embalse.</i>	17
Tabla 2-3: <i>Tipos de Dragas en función al material</i>	28
Tabla 3-1: <i>Áreas y Volúmenes Embalse de Tucupido 1988</i>	33
Tabla 3-2: <i>Áreas y Volúmenes Embalse de Boconó 1983</i>	34
Tabla 3-3: <i>Áreas-Capacidades Embalse de Boconó 2001</i>	36
Tabla 3-4: <i>Áreas-Capacidades Embalse de Tucupido según batimetría realizada por DESURCA, 2001</i>	37
Tabla 3-5: <i>Áreas-Capacidades Embalse de Boconó 2012</i>	37
Tabla 3-6: <i>Áreas-Capacidades Embalse de Boconó 1983</i>	39
Tabla 3-7: <i>Áreas-Capacidades Embalse de Tucupido 1988</i>	40
Tabla 3-8: <i>Áreas-Capacidades Embalse de Boconó 2001</i>	41
Tabla 3-9: <i>Áreas-Capacidades Embalse de Tucupido 2001</i>	41
Tabla 3-10: <i>Áreas-Capacidades Embalse de Boconó</i>	42
Tabla 4-1: <i>Tasas de Sedimentación y Retención específica de sedimentos Embalse de Boconó</i>	45
Tabla 4-2: <i>Cálculo de Volumen de Sedimentos (1983-2012)</i>	45
Tabla 4-3: <i>Tanteo de ho para Método de Área Incremental</i>	45
Tabla 4-4: <i>% Error Capacidad ACAV 2012 y Método de Área Incremental</i>	47
Tabla 4-5: <i>Método de Reducción Empírica de Área Embalse de Boconó (1983-2012)</i>	50
Tabla 4-6: <i>Valores empleados para ecuación de Área Relativa</i>	51
Tabla 4-7 <i>Método de Reducción Empírica de Área Calibrado Embalse de Boconó (1983-2012)</i>	52
Tabla 4-8 <i>%Error Capacidad ACAV 2012 y Método de Reducción Empírica de Área Calibrado</i>	54
Tabla 4-9. <i>Capacidades Embalse de Boconó 2017</i>	56
Tabla 4-10: <i>Capacidades Embalse de Boconó 2022, 2027, 2032 y 2042</i>	57
Tabla 5-1: <i>Promedios de aportes y desviación estándar de la traza.</i>	59
Tabla 5-2: <i>Promedio de volumen aliviado</i>	63
Tabla 5-3: <i>Caudales promedio del río y de extracción</i>	63

Tabla 5-4: Aporte de los ríos Boconó y Tucupido vs caudal de extracción..... 64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Caso regulación del río.	8
Figura 2.2: Caso regulación para hidroelectricidad.	8
Figura 2.3: <i>Turbinas hidráulicas más utilizadas.</i>	10
Figura 2.4: <i>Variación de la eficiencia en función del caudal</i>	10
Figura 2.5: <i>Vista de en perfil de la formación, desarrollo y avance del delta en la cola de un embalse. (Fuente: José De Jesús Gaspar 2001)</i>	13
Figura 2.6: <i>Esquema en planta, formación del Delta. (Fuente: José De Jesús Gaspar 2001)</i>	13
Figura 2.7: <i>Representación gráfica de A_o, h_o, V_o y V_s. (Fuente: José De Jesús Gaspar 2001)</i>	15
Figura 2.8: <i>Reducción Empírica de Áreas. Parámetros importantes. (Fuente: José De Jesús Gaspar)</i>	17
Figura 2.9: <i>Porcentaje de sedimentos a cada porcentaje de altura para cada tipo de embalse, Método de Área Incremental (Línea recta a trazos) y Reducción Empírica DE Área. (Strand and Pemberton, 1987).</i>	18
Figura 2.10: <i>Tipos de curvas para determinar el valor de p_o según la función F.</i>	19
Figura 2.11: <i>Método de Szechowycs y Oureshi (1973). (Fuente: José De Jesús Gaspar, 2001)</i>	20
Figura 2.12: <i>Formación de canal y planicies al sedimentarse y someter a lavados un embalse con vaso de almacenamiento amplio.</i>	24
Figura 2.13: <i>Clasificación de las dragas actuales</i>	25
Figura 2.14: <i>Dragas de cuchara sobre plataforma extrayendo material y cargando en gánguil. (Fuente: www.ceda.com).</i>	26
Figura 2.15: <i>Detalle de una cadena de cangilonos. (Fuente: Vidal y París, 1997)</i>	26
Figura 2.16: <i>Esquema de una draga de succión con cabezal cortador. (Sanz Bermejo, 2001)</i>	27
Figura 3.1: <i>Entrada de los ríos Boconó y Tucupido al embalse.</i>	30
Figura 3.2: <i>Generador del embalse Boconó en reparación.</i>	32
Figura 3.3: <i>Curva original Cota Vs Volumen y Cota Vs Área del embalse de Tucupido. ..</i>	35
Figura 3.4: <i>Curva original Cota Vs Volumen y Cota Vs Área del embalse de Boconó.</i>	35

Figura 3.5: Áreas-Capacidades Embalse de Boconó	43
Figura 3.6: Áreas-Capacidades Embalse de Boconó. Original y batimetría del año 2001	43
Figura 4.1: Perfil Longitudinal canal Boconó	44
Figura 4. 2: Cálculo de ho para Volumen de Sedimentos esperado	46
Figura 4.3: Capacidad Original, Batimetría AVAC 2012 y Capacidad por Método de Área Incremental.....	46
Figura 4.4: Capacidad (Hm^3) vs Profundidad.....	48
Figura 4.5: Porcentaje de Sedimentos depositados vs Porcentaje de Altura, Embalse de Boconó (1983-2012) (Strand and Pemberton, 1987)	49
Figura 4.6: Capacidad Original, Batimetría AVAC 2012 y Capacidad por Método de Reducción Empírica de Área (Embalse Tipo II)	51
Figura 4.7 Capacidad Original, Batimetría AVAC 2012 y Capacidad por Método de Reducción Empírica de Área.....	53
Figura 4.8: Embalse de Boconó, Capacidad reducida por sedimentación en los años estudiados.	55
Figura 5.1: Hidrograma de la traza de 50 años.	59
Figura 5.2: Movimiento de embalse potencia nominal (80 Mw) durante 12horas.	60
Figura 5.3: Movimiento de embalse potencia nominal (80 Mw) durante 11 horas.	61
Figura 5.4: Movimiento de embalse potencia nominal (80 Mw) durante 10horas.	61
Figura 5.5: Movimiento de embalse potencia nominal (80 Mw) para operación combinada horaria por año.....	62
Figura 5.6: Movimiento de embalse potencia continua 40 Mw.	62
Figura 5.7: Caudal de extracción variante y aporte de ríos Boconó y Tucupido	64
Figura 5.8: Movimiento de Embalse con Caudal de extracción variante cada 5 años.	64
Figura 5.9: Movimiento de Embalse con Caudal de extracción constante.....	65
Figura 6.1: Vista de la cuenca del río Boconó hacia aguas arriba.....	66
Figura 6.3: Sitios propuestos para obras de control.	67
Figura 6.4: Sistema de dragado con tubería de salida por encima de la presa y por descarga de fondo.	68
Figura 6.5: Movimiento de embalse potencia nominal (80 Mw) para 10 horas.....	69
Figura 6.6: Alivios registrados en movimiento de embalse antes de dragado (10 horas)...	69

Figura 6.7: Alivios registrados en movimiento de embalse después de dragado (10 horas)
..... 70

Figura 6.8: Alivios registrados en movimiento de embalse antes de dragado (12 horas)... 70

Figura 6.9: Alivios registrados en movimiento de embalse después de dragado (12 horas)
..... 71

SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE BOCONÓ, PROBLEMÁTICA Y SOLUCIONES.

RESUMEN

El embalse de Boconó-Tucupido actualmente presenta una tasa de sedimentación elevada que reduce su vida útil a valores menores del 50 % de lo previsto en el proyecto. Desde que el embalse entró en funcionamiento se ha reducido su capacidad útil en aproximadamente 21%.

El río Boconó tiene un aporte promedio de 77 m³/s y el río Tucupido 13 m³/s para el aprovechamiento de estos ríos fue necesario aportar vasos de almacenamiento en ambos ríos conectados por un canal. La cuenca del río Boconó está afectada por una gran actividad agrícola lo que ha convertido al río Boconó en un importante aportador de sedimentos. No es el caso del río Tucupido con menor cuenca, aunque parcialmente deforestada no muestra actividad importante.

Las batimetrías suministradas por DESURCA (2001) y AVAC (2012) se han utilizado para calcular y comparar la tasa de sedimentación en el embalse. Utilizando los métodos de distribución de sedimentos, se pudieron obtener las curvas de almacenamiento a futuro, estas se usaron para determinar como la sedimentación afecta la generación de energía. Para la obtención de estas curvas se usó la retención específica de sedimentos calculada a partir de la última batimetría.

De los cálculos realizados se pudo concluir que el embalse podrá mantener una generación de energía de 4000 Mw/hora hasta el final de su vida útil en el año 2042 momento en el cual los sedimentos alcanzan la toma de aguas, haciendo el embalse inoperante. Solo en los primeros años de operación se deben reducir las horas a 10.

El problema del alto aporte de sedimentos, radica principalmente en la intervención antrópica en la cuenca. Combina una alta actividad de prácticas agrícolas inadecuadas a las condiciones de la cuenca, con altas pendientes y alta pluviosidad.

Se evaluó la posibilidad de retener los sedimentos con presas ubicadas aguas arriba del embalse Boconó. La gran altura de las presas requeridas y la cantidad de sedimentos acumulados parecen hacer estas soluciones poco atractivas.

Se hizo un estimado del efecto de una reducción de la sedimentación mediante la implementación de un dragado permanente del embalse. Esto permite alargar la vida útil del embalse en 15 años.

CAPÍTULO I

SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE BOCONÓ, PROBLEMÁTICA Y SOLUCIONES

1.1 INTRODUCCIÓN

Un embalse no es más que un estanque destinado al almacenamiento de los aportes de un río, para ser aprovechados para el abastecimiento de acueductos, sistemas de riego, producción de electricidad, etc. Los aportes variables en el tiempo, se almacenan de manera de ser utilizados de acuerdo a las diversas necesidades impuestas por el uso del embalse. En términos más simples, el caudal aportado por el río varía según las estaciones y el embalse permite regular ese caudal de acuerdo a las necesidades.

Los embalses interfieren los ríos, que aportan, además del recurso agua, y especialmente en los periodos de crecientes, los sedimentos producto de la acción del agua en el suelo. Estos sedimentos constituyen arcillas, limos, arenas y gravas, en algunos casos cantos rodados y rocas de gran tamaño. Al entrar las aguas al embalse, se pierde velocidad, capacidad de arrastre de estos sedimentos, los cuales decantan, primero hacia la cola del embalse, los sedimentos gruesos luego los sedimentos en suspensión.

Sin duda alguna, la deposición de los sedimentos en el embalse, constituye el elemento más importante en lo que a la reducción de la vida útil se refiere. En la mayoría de casos, los embalses se diseñaron para asimilar una cantidad de sedimentos calculada para una determinada vida útil, en base a datos disponibles, muchas veces escasos y sin considerar que, a lo largo de la vida del embalse, el aporte de sedimentos aumenta como resultado de las actividades humanas dentro de la cuenca que aporta las aguas al embalse.

La recuperación de un embalse colmatado, es difícil, muchas veces imposible. Sin embargo, se pueden tomar prevenciones al respecto. En primer lugar, la protección de la cuenca, su manejo adecuado a prácticas conservacionistas constituye la mejor medida. Además, se pueden implementar acciones en el mismo embalse, que permiten reducir la retención de sedimentos, estas acciones varían de acuerdo a cada embalse, a sus condiciones particulares y uso.

Es de hacer notar que la prevención de la sedimentación de los embalses pocas veces se ha ejecutado en forma efectiva. Muchos embalses han sido diseñados, con cálculos de aporte de sedimentos poco confiables, sólo dejando un espacio como volumen muerto para almacenar sedimentos durante su vida útil. Las acciones en el mismo embalse, han sido desatendidas o simplemente nunca fueron previstas y lo más importante, que es la atención a las actividades humanas dentro de la cuenca que aporta las aguas al embalse, resultan casi imposibles debido a factores humanos, necesidad de más tierras dedicadas a la agricultura, introducción de urbanismos y necesarias obras de vialidad, factores políticos y sociales de difícil gestión.

Actualmente hay en Venezuela 108 embalses, algunos como es el caso de Pedregal dejó de prestar servicio debido a su rápida sedimentación, algunos de los primeros embalses

construidos, ya no prestan servicio por haberse sedimentado, otros como es el caso de Matícora, se encuentra en condiciones críticas por el asolvamiento total del vaso de almacenamiento, siendo posible la captación de aguas solo con una toma flotante, recién instalada en un sector del embalse que corresponde a una cuenca menor, aportadora de aguas al embalse que aún, conserva un pequeño lago. El embalse Dos Cerritos, abastecedor del acueducto de Barquisimeto, se ha sedimentado en un 50 %, La Mariposa se ha sedimentado en sus 2/3 partes de la capacidad de almacenamiento, Cumaripa para el año 2004 ya se había sedimentado en un 50 %, los sedimentos en este embalse, ya se encuentran a una cota superior a la cota de la entrada de aguas de la toma.

En el caso del embalse Boconó, motivo del presente trabajo, que fue llenado por primera vez en el año 1983, para el año 2012 presentaba una rápida sedimentación con pérdida del 50 % de su vida útil.

La cuenca del río Boconó, presenta una gran actividad agrícola, que se desarrolla sobre suelos de pendientes, en muchos casos prohibitivas para la agricultura. Estos suelos se obtuvieron por deforestación de bosques húmedos, condiciones más que suficientes para producir elevadas cantidades de sedimentos.

El embalse del río Boconó en el sitio denominado Peña Larga, es de especial importancia para el desarrollo regional, proporciona aguas a un sistema de riego, el cual está previsto a aumentar a más de 100.000 ha, proporciona agua a acueductos regionales y lo más importante, a una planta hidroeléctrica con capacidad de 80 Mw.

Su importancia asociada a la rápida sedimentación, invita a su estudio a futuro y a la proposición de soluciones.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Proponer soluciones a la problemática de sedimentación del Embalse Boconó, con base a la evaluación del rendimiento.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar situación actual del embalse.
- Determinar el rendimiento del embalse sometido a los efectos de sedimentación.
- Estudiar las consecuencias de la intervención antrópica en el Embalse Boconó.
- Evaluar las posibles soluciones para alargar la vida del embalse.
- Realizar un estudio del rendimiento futuro del embalse con una sedimentación reducida.

1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

En el presente trabajo, se evaluará cómo afectará al rendimiento del embalse de Boconó una capacidad de almacenamiento en reducción. Se estudiará la distribución de sedimentos a partir de los métodos: Reducción empírica de Área y Área Incremental, siguiendo los pasos estipulados en el trabajo.

Es importante tomar en cuenta que los efectos de sedimentación serán estudiados únicamente en el embalse de Boconó, siendo la cuenca de este río la más importante por los efectos de la sedimentación. Sin embargo, al evaluar el rendimiento del Embalse de Boconó-Tucupido serán tomados en cuenta ambos embalses debido al volumen útil compartido para su funcionamiento

Se consideró la Batimetría realizada por Academia de Ciencias Agrícola de Venezuela (ACAV 2012) y la curva de Áreas-Capacidades original como información básica para el estudio de la sedimentación en el embalse. Se evaluará cómo los sedimentos arrastrados por el río afectan la vida útil del embalse.

Se hará un análisis de funcionamiento del embalse a futuro, determinando los efectos de la reducción de capacidad en la generación de energía.

En el movimiento de embalse se propone una operación del embalse donde se considera como prioridad la generación de energía eléctrica de la potencia instalada, 80 Mw. Así como también, otra propuesta en la cual se evalúa la posibilidad de generar una potencia continua de al menos 40 Mw.

El movimiento de embalse se realiza con la finalidad de estudiar cómo es afectada la generación de hidroelectricidad considerando la capacidad reducida por efecto de la sedimentación cambiando la curva de áreas capacidades en los años especificados. Las capacidades utilizadas son mayores a las de diseño, sin embargo, este escenario favorece al aprovechamiento. En el año 2042, los sedimentos alcanzan la cota de captación de la obra de toma. Por lo tanto, la evaluación del embalse se realizará hasta dicho año. Para los movimientos de embalse se presentará solo un escenario debido a que solo se dispone de una traza hidrológica.

Con respecto a las soluciones a considerar para la problemática de sedimentación, se propondrán opciones a estudios a futuro, así como se evaluará de manera generalizada algunas soluciones que podrían alargar la vida útil del embalse.

1.4 ANTECEDENTES

En los primeros embalses construidos a principios del siglo XX, no se prestó gran atención al problema de la retención de los sedimentos, los resultados fueron inmediatos, un gran número de estas obras, se perdieron por colmatación a los pocos años de construidas o presentaban sedimentación bastante superior a lo esperado.

Los ejemplos son muchos, solo como ilustración se puede citar, la presa de Austin, en el río Colorado, en Texas, en nueve años perdió el 84 % de su capacidad. En Nuevo México, la presa Zeni redujo su capacidad en 90 %.

Para el año 1941 el 30% de los embalses en EE.UU. tenían una vida útil restante de solo 50 años, alrededor de 64 % tenían menos de 100 años de vida útil y en el año 1.961 se estimaba una pérdida anual del orden de 50 x 109 US \$ por sedimentación de los embalses en uso.

Un caso sin precedentes lo constituyó el embalse Loaying, que poco antes de iniciar su funcionamiento fue totalmente colmatado por una creciente. El embalse Xinghe tardó dos años en ser construido y en un solo año quedó totalmente colmatado. Estas experiencias condujeron en algunos casos a un redimensionamiento de los embalses y a modificar la forma de operación, destinando parte de los aportes de agua, para retirar del embalse los sedimentos depositados.

El caso del embalse Pedregal, en el estado Falcón, Venezuela, es notorio por su corta vida útil, fue puesto en servicio en el año 1978, para el año 1988 los sedimentos habían alcanzado el nivel normal del embalse. Su rápida colmatación tuvo origen tanto en el desconocimiento de las condiciones geológicas e hidrográficas de la cuenca, como en el mal manejo del embalse. [1].

En el caso del embalse del río Boconó en el sitio Peña Larga, es evidente la causa de la temprana sedimentación del embalse, al observar las condiciones de la cuenca. Lo que fue un denso bosque lluvioso, hoy son suelos dedicados a prácticas agrícolas inadecuadas. A lo

largo del tiempo se han propuestos diferentes proyectos para solventar la problemática de sedimentación en la cuenca, se citan algunos:

- Propuesta para la ejecución de un proyecto conservacionista integral en la cuenca del río Boconó, Ministerio del ambiente y de los recursos renovables
- Plan de Prevención: Cuenca Alta del Rio de Boconó hasta confluencia con el Rio Burale, Ministerio del ambiente y de los recursos renovables
- Cálculo de la producción media de sedimentos por correlación de gastos líquidos vs. gastos sólidos.
- Convenio M.A.R.N.R.-C.A.D.A.F.E.: Conservación de Cuencas

Sin embargo, hasta la fecha ningún proyecto se ha puesto en marcha y los sedimentos suspendidos arrastrados por el flujo del río afectan directamente el vaso de almacenamiento del embalse.

La figura 1.4 muestra un amplio sector de la cuenca, en el cual son notables las amplias áreas deforestadas, cultivos en pendientes y cárcavas que son resultado de deforestaciones en suelos de gran pendiente.



Figura 1.1: Cuenca del río Boconó y cuenca del río Tostos (parte posterior).

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 EMBALSES

Un embalse es un estanque en el cual la capacidad física necesaria es facilitada por una configuración topográfica natural. Está destinado al almacenamiento de los aportes de un curso de agua provenientes directamente de un río o quebrada. Permite gestionar dicha cantidad de agua para satisfacer distintas necesidades tales como, demanda poblacional, riego, generación de electricidad, control de crecientes y en la mayoría de los casos una combinación de estos usos. Se forma cerrando el paso de agua en un estrechamiento del valle con una estructura llamada presa. Es necesario que el espacio físico que será ocupado por las aguas, es decir, el vaso de almacenamiento sea suficientemente grande, impermeable y estable.

Para los casos donde el vaso de almacenamiento no es suficiente para regular el aporte del río, se puede evaluar la construcción de un canal o túnel que tiene como función unir dos vasos de almacenamiento para incrementar la disponibilidad de espacio, logrando almacenar el aporte del río.

La presa debe ser de altura tal que permita la formación del vaso de almacenamiento necesario. Su sitio de ubicación debe ser estrecho. La presa puede ser un terraplén (presa de tierra) o una estructura de concreto; presas de gravedad, arco, arco bóveda, etc. Su elección depende básicamente de las condiciones geológicas del sitio y función del embalse.

Complementan el embalse la estructura de alivio de aguas, llamado aliviadero, su función es dar salida a los excedentes de agua de manera segura y controlada. Su insuficiencia puede provocar el colapso del embalse si se trata de una presa de tierra. La obra de toma, cuya función es la extracción de las aguas de forma regulada, para así satisfacer el servicio necesario.

Normalmente se debe proveer el embalse con tomas para cumplir sus funciones con entradas de agua a cierta altura del fondo del embalse y una descarga en el fondo la cual, debe proporcionar las aguas a mantener en el río, ayudar al vaciado rápido del embalse, alivio de excedente y facilitar la extracción de aguas profundas para evitar la eutrofización.

2.2 NIVELES NOTABLES

Se pueden diferenciar dos situaciones, embalses que solo deben regular el aporte de aguas y embalses que además generan energía eléctrica.

En el primer caso solo se requiere un estanque de dimensiones adecuadas. El espacio destinado a la regulación de los aportes queda determinado por un nivel de aguas mínimas o muertas (NAM) y, el nivel normal (NAN) es el nivel al cual las excedencias son vertidas fuera del embalse por el aliviadero. Es siempre necesario proporcionar un volumen muerto

comprendido entre el fondo del embalse y el nivel de aguas muertas donde se depositan sedimentos y aguas inapropiadas para su uso.

Sobre el nivel de aguas normales, se dispone de un volumen para el control de crecientes que determina el nivel de aguas máximas. La figura 2.1 ilustra estos niveles.

Los embalses que están destinados a la generación de electricidad además de requerir volumen para la regulación de los aportes, necesitan altura para proporcionar suficiente carga hidráulica, la operación de las turbinas se hace entre dos niveles definidos como nivel de máximo de operación (NMáxO), y nivel mínimo de operación (NMínO)

En este caso el nivel normal (NAN) queda determinado por la carga que permite la generación de la potencia nominal. Estos niveles se ilustran en la figura 2.2.

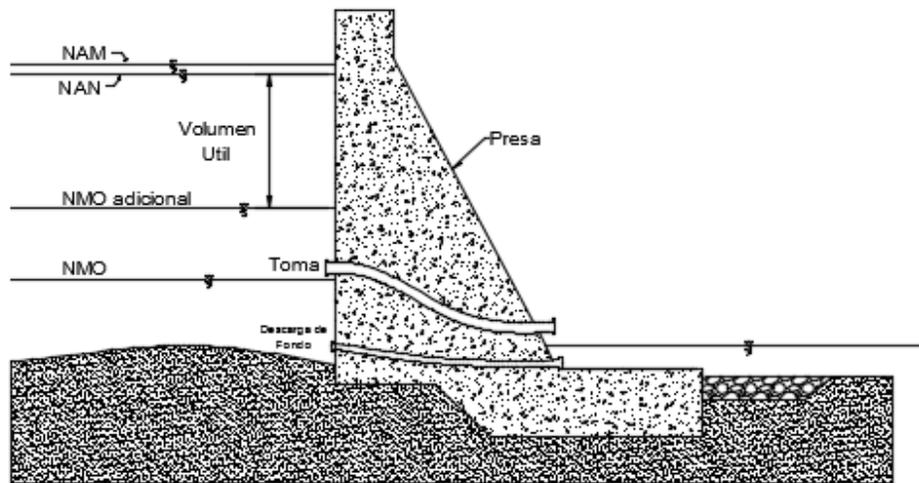


Figura 2.1: Caso regulación del río.

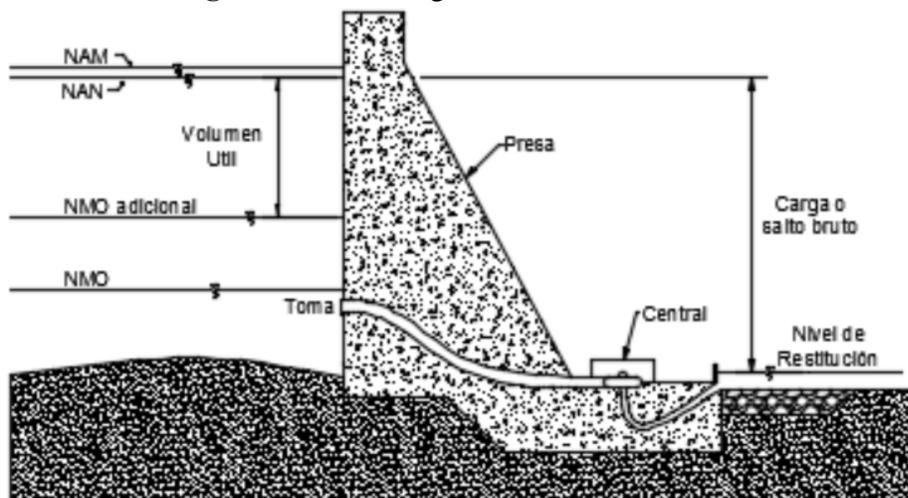


Figura 2.2: Caso regulación para hidroelectricidad.

2.3 TIPOS DE EMBALSE

Los embalses pueden funcionar como grandes reservorios de agua para generar energía hidroeléctrica. El agua que se almacena en el embalse es conducida por conductos a presión hasta las turbinas ubicadas en la base de la presa y están conectadas a generadores que producen energía eléctrica. Para este tipo de embalse la operación es sumamente importante. En los casos donde es un embalse multiuso, es decir, debe satisfacer otras necesidades aparte de la producción hidroeléctrica, la operación es aún más importante.

2.4 HIDROELECTRICIDAD

Una central hidroeléctrica es una instalación que permite aprovechar las masas de agua en movimiento que circulan en los ríos para transformarlas en energía eléctrica, utilizando turbinas acopladas a los generadores.

El embalse acumula un volumen de agua, que permite con su altura que el agua adquiera una energía potencial que luego se transformará en energía eléctrica. Al captar el agua por la obra de toma, va transformando su energía potencial en cinética además de energía de presión, es decir, va perdiendo altura y adquiriendo velocidad. Al llegar a las turbinas, actúa sobre los álabes, transformando su energía cinética en energía mecánica de rotación. A su vez el eje de la turbina está unido al del generador eléctrico que, al girar, convierte la energía rotatoria en corriente de media tensión y alta intensidad. Mediante transformadores, es convertida en corriente de baja intensidad y alta tensión, para ser enviada a la red de distribución y una vez que ha cedido su energía, el agua es restituida al río.

Las turbinas hidráulicas son los elementos fundamentales para el aprovechamiento de la energía en las centrales hidráulicas. Transforman en energía mecánica la energía cinética de una corriente de agua. Las turbinas hidráulicas las podemos clasificar en dos grupos:

- Turbinas de acción: son aquellas donde la energía cinética del agua es transformada en energía mecánica (Rotación de turbina).
- Turbinas de reacción: son aquellas en las cuales la mayor parte de la energía de presión del agua y en menor grado la energía cinética, se transforma en energía mecánica.

Las turbinas utilizadas actualmente con mejores resultados son las turbinas Pelton, Francis y Kaplan.

La Turbina Pelton, es también conocida con el nombre de turbina de presión. Son adecuadas para los saltos de gran altura y para los caudales relativamente pequeños. La descarga, a presión atmosférica, es independiente del nivel aguas abajo (Nivel de restitución). El agua que llega por la tubería forzada, se transforma en un chorro libre que golpea los álabes, transfiriéndoles su energía cinética. Su instalación habitual es la disposición horizontal del eje.

Las Turbinas Francis trabajan con una presión variable en las zonas del rodillo. Se pueden utilizar en saltos de diferentes alturas dentro de un amplio margen de caudal, pero su rendimiento óptimo se encuentra en el margen entre un caudal del 60% y 100% del caudal máximo. Permite regular totalmente el gasto abriendo o cerrando las guías móviles. Su instalación más habitual es sobre su eje vertical.

La Turbina Kaplan es utilizada en saltos de pequeña altura con caudales medianos y grandes. El funcionamiento es igual a la Francis, excepto por los álabes, que no modifican sustancialmente las velocidades relativas. Normalmente se instalan con el eje en posición vertical.

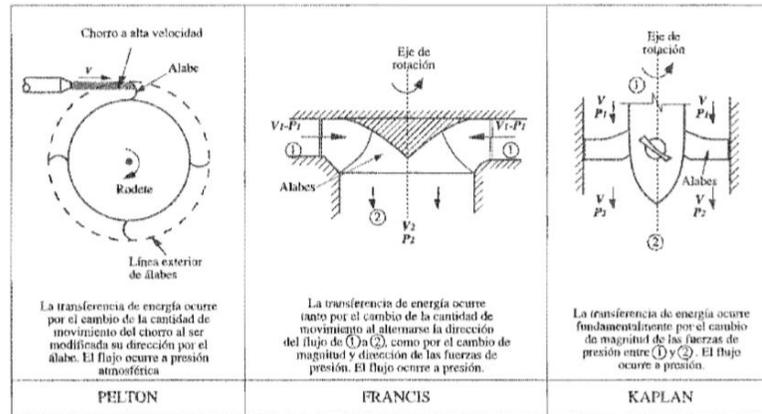


Figura 2.3: Turbinas hidráulicas más utilizadas.

La eficiencia de una turbina hidráulica varía según su velocidad específica y la carga. El rendimiento de la turbina viene dado por el producto de las pérdidas. Las pérdidas pueden ser de carácter volumétrico, generadas por las fugas de agua a través de los sellos. También pueden ser de carácter hidráulico, creadas por la fricción del agua contra las paredes y turbulencias y mecánicas debido a rozamientos entre los soportes y los ejes de rotación.

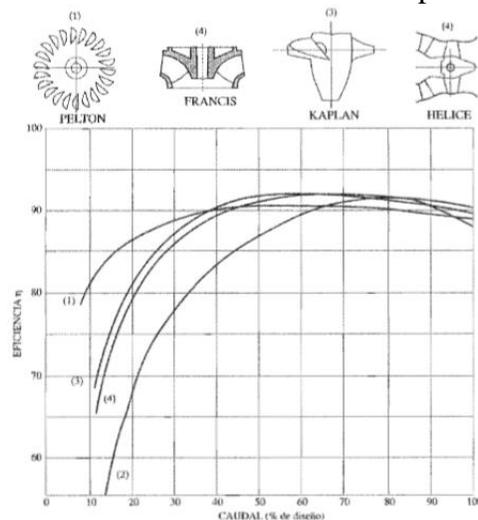


Figura 2.4: Variación de la eficiencia en función del caudal

2.5 SEDIMENTACIÓN.

Cuando el agua ejerce acción sobre el suelo se originan los sedimentos, el agua desprende las partículas del suelo, las diluye y las incorpora a los cursos de agua. Las fuentes de sedimentos pueden identificarse en tres circunstancias, cuando la lluvia remueve pequeñas capas de suelo, las cuales son transportadas a los ríos, cuando se da la presencia de cárcavas, formadas por la inestabilidad de los suelos de gran pendiente deforestados y sometidos a los efectos de lluvias intensas, las cárcavas favorecen a los procesos erosivos del suelo ya que suelen presentarse en sustratos de tipo limoso, de fácil desprendimiento. Por último, en el escurrimiento, los sedimentos tienen su origen de los esfuerzos cortantes del agua sobre el suelo, si el escurrimiento tiene suficiente velocidad (velocidad crítica) para ejercer un esfuerzo cortante mayor al resistente del suelo, el mismo se desprenderá y será arrastrado por las aguas hasta que la capacidad de arrastre disminuya.

Además, la actividad humana favorece el arrastre de sedimentos al deforestar suelos para urbanismos y demás obras civiles en las cuales expone suelos sueltos a la acción de las aguas. De gran importancia es la actividad agrícola, siendo uno de los mayores aportadores de sedimentos, en especial cuando las prácticas agrícolas no son adecuadas a la conservación de los suelos.

El aporte de sedimentos de una cuenca hasta un determinado sitio de interés se mide en $\text{ton}/\text{km}^2/\text{año}$, llamado el módulo de producción de sedimentos o producción específica de sedimentos.

La producción de sedimentos de una cuenca dependerá entonces de:

- Pluviosidad.
- Geología.
- Cobertura vegetal.
- Actividad humana.
- Topografía.

Con respecto a la pluviosidad, entre mayor sea la misma, mayor producción de sedimentos habrá. La cobertura vegetal influye ya que la vegetación reduce el efecto de las aguas en el suelo, ayuda a retener los sedimentos y facilita la infiltración del agua con lo cual reduce la erosión.

En el caso de la zona de estudio, abundó la vegetación de tipo Bosque húmedo Montaña-bajo, bosque húmedo montañoso y bosque muy húmedo Montano-bajo, sin embargo, en las grandes extensiones de la cuenca la actividad agrícola condujo a la deforestación del bosque para sustituirlo por cultivos.

Con respecto a la geología de la cuenca, se identifican dos tipos de suelos, los suelos del valle, formados por deposiciones recientes de los ríos Boconó y Burate, son suelos conformados por materiales sueltos no consolidados, mientras que las montañas presentan capas de suelos sobre estratos rocosos.

La pendiente del suelo influye directamente en el aporte de sedimentos ya que, a mayor pendiente, mayor es el efecto cortante ejercido por el agua y mayor la cantidad de sedimento arrastrado. La capacidad de drenaje que puede tener el suelo también influirá en la producción de sedimentos, un suelo con mayor densidad de drenajes favorece a la conservación del mismo y por lo tanto implicará un menor arrastre de sedimentos.

El factor de mayor importancia es la intervención antrópica, la deforestación y las malas prácticas agrícolas remueven y dejan al descubierto el suelo, exponiéndolo al efecto de las lluvias.

2.5.1 Efectos de la sedimentación de embalses

Al interponer un obstáculo en un río, en este caso una presa, se genera un estancamiento del agua (un embalse), por lo que el sedimento arrastrado decanta. El material grueso es el primero en depositarse, formando un delta. El sedimento más fino continuará avanzando como una corriente de densidad, para posteriormente depositarse en el fondo, este proceso dependerá principalmente de la dinámica de almacenamiento del embalse, diferencias de densidades, corrientes y temperaturas. [3].

El delta avanzará desde la cola del embalse hacia la presa, dependiendo de las características de las crecientes, de la variación de los niveles de agua en el embalse y de la forma de la cola del embalse.

Cuando la cola de un embalse es estrecha, el sedimento grueso se deposita ocupando el estrecho valle a un nivel cercano al de las aguas, formando lo que se llama el topset, con una pendiente que permite el arrastre de sedimentos que se irán depositando, haciendo avanzar el sedimento hacia aguas abajo con un frente llamado frontset. Si baja el nivel de las aguas, el sedimento depositado es erosionado y arrastrado hacia aguas abajo siguiendo el patrón ya descrito. En la figura 2.5 se aprecia dicho proceso.

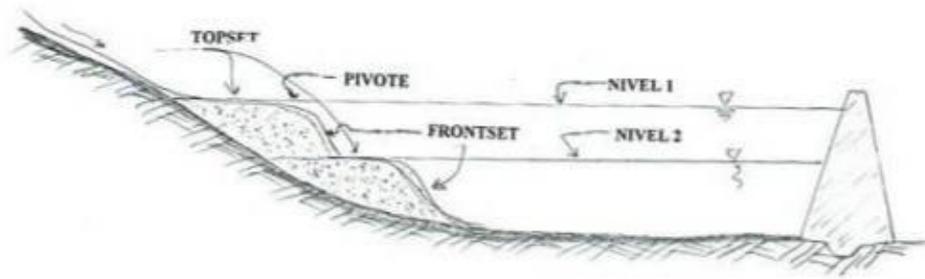


Figura 2.5: Vista de en perfil de la formación, desarrollo y avance del delta en la cola de un embalse. (Fuente: José De Jesús Gaspar 2001)

En el caso de un embalse de cola ancha, el sedimento se deposita a lo largo del canal del cauce que llega al embalse, donde se van depositando los sedimentos con el mismo patrón del top y frontset, al venir las crecientes rompen el canal formando nuevos canales más cortos que llegan al embalse y extienden el delta. Este proceso mantiene en continua extensión el delta producido en la cola del embalse, el cual aumenta hacia la presa y por lo tanto disminuye las capacidades de almacenamiento del embalse. La formación de este delta, propicia la aparición de abundante vegetación en el mismo, contribuyendo a aumentar la deposición de sedimentos cuando las crecientes abarcan estas áreas. En la figura 2.6 se aprecia el procedimiento explicado.

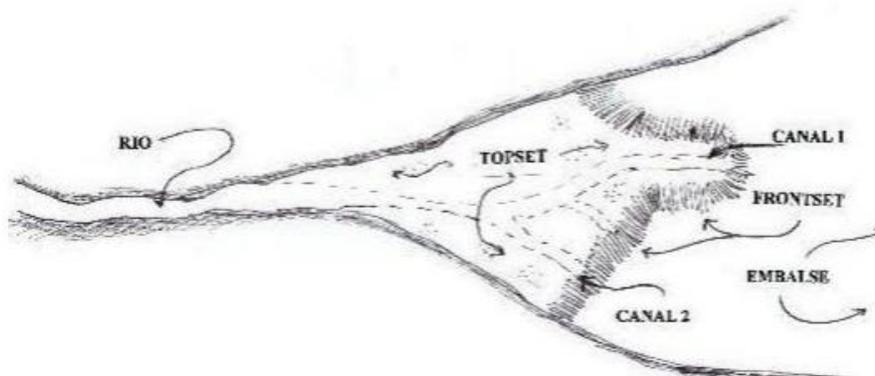


Figura 2.6: Esquema en planta, formación del Delta. (Fuente: José De Jesús Gaspar 2001)

Cuando un embalse presenta grandes variaciones de niveles y se depositan los sedimentos, es posible que se presenten problemas para la extracción del material, ya que el proceso de secado y humedecimiento del sedimento acentúa su consolidación.

Para calcular el aporte de sedimentos en un embalse existen diferentes procedimientos, tales como; la medición directa dentro del embalse, el aforo del transporte de sedimento en la corriente de entrada y el empleo de criterios de predicción. La aplicación de cada uno de los procedimientos dependerá de los datos disponibles del sitio de estudio.

Para efectos del estudio a realizar se tomarán en cuenta mediciones directas dentro del embalse, es decir, levantamientos batimétricos cuando el sedimento está sumergido.

2.5.2 Métodos de distribución de los sedimentos en los embalses.

Determinar la distribución del sedimento en el embalse y su evolución a lo largo del tiempo permite determinar que zonas estarán más afectadas y así recurrir a medidas para prever el daño que se vaya a ocasionar. La forma en la que el sedimento se va a distribuir dentro del embalse dependerá directamente del tipo de sedimento, las características de las crecidas y del vaso de almacenamiento, y en gran parte la operación del embalse.

Los métodos desarrollados para predecir cómo se distribuyen los sedimentos en un embalse, pueden agruparse en dos categorías, primero, los métodos desarrollados por el U.S.B.R. y otros basados en ecuaciones empíricas, observaciones y modelos matemáticos. Los primeros son los más conocidos y comprenden:

- Área Incremental.
- Reducción Empírica de áreas.
- Reducción Empírica de áreas modificadas.

En una segunda categoría, se pueden ubicar métodos más recientes basados en modelos matemáticos que utilizan las ecuaciones de la Hidráulica y mecánica del arrastre de los sedimentos, para reproducir los patrones de sedimentación.

2.5.2.1 Método de Área Incremental

Desarrollado por E. A. Cristófano en el U.S.B.R. Denver U.S.A., en el año 1953. El método consiste en repartir los sedimentos en dos partes, la primera, el volumen muerto, por debajo de la cota ho, cota que alcanzan los sedimentos al pie de la presa y que define el nivel de aguas muertas.

El volumen restante, es decir, la diferencia entre el volumen de sedimentos y el volumen muerto, ocupará el espacio comprendido entre ese nivel de aguas muertas y el nivel de aguas normales. Reduciendo el área del embalse en cada cota, en una cantidad fija igual al área correspondiente al nivel muerto.

Matemáticamente se puede expresar como:

$$V_s = V_o + A_o \cdot (H - h_o)$$

En la figura 2.7 se explica de manera gráfica la distribución de sedimentos según el método de Área Incremental

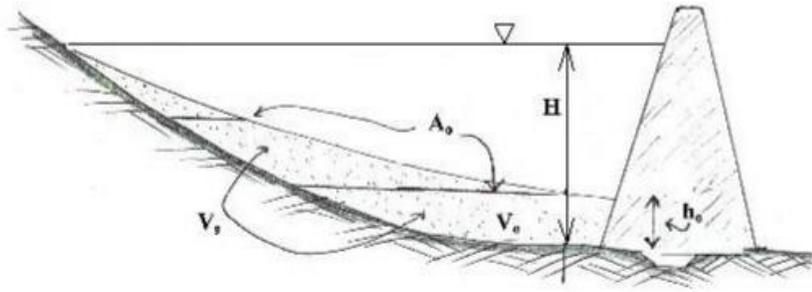


Figura 2.7: Representación gráfica de A_o , h_o , V_o y V_s . (Fuente: José De Jesús Gaspar 2001)

Es importante tomar en cuenta que para desarrollar este método es indispensable tener conocimiento de la altura de Aguas Máximas, la cota de fondo del embalse, los datos de elevaciones-Áreas y la cantidad de sedimentos a repartir.

Calculado el volumen de sedimentos a repartir (V_s), H altura total de aguas, se procede por tanteos a obtener la altura h_o mediante los siguientes pasos:

- 1) Suponer h_o
- 2) En la curva de alturas, capacidades, áreas se obtiene para h_o supuesto, el correspondiente valor de V_o y A_o
- 3) Con los valores V_o y A_o se calcula V_s con la ecuación

$$V_s = V_o + A_o (H - h_o)$$
- 4) Se comparará V_s obtenido del cálculo con el V_s a repartir.

Se repite el proceso hasta obtener un valor V_s suficientemente próximo al valor de sedimentos a repartir.

Una vez obtenido el valor de h_o , se procede a repartir un área de sedimentos constante para cada nivel de agua en el embalse. Por medio de la ecuación $V_s = V_o + A_o \cdot (H - h_o)$ se obtiene un valor de sedimentos para cada cota establecida, y tomando en cuenta la capacidad original del embalse, se calculan las nuevas capacidades según el volumen de sedimentos que se repartió. El método de área incremental establece que la deposición de sedimentos en el embalse entre el nivel de aguas muertas y el nivel de aguas máximas será contante y no

toma en cuenta diferentes que factores que alteran el comportamiento del material en el embalse.

2.5.2.2 Reducción Empírica de áreas.

El método de Reducción Empírico de Área fue desarrollado por el U.S. Bureau of Reclamation en el año de 1960 con base en medidas de 30 embalses con capacidades entre los 1.36Hm³ – 38547 Hm³, clasifica los embalses en cuatro tipos.

El método considera que la distribución del sedimento en el interior de un embalse depende de: 1) la operación del embalse, 2) la textura y tamaño del sedimento, 3) la forma del embalse y 4) el volumen de sedimento depositado en el embalse.

El primer paso para desarrollar el Método de Reducción empírica de Área es clasificar el embalse. Cada embalse está definido por el parámetro M que es el inverso de la pendiente de la curva alturas áreas capacidades graficada en papel log-log. La tabla 2.1 muestra los valores de M correspondientes a los cuatro tipos de embalses

Tabla 2-1: Clasificación de Embalses

Tipo de Embalse	Nombre descriptivo	Valor de M
I	De Lago	3,5-4,5
II	Planicie de inundación, Pie de Montaña	2,5-3,5
III	De colina	1,5-2,5
IV	De Torrente	1-1,5

Es importante tomar en cuenta que una operación de maniobras muy radicales, hace que el tipo de material predominante en el embalse no tenga importancia y se deba reclasificar el embalse.

El método de reducción empírica de áreas consiste principalmente en calcular un área relativa para cada elevación en el embalse, el área relativa dependerá de la clasificación del embalse, de acuerdo a la ecuación:

$$Ar = C \cdot (p^m) \cdot (1-p)^n, \text{ Donde}$$

Ar= Área Relativa

P= Se define como el porcentaje de profundidad, se obtiene de dividir el valor h, profundidad al área Ar considerada, entre el valor H, profundidad total (cota de aguas normales menos cota del fondo del embalse al pie de la presa).

C,m,n Son constantes adimensionales propias de cada tipo de embalse

Los valores de C, m y n fueron obtenidos a partir de los datos batimétricos de los 30 embalses estudiados por el U.S.B.R. C, teniendo en cuenta que el área debajo de la curva Ar es igual a la unidad. Los valores de estas constantes para cada tipo de embalse se muestran en la tabla 2.2. [5].

Tabla 2-2: Constantes adimensionales para cada tipo de embalse.

Tipo de Embalse	C	m	n
I	5,047	1,85	0,36
II	2,487	0,57	0,41
III	16,967	-1,15	2,32
IV	1,486	-0,25	1,34

El método consiste en hallar una profundidad relativa (p) para cada elevación en el embalse, esta profundidad será la profundidad de cada punto entre la altura máxima de aguas en el embalse. Para cada p, se obtendrá un valor de Ar según la clasificación del embalse considerada.

Primero, se supondrá un valor de ho, por debajo de la altura ho (nivel de aguas muertas), se acumula el volumen Vo de sedimentos, queda por repartir el volumen Vs - Vo entre el nivel de aguas muertas y el nivel de aguas máximas.

El valor de ho tendrá su correspondiente área original (Ao) y Ar y para calcular el valor de K, donde $K=Ao/Ar$. El valor de área modificada A para cada elevación en el embalse, se obtiene multiplicando Ar por el factor K. Una vez completada la distribución de sedimentos y obtenida la nueva curva de alturas, áreas, capacidades, se procede a calcular el volumen de sedimentos, el cual debe ser suficientemente próximo al volumen de sedimentos a repartir, caso contrario, es necesario suponer otro valor de ho y repetir el cálculo. En la figura 2.8 se ilustra los parámetros utilizados en este método.

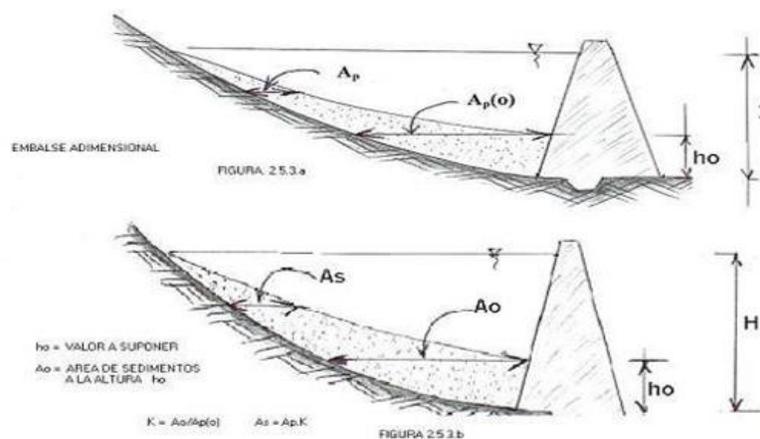


Figura 2.8: Reducción Empírica de Áreas. Parámetros importantes. (Fuente: José De Jesús Gaspar)

En la figura 2.9 es posible apreciar la distribución de sedimentos para cada altura en porcentajes por el método de área incremental y Reducción Empírica de Área. Las curvas I, II, III y IV corresponden al tipo de embalse por el método de área empírica de reducción

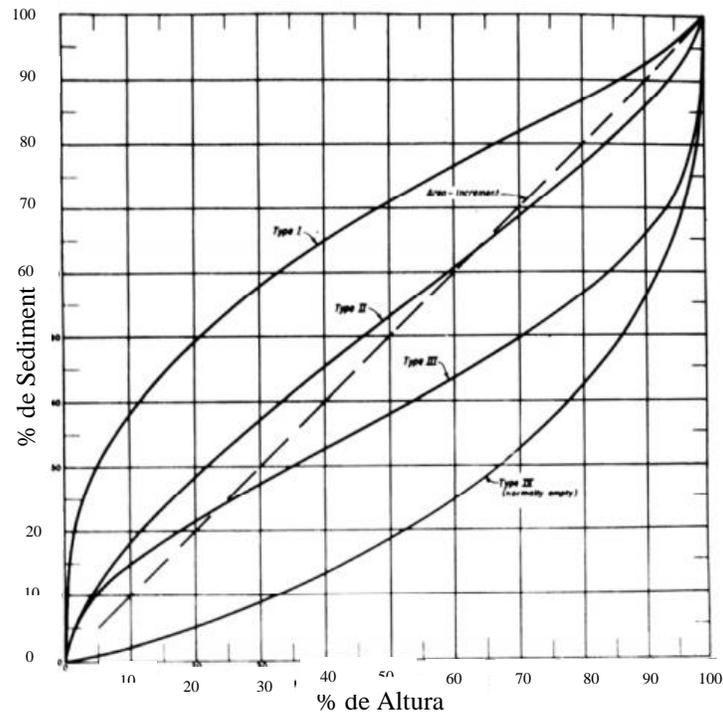


Figura 2.9: Porcentaje de sedimentos a cada porcentaje de altura para cada tipo de embalse, Método de Área Incremental (Línea recta a trazos) y Reducción Empírica DE Área. (Strand and Pemberton, 1987).

2.5.2.3 Método de la Reducción Empírica de Área Modificado

El método de reducción empírica de áreas es modificado por Moody en el año 1960, introduce gráficos con el fin de evitar el tanteo del valor de h_0 , el nivel de aguas muertas.

Una vez clasificado el embalse según la tabla 2.1 se hace uso de la gráfica mostrada en la figura 2.10 para obtener el valor de h_0 .

A partir de los datos de áreas-capacidades originales del embalse, se calcula el valor adimensional F , $F=(S-Vh)/(H*Ah)$ para cada profundidad, donde:

S: Valor de sedimentos a repartir
 Vh: Capacidad original del embalse
 Ah: Área original del embalse
 H: Nivel de alturas normales.

Una vez obtenidos estos valores se grafican junto con sus respectivas profundidades relativas para cada elevación en la figura 2.10, la intersección entre el tipo de embalse y la curva graficada dará el valor de p_o , que multiplicado por el nivel de aguas normales resultará el valor de h_o , el nivel de aguas muertas. Una vez obtenido este valor se procede de la misma forma que con el método de reducción empírica de áreas.

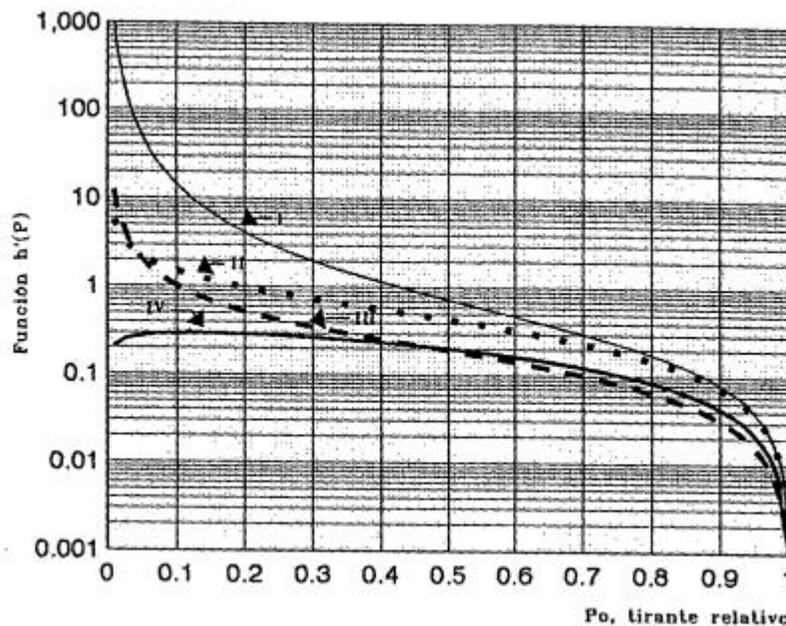


Figura 2.10: Tipos de curvas para determinar el valor de p_o según la función F .

Se debe tomar en cuenta que la mayor dificultad del método consiste en la clasificación del embalse, W.M. Borland y C. R. Miller [93] y [95] al no tomar en cuenta el tipo de operación del embalse, la distribución de sedimentos del embalse a estudiar puede diferir de los tipos de embalses establecidos.

Otros métodos menos comunes como el método de Hobbs (1969), consiste en distinguir las cantidades de sedimentos que se depositan sobre el nivel de aguas del embalse que es sobrepasada el 5% del tiempo; tomando en cuenta como sedimentos finos, para posteriormente realizar la distribución de sedimentos por debajo de la cota excedida el 5% del tiempo. EL método resulta ser impreciso por la dispersión de datos en las gráficas a considerar para la distribución de sedimentos.

El método desarrollado por Szechowycs y Oureshi (1973) tiene como principio, suponiendo solo un 10% del aporte de sedimentos, se acumularía en la cola del embalse formando un delta. El sedimento fino, material en suspensión, se acumularía posterior al delta y hasta la presa en forma horizontal. Supusieron, además, que el 70% de los sedimentos alcanzan al embalse en el período de los monsoon (Junio a Septiembre). Las hipótesis asumidas por Szechowycs y Oureshi (1973) limitan el comportamiento del embalse a estudiar, así como no son explicados diferentes factores como la pendiente del delta erosionado. En la figura 2.11, es explicado gráficamente el método.



Figura 2.11: Método de Szechowycs y Oureshi (1973). (Fuente: José De Jesús Gaspar, 2001)

Estos métodos fueron desarrollados para embalses sometidos a condiciones particulares donde se presentan los fenómenos denominados monsoon caracterizados por lluvias frecuentes de muy alta intensidad, seguidas de crecientes.

2.5.3 Levantamientos Batimétricos

La Batimetría se define como la práctica de medir profundidades de grandes cuerpos de agua como cursos de agua, embalses, lagos, mares y océanos. La finalidad de las batimetrías consiste en obtener las coordenadas y correspondientes profundidades de la mayor cantidad de puntos en un sector a estudiar para generar un modelo de superficie. La obtención de profundidades, llamada operación de sondeo o simplemente sondar. La profundidad de un punto se medirá verticalmente, desde el nivel de agua hasta la superficie de fondo por medio de un sonar montado bajo la quilla o en el lateral de un buque, lanzando una onda de sonido hacia el fondo marino. El tiempo que tarda el sonido en ir a través del agua, rebotar en el fondo y volver, informa al equipo de la profundidad real.

Al no contar con una superficie de aguas estable, las batimetrías suelen ser mediciones complejas en comparación con los levantamientos topográficos.

En levantamientos batimétricos se consideran 3 fases de estudio

- Posicionamiento planimétrico
- Posicionamiento altimétrico
- Posicionamiento 3D

En el levantamiento barométrico los puntos se organizan en perfiles. Los perfiles consisten en una serie de puntos alineados en determinada dirección. Los perfiles se sitúan paralelos unos a otros, así como también se realizan unos en paralelo para obtener mayor cobertura de la zona. El número de puntos a tomar dependerá de la escala del levantamiento. Se recomienda tomar en cuenta el desnivel de la marea mediante regletas o sistemas que registren las variaciones en el sitio a estudiar.

Los métodos de posicionamiento altimétrico se realizan desde la embarcación siguiendo los perfiles que se han diseñado en función del alcance del trabajo y dentro del perfil se han de determinar las coordenadas de los puntos en los que se mide la profundidad.

Existen diferentes métodos de posicionamientos para obtener las coordenadas (x, y). Los equipos GPS en conjuntos con satélites han facilitado la obtención de las coordenadas ya que permiten manejar los escasos tiempos que se requieren para alcanzar elevadas precisiones.

Los métodos de posicionamiento altimétrico consisten en determinar la cota de los puntos midiendo la distancia vertical existente entre la superficie de agua y el punto en el fondo. Estas cotas se referirán a las coordenadas (X,Y) del punto donde está situada la embarcación. Una vez situado el punto de cota conocida en tierra se inicia el proceso de sondeo.

Al trabajar con perfiles se usan generalmente dos sistemas para llevar a cabo el sondeo; por líneas rectas paralelas o por líneas radiales.

Las líneas rectas paralelas suelen ser perpendiculares a la costa y para reducir pérdida de información se establece una ruta tipo malla media y perfiles transversales.

El sistema de líneas radiales se emplea cuando el perfil de costa cambie bruscamente de dirección.

Actualmente existen diferentes tipos de sondas que se adaptan al medio en estudio permitiendo rapidez en el levantamiento como las sondas acústicas o ecosondas, sondas ultrasónicas o sondas mecánicas.

Las ecosondas, son las de mayor uso en el levantamiento batimétrico de embalses, consisten en registrar el tiempo que transcurre desde que un impulso sonoro es emitido desde la embarcación y recogido nuevamente en el tras reflejar en el fondo del mar como un eco.

Los métodos de posicionamiento 3D consisten en la combinación de métodos planímetros y altimétricos para garantizar efectividad en el levantamiento. El método más conocido y utilizados actualmente es el método combinado de GPS + Ecosonda digital, ambos instrumentos son sincronizados para obtener un registro de datos continuo.

2.6 CONTROL DE SEDIMENTACIÓN EN EMBALSES

Para evitar reducción de la vida útil de los embalses por asolvamiento, se han implementado métodos de extracción de sedimentos, criterios de diseño y de operación, los cuales, en numerosos casos no han sido del todo satisfactorios.

Desde la construcción de los primeros embalses en el país, se tomó en cuenta para el diseño de los mismos un volumen asignado a los sedimentos llamado volumen muerto, la vida útil del embalse depende directamente de este volumen muerto, este volumen, en muchos embalses termina por quedar ocupado por los sedimentos en un tiempo menor al previsto en el proyecto.

De gran importancia para retirar los sedimentos del embalse, son las descargas de fondo, que, por ser obras de captación en el fondo del embalse, permite en algunos casos el lavado del embalse, método flushing. En otros casos la captación de corrientes de densidad. También son de gran utilidad facilitando labores de dragado y retirando aguas eutrofizadas.

2.6.1 Soluciones Indirectas

Muchos autores concuerdan que el mejor procedimiento para evitar la sedimentación de los embalses es evitando la erosión de los suelos en las cuencas, proceso que no solo favorecerá a disminuir la sedimentación en el embalse sino también impedir que se pierda el suelo útil para fines agrícolas y forestales, sin embargo, las medidas para conservar la cuenca suelen reflejar resultados a largo plazo además, se requiere implementar planes de reeducación a los usuarios, labor no siempre factible por razones culturales y económicos.

2.6.2 Soluciones de Diseño

2.6.2.1 Reducción de la Capacidad de Retención de Sedimentos

En este caso se pretende que el sedimento que entra al embalse no tenga tiempo suficiente para depositarse.

Es importante tomar en cuenta que, para reducir la capacidad de retención, se debe contar con una descarga de fondo y una topografía que favorezca la formación de una corriente de densidad.

Las corrientes de densidad son utilizadas para conducir el sedimento hasta la obra de descarga para ello es necesario que la corriente se forme y logre llegar al punto deseado, que la descarga de fondo sea capaz de extraer una gran parte de la corriente de densidad y que la corriente sea lo suficientemente alta para que convenga su extracción.

2.6.2.2 Intercepción del sedimento antes del embalse

En los embalses de montaña donde el aporte de sedimentos es en su casi totalidad grueso, es factible evitar la entrada de los sedimentos al embalse utilizando pequeñas presas que actúan como trampas de sedimentos, ubicadas aguas arriba.

2.6.3 Soluciones directas

Una vez que el sedimento se encuentra consolidado en el embalse se deben considerar medidas directas de remoción. Métodos como el dragado y el lavado han sido utilizados con resultados satisfactorios sin embargo son considerados procedimientos costosos. No logrando, además, una recuperación total del vaso de almacenamiento.

2.6.3.1 Método Español o Lavado (Flushing)

El método consiste en arrastrar el material depositado en el embalse para restituir las condiciones originales del río, para ello se vacía totalmente el embalse y el río en consecuencia erosiona y arrastra el material depositado.

El hecho de que sea necesario vaciar el embalse limita el método, principalmente por la dificultad en llenar de nuevo el embalse, además de la suspensión del servicio proporcionado a los usuarios. El método de lavado es más efectivo en embalses pequeños, con taludes inclinados y pendiente fondo suficientemente alta para favorecer el arrastre. Es importante tomar en cuenta que el método es eficiente durante el periodo de crecientes.

En ciertas circunstancias, ha sido factible, mediante la aplicación del flushing, lograr un volumen útil menor al original pero permanente en el tiempo. El flushing forma un gran canal central cuyas dimensiones se recuperan en cada lavado. Se ilustra en la figura 2.12.

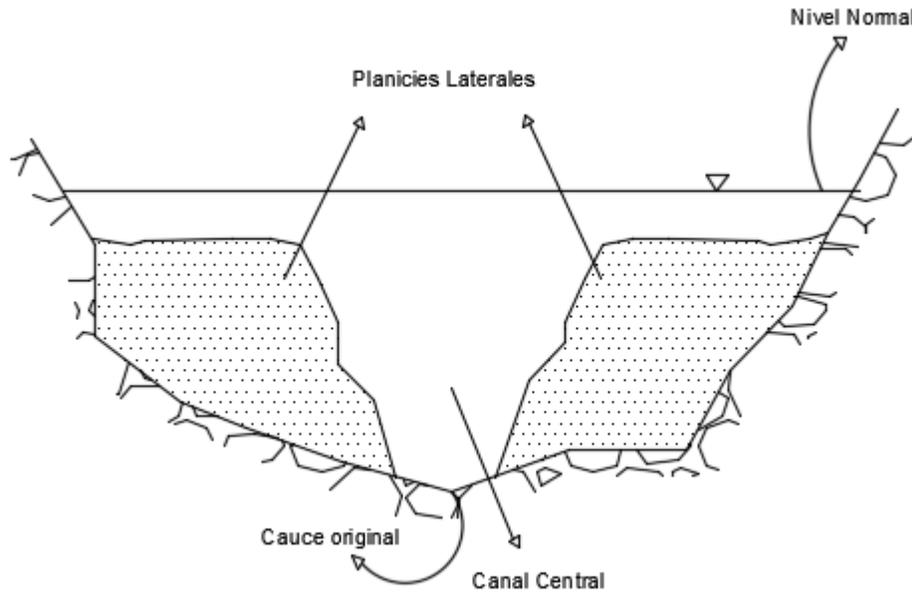


Figura 2.12: Formación de canal y planicies al sedimentarse y someter a lavados un embalse con vaso de almacenamiento amplio.

2.6.3.2 Dragado

El proceso de dragado consiste en extraer directamente el material depositado en el embalse. Existen tres etapas en la operación de dragado; extracción, transporte y el vertido de materiales situados bajo el agua.

El primer paso consiste en extraer el material de fondo con la ayuda de máquinas específicas, las dragas. El tipo de transporte dependerá directamente de la draga utilizada y finalmente se considera el vertido por descarga de fondo o por bombeo a través de tubería. Actualmente el aprovechamiento de los materiales extraídos del embalse es frecuente.

Dada la variedad de condiciones existentes en el embalse con respecto a los sedimentos, existen dos tipos de dragado condicionados a la operación que desea realizarse. En la figura 2.13 se clasifican los dragados en dos tipos; el dragado mecánico y el hidráulico.



Figura 2.13: Clasificación de las dragas actuales

La elección del equipo más adecuado depende de una serie de factores, entre los que se encuentran el emplazamiento, el tipo de obra, el volumen a dragar y el factor económico. Para proceder a un proceso de dragado hay que conocer una serie de aspectos previos a la extracción del material:

- Batimetría de la zona de dragado y vertido: la información batimetría proporcionará información con respecto a las profundidades en las que se ejecutará el dragado y la posición planimétrica de esos puntos.
- Características Geotécnicas y geológicas del lugar: es necesario disponer de información eterna sobre el material a dragar para así definir las características del mismo, determinar los volúmenes reales de dragado y determinar si es factible utilizar el material para otro tipo de actividades
- Condiciones medioambientales de las zonas involucradas en la operación de dragado

2.6.3.2.1 Dragas mecánicas

Las dragas mecánicas utilizan equipos exclusivamente para la excavación y extracción de material con bajo contenido de agua.

En función del medio con que se realiza la extracción, se clasifican las dragas mecánicas en:

- Dragalinas: Consisten en una grúa con una pluma de gran longitud y dos tambores de cable, uno de elevación y otro de arrastre, montados sobre una plataforma, del cable de elevación se suspende una cuchara que, una vez depositada sobre el fondo, se desplaza mediante el cable de arrastre. En caso de dragados en cauces estrechos, la dragalina trabaja desde tierra.

- Dragas de cuchara: Constan de una grúa que sostiene una cuchara de valvas encargada de efectuar la excavación. En la mayoría de los casos, Las dragas de cuchara son usadas para excavar pequeños volúmenes de sedimento



Figura 2.14: Dragas de cuchara sobre plataforma extrayendo material y cargando en gánguil. (Fuente: www.ceda.com)

- Dragas de pala: Consisten palas excavadoras montadas en una plataforma con pilones que ayudan a soportar las tensiones en la máquina
- Draga de Rosario: se trata de una embarcación o plataforma equipada con una cadera giratoria, que posee dientes que se encargan de cortar el terreno, los cangilones excavan el fondo y elevan el material hasta la draga.



Figura 2.15: Detalle de una cadena de cangilones. (Fuente: Vidal y París, 1997)

2.6.3.2.2 Dragas Hidráulicas

Las dragas hidráulicas, surgieron a mediados de los años 40, utilizan un sistema de succión y la variante de estos equipos consisten en el transporte del sedimento extraído. Existen dos tipos de dragas hidráulicas, las estacionarias y las dragas en marcha.

Dragas estacionarias:

- Draga de succión estacionaria
- Draga cortadora

La draga cortadora no se desplaza mientras se realiza el dragado, dispone de un dispositivo disgregador del terreno montado en el extremo del tubo de succión, este elemento puede trabajar con suelos más cohesivos. Las profundidades alcanzadas con estos equipos no son muy elevadas, oscilando generalmente entre 1 y 30 m.

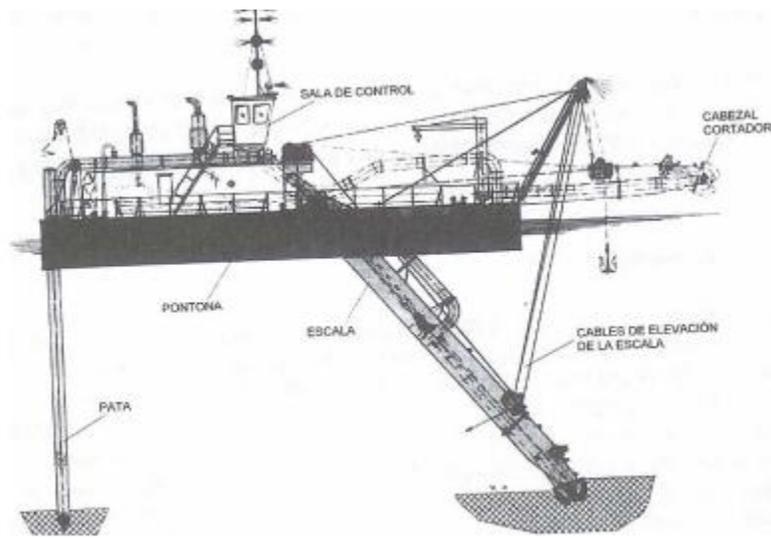


Figura 2.16: Esquema de una draga de succión con cabezal cortador. (Sanz Bermejo, 2001)

- Dustpan, La cabeza de las dragas Dustpan incorpora un rastrillo con orificios por donde se produce una inyección de agua a alta presión y justo debajo de ellos se encuentran los orificios de succión. La inyección de agua permite descompactar y fluidificar los materiales del fondo.

Dragas en marcha:

- Draga de succión en marcha o de arrastre

Las dragas de succión en marcha consisten en embarcaciones con un sistema de succión ubicado en el cabezal de un tubo, a bordo de la embarcación se instala una bomba que crea el vacío necesario en el cabezal para poner en suspensión los materiales sueltos en el agua, y se aspira la mezcla agua-material que se almacena en la cántara de la propia draga, el agua se evacua mientras los materiales se decantan durante el mismo procedo de dragado. La ventaja de este método es la facilidad de transporte del material, sin embargo, es importante tomar en cuenta que este tipo de dragado funciona para materiales finos. las dragas de succión en marcha suelen trabajar entre 4 y 50 m de profundidad, según el tamaño de la draga.

La Tabla 2-3 resume de forma general el comportamiento de los principales tipos de dragas en función del material a dragar.

Tabla 2-3: Tipos de Draga en función al material

	Buen comportamiento	Mal comportamiento
Cuchara	Terrenos sueltos o algo cohesivos	Terrenos fluidos o duros
Pala	Casi todos, incluso terrenos muy duros y compactos	Terrenos fluidos
Rosario	Fangos, arcillas y arenas compactas hasta rocas blandas	Arcillas muy cohesivas
Succión en marcha	Gravas, arenas sueltas, arenas Fangosas, limos, etc...	Terrenos compactos
Cortadora	Todo tipo de terreno excepto rocas duras	Rocas
Succión estacionaria	Arenas sueltas o semicompactas, fangos sueltos	Arenas compactas o cohesivas

CAPÍTULO III

INFORMACION BÁSICA DEL EMBALSE DE BOCONÓ-TUCUPIDO

3.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de aporte hídrico al sistema está conformada por las cuencas altas de los ríos Boconó y Tucupido con una superficie aproximada de 195.250 hectáreas (1952.5 Km²).

La cuenca del río Boconó comprende los municipios Boconó del Estado Trujillo, San Genaro de Boconoíto del Estado Portuguesa y Alberto Arvelo Torrealba del Estado Barinas.

El sistema Boconó-Tucupido está ubicado en las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes, a unos 50 km. Al Sur-Oeste de la ciudad de Guanare, en los estados Barinas y Portuguesa.

3.1.1 Río Boconó Y Río Tucupido

El Río Boconó nace en los páramos de Jabón y Turnal del estado Trujillo a una altura de 3400 msnm., drenando en sentido sur-este, recorre una distancia de 168 Km., hasta su confluencia con el río Guanare a una altura de 140 msnm. La superficie de la cuenca es de unos 1586 km², esta cuenca atraviesa el municipio San Genaro de Boconoito y su afluente más importante es el río Burate, el cual tiene una longitud de 56 km y desemboca en el río Boconó, a 4 km al sur-este de la localidad Boconó; el sector previo a la desembocadura en el río Guanare es llamado Río Chorroco, en su recorrido pasa por los municipios San Genaro de Boconoíto y Guanarito.

El Río Tucupido nace en el piedemonte de la cordillera andina a una altura aproximada de 1100 msnm, en el municipio San Genaro de Boconoito y se une con el río Guanare a una altura de 120 msnm, la superficie de la cuenca es de 440 km².

En la figura 3.1 se muestran las cuencas de los ríos, Boconó y Tucupido, donde se aprecia que la cuenca de Boconó posee mayor extensión que la cuenca de Tucupido.

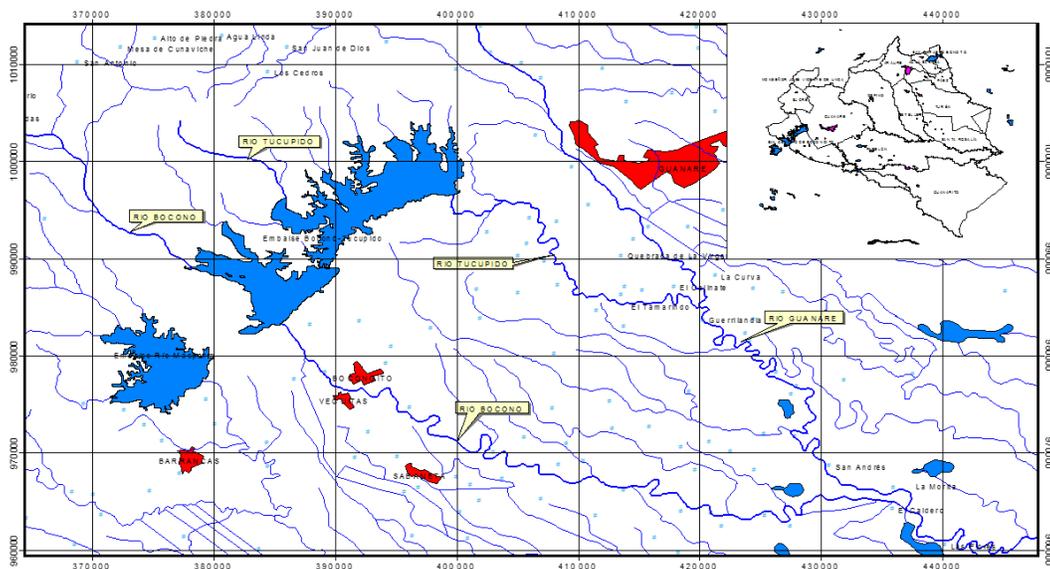


Figura 3.17: Entrada de los ríos Boconó y Tucupido al embalse.

3.1.2 Embalse Boconó Tucupido

El proyecto del embalse de Boconó se empieza a desarrollar en 1975 y entró en funcionamiento en el año 1983, para ese entonces el embalse solo tenía USOS de abastecimiento urbano, riego, y control de inundaciones. En 1988 el sistema de Boconó Tucupido inicia su operación como embalse con aprovechamiento hidroeléctrico, ya que el aporte de ambos ríos, Boconó y Tucupido era considerable y factible para un sistema de embalses de usos múltiples. El embalse de Boconó-Tucupido cuenta con una capacidad de diseño de 3.734,04 millones de m³, el sistema genera un espejo de agua de aproximadamente 12.465,52 Ha. El conjunto de estos embalses regula tanto el río Boconó como el Tucupido, controla las inundaciones de estos ríos y permite el riego de hasta 190.000 Ha de tierras comprendidas entre los ríos Guanare y Masparro. A la cota 245m.s.n.m. mediante un canal de 500 m de longitud y 50 m de ancho, se comunican ambos embalses, esto permite proporcionar suficiente vaso de almacenamiento y aumentar el caudal a aprovechar en el sistema hidroeléctrico.

El embalse Boconó, está ubicado sobre el río Boconó en un estrechamiento de las montañas sur del sistema montañoso andino, en el sitio denominado Peña Larga donde ya el río inicia su recorrido en el alto llano, a unos 6 Km del cruce la carretera Guanare Barinas con el mismo río.

3.1.3 Presa

El sitio de presa está a unos 7 km. Aguas arriba del puente Páez sobre la carretera antigua Guanare-Barinas.

La presa es de tierra zonificada, con los espaldones de grava natural del río y núcleo de mediana plasticidad, la longitud de la cresta es de 395 m y cuenta con un talud aguas arriba de 2,5:1 y 2:1 aguas abajo, la presa es de sección aproximadamente simétrica, con una altura máxima de 80 m. (MINAMB 2010).

Las características generales de diseño del sistema de embalses Boconó-Tucupido son las siguientes:

Elevación de la cresta 272,00 m.s.n.m.

Nivel máximo 269,00 m.s.n.m.

Nivel normal 267,00 m.s.n.m.

Nivel mínimo de Operación 245,00 m.s.n.m.

Nivel del borde del cimacio 256,00 m.s.n.m.

Volumen a nivel máximo $3828.51 \times 10^6 \text{ m}^3$

Volumen a nivel normal (útil) $3574.80 \times 10^6 \text{ m}^3$

Altura de la presa 80 m

3.1.4 Obra De Toma

El sistema de embalses cuenta con una obra de toma con una sola entrada de agua a la cota 222 m.s.n.m, siguen dos túneles que desde el portal de salida conducen las aguas al río con tuberías que finalizan en válvulas de cono (Howell Bungler), precedidas de válvulas de regulado del tipo mariposa. De estas tuberías parten las bifurcaciones que alimentan la planta generadora de electricidad.

Las aguas descargadas al río son captadas aguas abajo para alimentar un sistema de riego, igualmente se captan aguas abajo las aguas para el acueducto.

3.1.5 Central Hidroeléctrica

El sistema consta de dos turbinas sumergidas de tipo Francis con una potencia instalada de 40MW cada una, funciona para niveles de embalse comprendidos entre 267 m.s.n.m y 245 m.s.n.m (Nivel máximo de operación y nivel mínimo de operación), teniendo así una carga máxima de 75m. El nivel de restitución se encuentra a una cota de 192 m.s.n.m. La generación de energía eléctrica en la planta tiene la finalidad de cubrir la demanda en horas pico para la población de Guanare.

Cuando se turbinan las aguas, se cierran las descargas al río. Las necesidades aguas abajo se cubren con las aguas turbinadas.

Las turbinas trabajan con una velocidad nominal de 225 rpm, donde el caudal con el que trabaja la turbina dependerá de la demanda eléctrica.

Se registró un cambio de turbinas para el año 2009 donde el embalse estuvo generando energía solo con una turbina ya que la otra se encontraba en reparación.



Figura 3.18: Generador del embalse Boconó en reparación.

3.2 ÁREAS-CAPACIDADES EMBALSE BOCONÓ TUCUPIDO

En las tablas 3-1 y 3-2 se muestran las áreas y capacidades originales por separado de los embalses Tucupido y Boconó respectivamente. Las respectivas gráficas se muestran en las gráficas 3.3 y 3.4.

Tabla 3-4: Áreas y Volúmenes Embalse de Tucupido 1988

Cota (m.s.n.m.)	Area (Ha)	Vol (Hm ³)	Cota (m.s.n.m.)	Area (Ha)	Vol (Hm ³)
210	797,266	28,88	240	3723,989	641,47
211	916,092	39,043	241	3804,737	678,87
212	972,427	51,207	242	3895,523	734,06
213	1018,47	54,483	243	4062,798	785,68
214	1104,44	64,224	244	4123,034	814,73
215	1209,41	73,06	245	4273,359	873,91
216	1299,15	89,612	246	4408,301	900,76
217	1378,89	94,138	247	4521,165	947,08
218	1433,54	104,44	248	4646,067	992,5
219	1508,12	123,707	249	4813,73	1033,3
220	1657,98	142,069	250	4980,325	1078,8
221	1757,41	152,371	251	5169,082	1146,3
222	1860,58	172,198	252	5402,723	1187,8
223	1974,99	193,276	253	5585,595	1247,1
224	2046,51	207,888	254	5736,809	1307,5
225	2157,32	222,155	255	5870,531	1351,3
226	2232,44	247,198	256	6047,782	1419,8
227	2348,2	268,836	257	6191,655	1477,6
228	2413,27	291,379	258	6328,283	1534,7
229	2516,43	302,436	259	6452,273	1604,8
230	2607,75	317,479	260	6533,333	1661,9
231	2695,61	332,573	261	6716,667	1734,8
232	2800,5	367,199	262	6886,667	1794,8
233	2905,4	406,063	263	7050	1862,5
234	2988,24	427,923	264	7283,333	1931,2
235	3136,94	460,376	265	7472,759	1997,9
236	3227,95	491,156	266	7589,655	2063,9
237	3288,18	535,985	267	7780,517	2137,4
238	3431,81	560,3	268	7913,793	2223,1
239	3514,34	603,178	269	8108,276	2296,5

Tabla 3-5: Áreas y Volúmenes Embalse de Boconó 1983

Cota (m.s.n.m.)	Area (Ha)	Vol (Hm ³)	Cota (m.s.n.m.)	Area (Ha)	Vol (Hm ³)
210	489,691	25	240	2369,23	434,615
211	536,082	30	241	2441,03	460,256
212	592,784	35	242	2528,21	483,333
213	659,794	42,5	243	2589,74	501,282
214	721,649	50	244	2682,05	528,75
215	773,196	56,25	245	2743,59	550
216	824,742	61,25	246	2820,51	577,5
217	886,598	67,5	247	2902,56	605
218	938,144	78,75	248	2964,1	632,5
219	1005,16	87,5	249	3025,25	662,5
220	1076,53	95	250	3141,41	696,25
221	1127,55	106,25	251	3222,22	728,75
222	1183,67	118,75	252	3292,93	760,101
223	1255,1	130	253	3353,54	795,455
224	1316,33	141,25	254	3454,55	830,808
225	1382,65	155	255	3555,56	869,949
226	1448,98	168,75	256	3656,57	907,828
227	1510,2	183,75	257	3747,48	939,394
228	1586,74	200	258	3838,38	986,111
229	1653,06	218,75	259	3939,39	1020,2
230	1714,29	231,25	260	4050	1056,82
231	1795,92	256,41	261	4150	1098,49
232	1852,04	270,513	262	4280	1142,68
233	1908,16	284,615	263	4350	1180,56
234	1969,39	305,128	264	4425	1219,7
235	2041,03	325,641	265	4510	1263,75
236	2102,56	343,59	266	4600	1302,5
237	2194,87	353,846	267	4685	1347,5
238	2246,15	384,615	268	4750	1387,5
239	2307,69	407,692	269	4840	1437,5

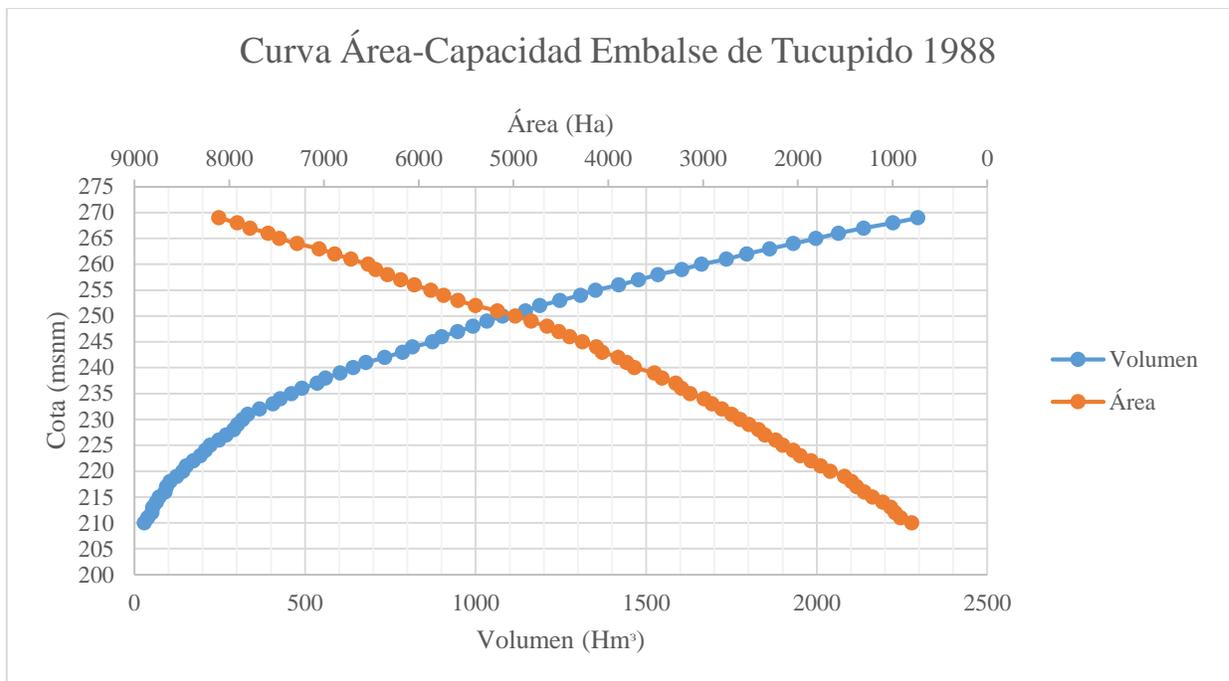


Figura 3.19: Curva original Cota Vs Volumen y Cota Vs Área del embalse de Tucupido.

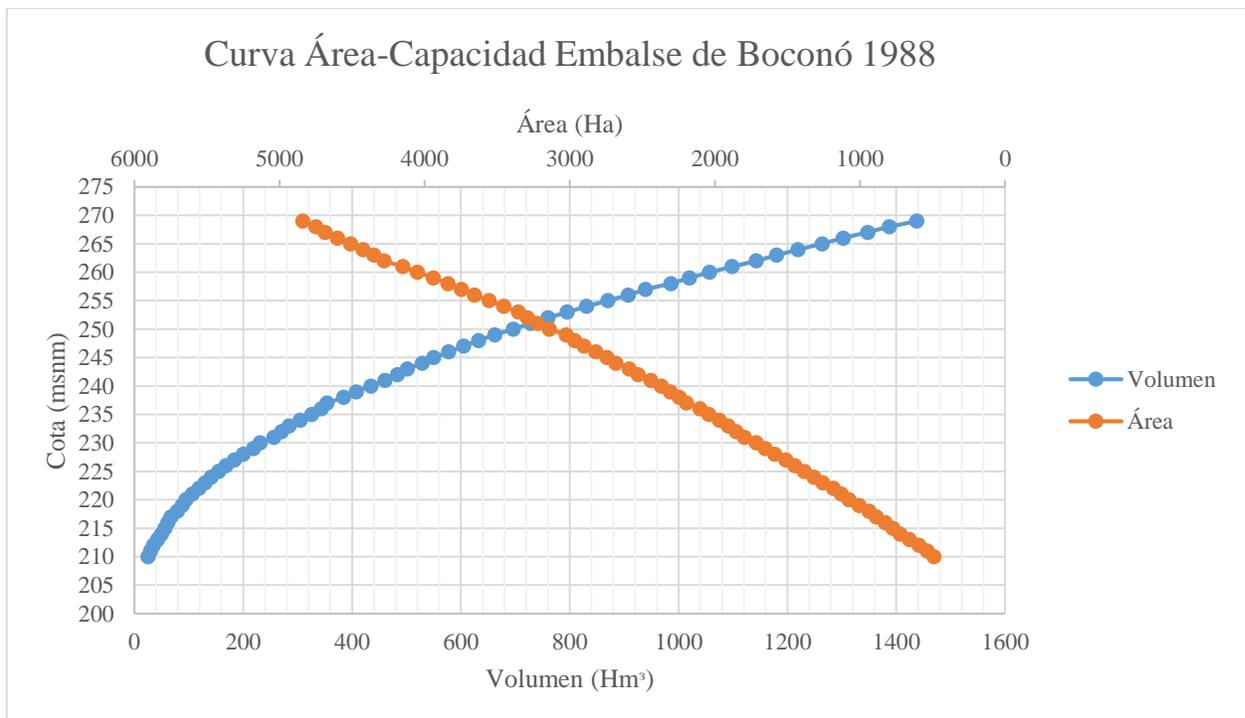


Figura 3.20: Curva original Cota Vs Volumen y Cota Vs Área del embalse de Boconó.

3.3 BATIMETRÍAS REALIZADAS EN EL SISTEMA DE EMBALSES BOCONÓ-TUCUPIDO

Los primeros estudios fueron realizados por el Ingeniero Tobías R. Gásperi.¹ y Hervé J. Jégat en 1997 quienes publicaron el estudio denominado "Evaluación de los aportes de sedimentos al embalse Boconó y Propuesta para su estimación indirecta". Se calcularon áreas y volúmenes que luego serían comparados con la capacidad original del embalse, resultando una elevada tasa de sedimentación.

Los investigadores Gásperi & Jégat afirmaron: "Se registró en todo el embalse una pérdida de 20,25 % en volumen por sedimento acumulado ($2,9874 \times 10^8 \text{ m}^3$) en 14 años. El volumen muerto se redujo en 53,7% y la vida útil restante quedó en 21 años y 2 meses. La producción de sedimento se estima en $24,20 \times 10^6 \text{ t/año}$ "

Para la fecha, con solo 14 años de funcionamiento, los resultados eran alarmantes por lo que se decidió realizar otra batimetría para corroborar los resultados obtenidos por Gásperi & Jégat.

DESURCA (2001) se encargó de realizar una batimetría al sistema de embalses para el año 2001. Los valores obtenidos por DESURCA contradicen los estimados en la primera batimetría referida en 1997. Se muestran en la tabla 3.3 para el embalse Boconó y 3.4 para el embalse Tucupido.

Tabla 3-6: Áreas-Capacidades Embalse de Boconó 2001.

Cota (m.s.n.m.)	Área (Ha)	Vol. (Hm ³)
200	0	0
205	4,35	0,01
210	246,61	4,9
215	601,31	26,16
220	909,69	64,34
225	1249	118,45
230	1567,1	188,45
235	1908,3	274,97
240	2246,7	378,48
245	2560,5	498,3
250	2870,4	633,21
255	3149,4	782,61
260	3627,1	948,72
262,55	4050,6	1046,6

Tabla 3-7: Áreas-Capacidades Embalse de Tucupido según batimetría realizada por DESURCA, 2001

Cota (m.s.n.m.)	Área (Ha)	Vol. (Hm³)
210	688,94	39,2
215	1116,43	83,59
220	1602,14	151,21
225	2182,59	245,68
230	2803,57	370,46
235	3397,35	525,24
240	4015,59	710,55
245	4647,98	927,1
250	5275,08	1175,3
255	5868,65	1453,62
260	6494,12	1763,41

Con la finalidad de corroborar los resultados obtenidos por DESURCA, la ACAV (2.012), desarrolló una nueva batimetría del Embalse de Boconó, la batimetría se realizó con una cota de inicio de 264,80 m.s.n.m (Cota a la que se encontraba el embalse al inicio del estudio), 0y se estimó una cota de fondo de 205 msnm. Los resultados se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3-8: Áreas-Capacidades Embalse de Boconó 2012

Cota (m.s.n.m.)	Área (Ha)	Vol. (Hm³)
205	0,00	0,00
210	117,51	1,38
215	476,36	16,39
220	747,38	46,77
225	1043,06	91,19
230	1326,79	150,69
235	1622,31	223,93
240	1918,30	312,41
245	2189,37	415,29
250	2458,91	531,37
255	2740,57	661,04
260	3422,22	809,95
262	3796,82	882,35
265	4139,99	1003,10
267	4264,60	1087,14
269	4391,20	1173,69

Las batimetrías se iniciaron el 28 de noviembre de 2012, y culminaron el día 13 de enero de 2013, los datos fueron obtenidos por medio de la sincronización entre el software del ecosonda y el del GPS. Por razones de logística y de no poseer una embarcación más apropiada para aguas bajas, no fue posible continuar inmediatamente con las batimetrías en el embalse de Tucupido. Se realizó una inspección general del embalse Tucupido el día 14 de febrero 2013, luego de la cual se sugirió postergar la reanudación de la campaña de batimetría para inicios de la temporada de lluvias hasta finales del mes de Abril, o una vez entrado el período de lluvia, sin embargo hasta la fecha no se cuenta con una batimetría del Embalse de Tucupido.

Se observa que los valores del volumen útil obtenidos en el embalse de Boconó por la ACAV a finales de 2012 quedaron por debajo de los reportados por DESURCA, lo que demuestra un aumento progresivo de la tasa de sedimentación anual. Ver Cuadro Comparativo

3.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN BÁSICA DEL EMBALSE DE BOCONÓ TUCUPIDO

Al analizar los datos suministrados por los entes mencionados, fue posible observar como las capacidades no resultaban congruentes a las áreas presentadas, especialmente en los datos de Área-Capacidad Original del Embalse de Boconó-Tucupido, tomando en cuenta que para ese entonces (1988) las mediciones de área eran tomadas in situ y los valores de volumen correspondían a las áreas por la fórmula del prismoide (1) o tronco piramidal(2):

$$(1) V = (A1 + A2) * \frac{1}{2} * \Delta h$$

$$(2) V = (A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2}) * \frac{\Delta h}{3}$$

Donde:

A1, A2 = Áreas Correspondientes a las elevaciones inicial y final de cada incremento entre elevaciones

Δh = Incremento de elevación

Se supusieron las áreas antes presentadas como ciertas, y se procedió a calcular el volumen por medio de la fórmula del prismoide (1) para cada elevación, resultando nuevas capacidades en ambos embalses para el registro original y ambas batimetrías, con la finalidad de tener el mismo criterio para la obtención de los volúmenes en los embalses.

Al analizar los resultados obtenidos, se observa como en la cota 269 m.s.n.m, la capacidad del embalse aumentó hasta 44.30 Hm³ a pesar de contar con % error menor a 5%.

Tabla 3-9: Áreas-Capacidades Embalse de Boconó 1983

Cota (m.s.n.m.)	Área (Ha)	Vol. (Hm ³)	Vol. Calculado (Hm ³)	%Error
205	250	10,01	10,010	0,00
206	296,06	12,25	12,740	4,00
207	341,69	14,81	15,929	7,56
208	389,49	17,76	19,585	10,28
209	437,97	21,17	23,722	12,06
210	489,691	25	28,361	13,44
211	536,082	30	33,489	11,63
212	592,784	35	39,134	11,81
213	659,794	42,5	45,397	6,82
214	721,649	50	52,304	4,61
215	773,196	56,25	59,778	6,27
216	824,742	61,25	67,768	10,64
217	886,598	67,5	76,324	13,07
218	938,144	78,75	85,448	8,51
219	1005,155	87,5	95,165	8,76
220	1076,531	95	105,573	11,13
221	1127,551	106,25	116,594	9,74
222	1183,673	118,75	128,150	7,92
223	1255,102	130	140,344	7,96
224	1316,327	141,25	153,201	8,46
225	1382,653	155	166,696	7,55
226	1448,98	168,75	180,854	7,17
227	1510,204	183,75	195,650	6,48
228	1586,735	200	211,134	5,57
229	1653,061	218,75	227,333	3,92
230	1714,286	231,25	244,170	5,59
231	1795,918	256,41	261,721	2,07
232	1852,041	270,513	279,961	3,49
233	1908,163	284,615	298,762	4,97
234	1969,388	305,128	318,150	4,27
235	2041,026	325,641	338,202	3,86
236	2102,564	343,59	358,920	4,46

Cota (m.s.n.m.)	Área (Ha)	Vol. (Hm ³)	Vol. Calculado (Hm ³)	%Error
237	2194,9	353,846	380,407	7,51
238	2246,2	384,615	402,612	4,68
240	2369,2	434,615	448,766	3,26
241	2441	460,256	472,817	2,73
242	2528,2	483,333	497,663	2,96
243	2589,7	501,282	523,253	4,38
244	2682,1	528,75	549,612	3,95
245	2743,6	550	576,740	4,86
246	2820,5	577,5	604,561	4,69
247	2902,6	605	633,176	4,66
248	2964,1	632,5	662,509	4,74
249	3025,3	662,5	692,456	4,52
250	3141,4	696,25	723,290	3,88
251	3222,2	728,75	755,108	3,62
252	3292,9	760,101	787,683	3,63
253	3353,5	795,455	820,916	3,20
254	3454,5	830,808	854,956	2,91
255	3555,6	869,949	890,007	2,31
256	3656,6	907,828	926,067	2,01
257	3747,5	939,394	963,088	2,52
258	3838,4	986,111	1001,017	1,51
259	3939,4	1020,202	1039,906	1,93
260	4050	1056,818	1079,853	2,18
261	4150	1098,485	1120,853	2,04
262	4280	1142,677	1163,003	1,78
263	4350	1180,556	1206,153	2,17
264	4425	1219,697	1250,028	2,49
265	4510	1263,75	1294,703	2,45
266	4600	1302,5	1340,253	2,90
267	4685	1347,5	1386,678	2,91
268	4750	1387,5	1433,853	3,34
269	4840	1437,5	1481,803	3,08

Para el embalse de Tucupido, se tiene un incremento semejante al del embalse de Boconó al calcular los volúmenes correspondientes a las áreas tomadas como ciertas. Se cuenta entonces, con 89,85 Hm³ demás en el Embalse.

Tabla 3-10: Áreas-Capacidades Embalse de Tucupido 1988

Cota (m.s.n.m.)	Área (Ha)	Vol (Hm ³)	Vol. Calculado (Hm ³)	%Error
210	797,27	28,88	25,526	11,61
211	916,09	39,043	29,010	25,70
212	972,43	51,207	38,463	24,89
213	1018,5	54,483	48,422	11,13
214	1104,4	64,224	59,021	8,10
215	1209,4	73,06	70,586	3,39
216	1299,2	89,612	83,133	7,23
217	1378,9	94,138	96,536	2,55
218	1433,5	104,44	110,599	5,90
219	1508,1	123,707	125,311	1,30
220	1658	142,069	141,145	0,65
221	1757,4	152,371	158,221	3,84
222	1860,6	172,198	176,318	2,39
223	1975	193,276	195,512	1,16
224	2046,5	207,888	215,624	3,72
225	2157,3	222,155	236,648	6,52
226	2232,4	247,198	258,592	4,61
227	2348,2	268,836	281,491	4,71
228	2413,3	291,379	305,290	4,77
229	2516,4	302,436	329,930	9,09
230	2607,7	317,479	355,568	12,00
231	2695,6	332,573	382,102	14,89
232	2800,5	367,199	409,582	11,54
233	2905,4	406,063	438,112	7,89
234	2988,2	427,923	467,588	9,27
235	3136,9	460,376	498,223	8,22
236	3227,9	491,156	530,073	7,92
237	3288,2	535,985	562,679	4,98
238	3431,8	560,3	596,288	6,42
239	3514,3	603,178	631,027	4,62

Cota (m.s.n.m.)	Área (Ha)	Vol (Hm ³)	Vol. Calculado (Hm ³)	%Error
240	3723,989	641,472	667,228	4,02
241	3804,737	678,874	704,885	3,83
242	3895,523	734,059	743,403	1,27
243	4062,798	785,675	783,220	0,31
244	4123,034	814,728	824,174	1,16
245	4273,359	873,913	866,169	0,89
246	4408,301	900,761	909,590	0,98
247	4521,165	947,083	954,220	0,75
248	4646,067	992,5	1000,039	0,76
249	4813,73	1033,33	1047,384	1,36
250	4980,325	1078,75	1096,400	1,64
251	5169,082	1146,25	1147,139	0,08
252	5402,723	1187,82	1199,989	1,02
253	5585,595	1247,1	1254,965	0,63
254	5736,809	1307,49	1311,610	0,32
255	5870,531	1351,33	1369,647	1,36
256	6047,782	1419,83	1429,238	0,66
257	6191,655	1477,63	1490,436	0,87
258	6328,283	1534,72	1553,035	1,19
259	6452,273	1604,8	1616,946	0,76
260	6533,333	1661,93	1681,882	1,20
261	6716,667	1734,85	1748,157	0,77
262	6886,667	1794,82	1816,199	1,19
263	7050	1862,55	1885,886	1,25
264	7283,333	1931,17	1957,557	1,37
265	7472,759	1997,89	2031,341	1,67
266	7589,655	2063,88	2106,658	2,07
267	7780,517	2137,41	2183,473	2,15
268	7913,793	2223,14	2261,947	1,75
269	8108,276	2296,54	2342,096	1,98

En las tablas 3-8 y 3-9 se pueden observar las curvas de área-capacidad presentadas en la batimetría de 2001 del embalse Boconó y Tucupido respectivamente.

Tabla 3-11: Áreas-Capacidades Embalse de Boconó 2001

Cota (m.s.n.m.)	Área (Ha)	Vol. (Hm ³)	Vol. Calculado (Hm ³)	% Error
200	0	0	0	0
205	4,35	0,01	0,10875	90,80
210	246,61	4,9	6,38275	23,23
215	601,31	26,16	27,58075	5,15
220	909,69	64,34	65,35575	1,55
225	1248,95	118,45	119,3218	0,73
230	1567,14	188,45	189,724	0,67
235	1908,25	274,97	276,6088	0,59
240	2246,68	378,48	380,482	0,52
245	2560,52	498,3	500,662	0,47
250	2870,38	633,21	636,4345	0,50
255	3149,43	782,61	786,9298	0,54
260	3627,06	948,72	956,342	0,79
262,55	4050,64	1046,6	1054,233	0,72

Tabla 3-12: Áreas-Capacidades Embalse de Tucupido 2001

Cota (m.s.n.m.)	Área (Ha)	Vol. (Hm ³)	Vol. Calculado (Hm ³)	%Error
210	688,94	39,2	39,200	0,00
215	1116,43	83,59	84,334	0,89
220	1602,14	151,21	152,299	0,72
225	2182,59	245,68	246,917	0,50
230	2803,57	370,46	371,571	0,30
235	3397,35	525,24	526,594	0,26
240	4015,59	710,55	711,917	0,19
245	4647,98	927,1	928,507	0,15
250	5275,08	1175,3	1176,583	0,11
255	5868,65	1453,62	1455,176	0,11
260	6494,12	1763,41	1764,246	0,05

Tomando en cuenta los porcentajes de error obtenidos en la curva original del embalse de Boconó Tucupido, los porcentajes de error en las batimetrías son despreciables en la mayoría de las cotas estudiadas.

Tabla 3-13: Áreas-Capacidades Embalse de Boconó

Cota (m.s.n.m.)	Área (Ha)	Vol. (Hm³)	Vol. Calculado (Hm³)	%Error
205	0,00	0,00	0,000	0,00
210	117,51	1,38	2,938	112,70
215	476,36	16,39	17,784	8,52
220	747,38	46,77	48,378	3,43
225	1043,06	91,19	93,139	2,13
230	1326,79	150,69	152,385	1,13
235	1622,31	223,93	226,113	0,97
240	1918,30	312,41	314,628	0,71
245	2189,37	415,29	417,319	0,49
250	2458,91	531,37	533,526	0,41
255	2740,57	661,04	663,513	0,37
260	3422,22	809,95	817,583	0,94
262	3796,82	882,35	889,773	0,84
265	4139,99	1003,10	1008,826	0,57
267	4264,60	1087,14	1092,871	0,53
269	4391,20	1173,69	1179,429	0,49

En la figura 3.5 se observan las curvas de capacidad para el embalse de Boconó para las batimetrías realizadas y su capacidad original. Es posible observar la disminución de capacidad para cada batimetría.

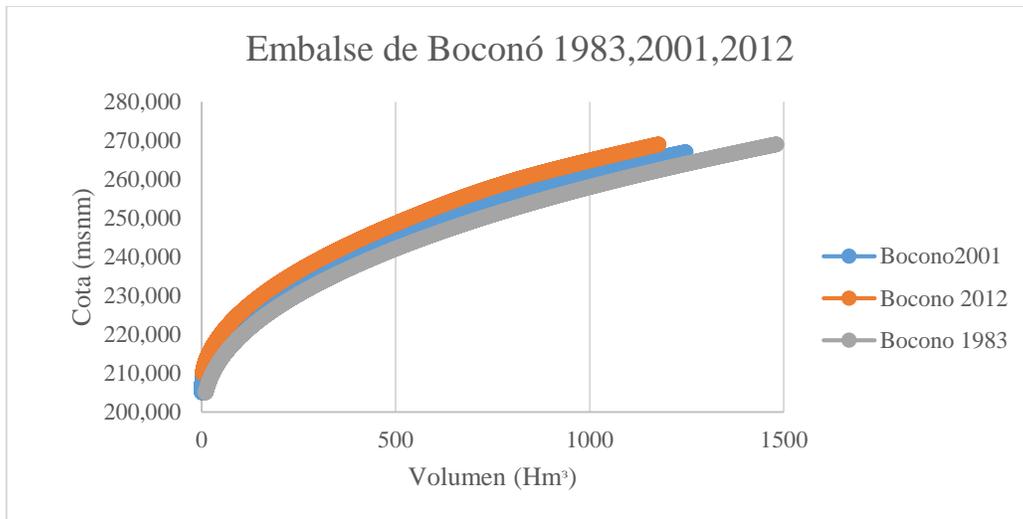


Figura 3.21: Áreas-Capacidades Embalse de Boconó

Al analizar la batimetría realizada del embalse Tucupido, existe una incongruencia entre la capacidad original y la batimetría obtenida, obteniendo valores mayores de capacidad en la batimetría realizada por DESURCA (2001). Se consideran poco confiables los valores de Área-Capacidad 2001 del Embalse de Tucupido, considerando así, solo los valores originales del embalse, tomando en cuenta las dimensiones de la cuenca de Tucupido, es posible considerar una sedimentación despreciable con respecto a la presentada en el embalse de Boconó. Se estudiará el embalse a futuro considerando solo la sedimentación en el embalse de Boconó.

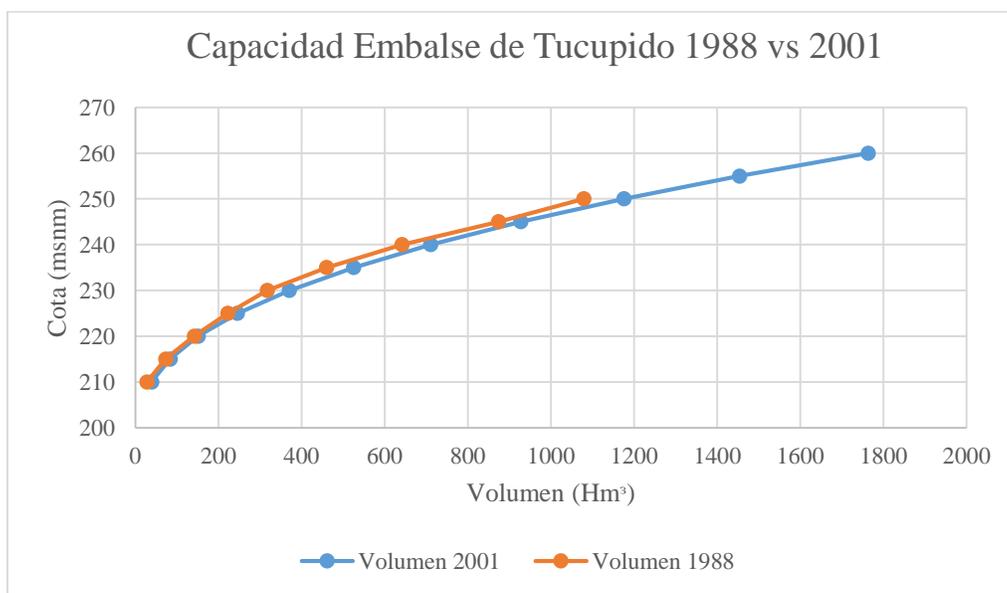


Figura 3.22: Áreas-Capacidades Embalse de Boconó. Original y batimetría del año 2001

CAPÍTULO IV ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN EN EL EMBALSE BOCONÓ

4.1 ANÁLISIS

Uno de los aspectos más importantes en el estudio de sedimentación en un embalse es la distribución de sedimentos. El conocer la disposición de sedimentos en el embalse, permite definir sedimentación a futuro y tiempo en el cual los sedimentos alcanzan la toma de agua.

Las batimetrías realizadas en los años 2001 y 2012 muestran que la mayor parte del sedimento que aporta la cuenca se deposita en la cola del embalse. En la figura 4.1 se puede observar un perfil longitudinal del embalse de Boconó donde se evidencia que el delta ocupa hasta 37% del vaso de almacenamiento.

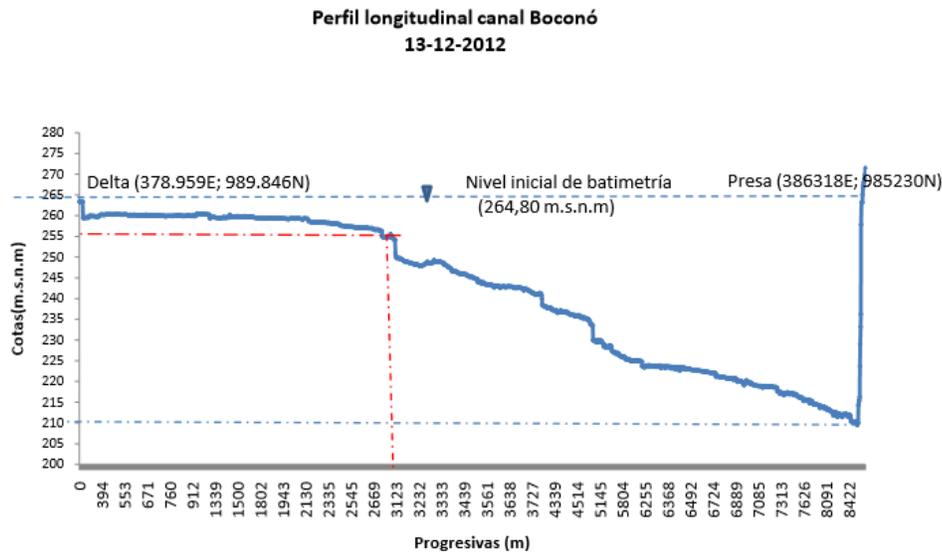


Figura 4.23: Perfil Longitudinal canal Boconó

Un factor fundamental a tomar en cuenta en la sedimentación del embalse será la tasa de sedimentación; considerando la capacidad original del Embalse de Boconó y las batimetrías suministradas se obtiene la tasa de sedimentación anual del embalse. De igual forma, como dato referencial se calculó la retención específica de sedimentos, calificando la cuenca estudiada como severamente erosionada, lo cual compromete la capacidad del embalse.

La tasa de sedimentación a tomar en cuenta será la calculada con la batimetría del año 2012, ambas tasas de sedimentación resultan semejantes. Ver tabla 4.1

Tabla 4-14: Tasas de Sedimentación y Retención específica de sedimentos Embalse de Boconó

Año	Volumen Sedimentos (Hm ³)	Tasa de Sedimentación (Hm ³ /año)	R.E.S (m ³ /km ² /año)
1983-2001	162.49	9.03	5691.78
1983-2012	295.02	10.17	6414.39

En base a los datos originales disponibles, se realizó la distribución de sedimentos por los métodos de reducción empírica de área y de área incremental.

4.2 MÉTODO DE ÁREA INCREMENTAL:

Tomando en cuenta el aporte de sedimentos obtenido por la diferencia de capacidades en el nivel de aguas normales (Ver Tabla 4-2), se procedió a realizar la distribución de sedimentos, considerando un ho de 4,62 m. El valor de ho se obtuvo de manera gráfica, primero se tantearon valores consecutivos, usando la ecuación $V_s = V_o + A_o(H-h)$, se calcularon volúmenes de sedimentos cercanos al volumen de sedimentos a repartir, al graficar los valores obtenidos, se buscó el ho correspondiente al volumen de sedimentos deseado (Ver Tabla 4-3 y figura 4.2)

Tabla 4-15: Cálculo de Volumen de Sedimentos (1983-2012)

Año	Cota	Volumen Hm ³	Volumen Sedimentos Hm ³
1983	267	1386.249071	295.024
2012		1091.225399	

Tabla 4-16: Tanteo de ho para Método de Área Incremental

ho	Vol Sedimentos Hm ³
3	249.38
4	277.75
6	333.68

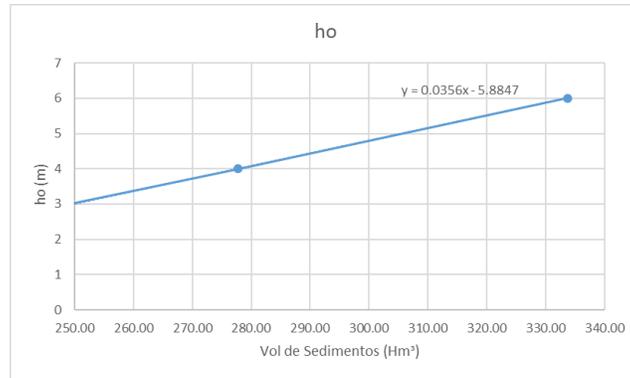


Figura 4. 24: Cálculo de h_o para Volumen de Sedimentos esperado

Una vez conocido el valor de h_o , se calculó el volumen de sedimentos para cada elevación, se obtuvieron nuevas capacidades, las cuales fueron comparadas con la batimetría desarrollada por ACAV en el 2012, con la finalidad de comprobar si el método empleado se adaptaba a la distribución de sedimentos del embalse estudiado.

Al analizar la figura 4.3, la curva de elevaciones-Capacidades obtenida por el método, difiere de los valores de capacidad de la batimetría estudiada.

El Método de Área Incremental, supone que los sedimentos se distribuirán de manera uniforme a lo largo del vaso de almacenamiento, y no toma en cuenta factores como la forma y operación del embalse, indispensables para determinar el comportamiento del mismo.

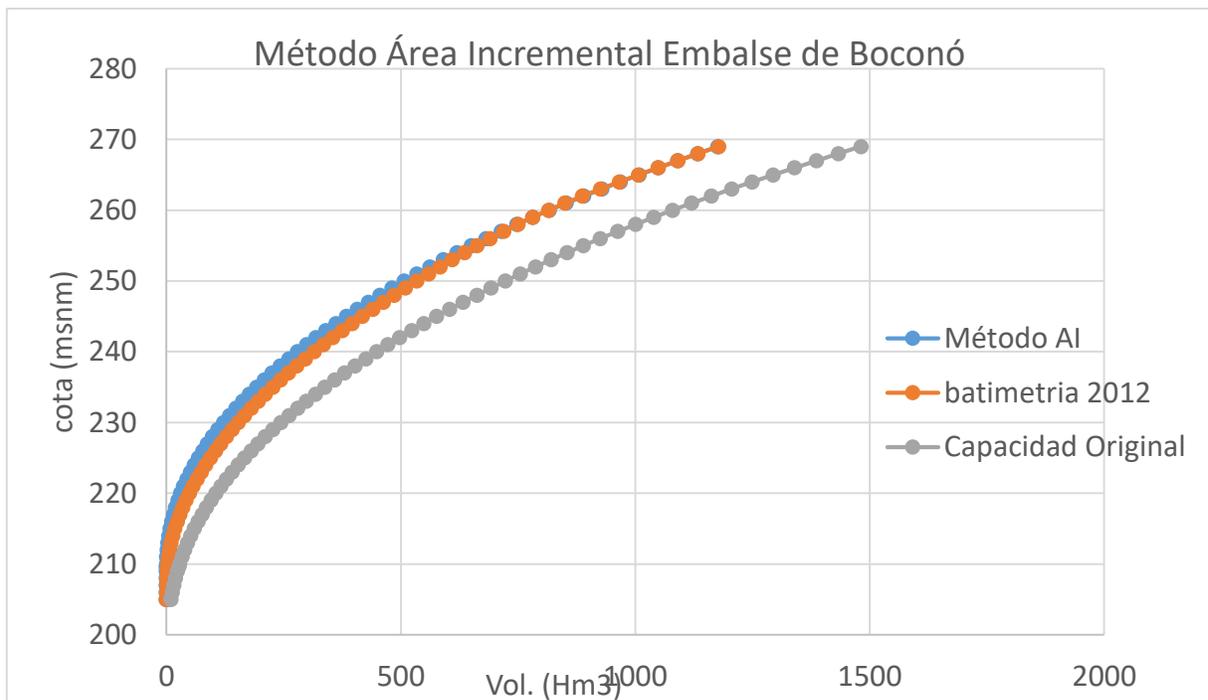


Figura 4.25: Capacidad Original, Batimetría AVAC 2012 y Capacidad por Método de Área Incremental

En la tabla 4-4, se analizó el % error con respecto a las Capacidades suministradas por ACAV 2012, notándose diferencias elevadas en todas las cotas estudiadas.

Tabla 4-17: % Error Capacidad ACAV 2012 y Método de Área Incremental

Cota (m.s.n.m.)	Batimetría ACAV 2012 (Hm ²)	Cap. Método AI (Hm ²)	% Error	Cota (m.s.n.m.)	Batimetría ACAV 2012 (Hm ²)	Cap. Método AI (Hm ²)	% Error
205	0,000	0,000	0,00	237	260,571	225,320	13,53
206	0,118	0,000	100,00	238	278,274	242,827	12,74
207	0,470	0,000	100,00	239	296,568	260,898	12,03
208	1,058	0,000	100,00	240	315,455	279,583	11,37
209	1,880	0,000	100,00	241	334,910	298,931	10,74
209,62	2,508	0,000	100,00	242	354,908	319,070	10,10
210	2,938	0,039	98,69	243	375,448	339,944	9,46
211	4,510	0,473	89,50	244	396,530	361,588	8,81
212	6,852	1,417	79,32	245	418,153	384,013	8,16
213	9,930	2,986	69,93	246	440,317	407,131	7,54
214	13,708	5,218	61,93	247	463,021	431,073	6,90
215	18,150	8,007	55,88	248	486,264	455,734	6,28
216	23,223	11,302	51,33	249	510,046	480,944	5,71
217	28,891	15,156	47,54	250	534,367	507,042	5,11
218	35,118	19,589	44,22	251	559,064	534,178	4,45
219	41,869	24,612	41,22	252	584,085	562,073	3,77
220	49,110	30,327	38,25	253	609,589	590,581	3,12
221	56,885	36,658	35,56	254	635,736	619,898	2,49
222	65,258	43,516	33,32	255	662,687	650,258	1,88
223	74,225	51,004	31,28	256	690,601	681,629	1,30
224	83,781	59,166	29,38	257	719,638	713,959	0,79
225	93,921	67,966	27,63	258	749,959	747,198	0,37
226	104,640	77,439	25,99	259	781,723	781,389	0,04
227	115,934	87,550	24,48	260	815,090	816,638	0,19
228	127,798	98,353	23,04	261	850,346	852,923	0,30
229	140,227	109,870	21,65	262	887,475	890,358	0,32
230	153,217	121,999	20,37	263	926,185	928,814	0,28
231	166,780	134,843	19,15	264	966,185	967,995	0,19
232	180,934	148,393	17,98	265	1007,183	1007,975	0,08
233	195,679	162,504	16,95	266	1048,893	1048,831	0,01
234	211,015	177,193	16,03	267	1091,225	1090,602	0,06
235	226,942	192,547	15,16	268	1134,186	1133,085	0,10
236	243,461	208,549	14,34	269	1177,780	1176,305	0,13

Las diferencias entre la curva elevaciones capacidades obtenida por el método estudiado y la curva de la batimetría suministrada por ACAV, demuestran que la distribución de sedimentos en el embalse Boconó no se adapta al método de Área Incremental, por lo que se decide estudiar el método de Reducción Empírica de Área.

4.3 MÉTODO DE REDUCCIÓN EMPÍRICA DE ÁREA:

Se empleó el Método de Área Reducción para predecir la distribución de sedimentos en el embalse.

Inicialmente se clasificó el embalse según la magnitud de la pendiente tangente a la curva de capacidades presentada en la figura 4.4, la curva presenta dos tipos de pendiente, la pendiente de la parte media de la curva corresponde a un embalse de torrente (Tipo IV) y la última parte de la curva un embalse de colina (Tipo III). Se puede ver que el embalse, prácticamente en su tercio superior, se comporta como un embalse intermedio entre los tipos II y III. Además, al disponer de un registro batimétrico reciente, se obtuvo el porcentaje de sedimentos vs el porcentaje de altura, graficado en la figura 4.5, donde se puede apreciar que el embalse estudiado presenta una mayor similitud al embalse “Tipo II” del método aplicado.

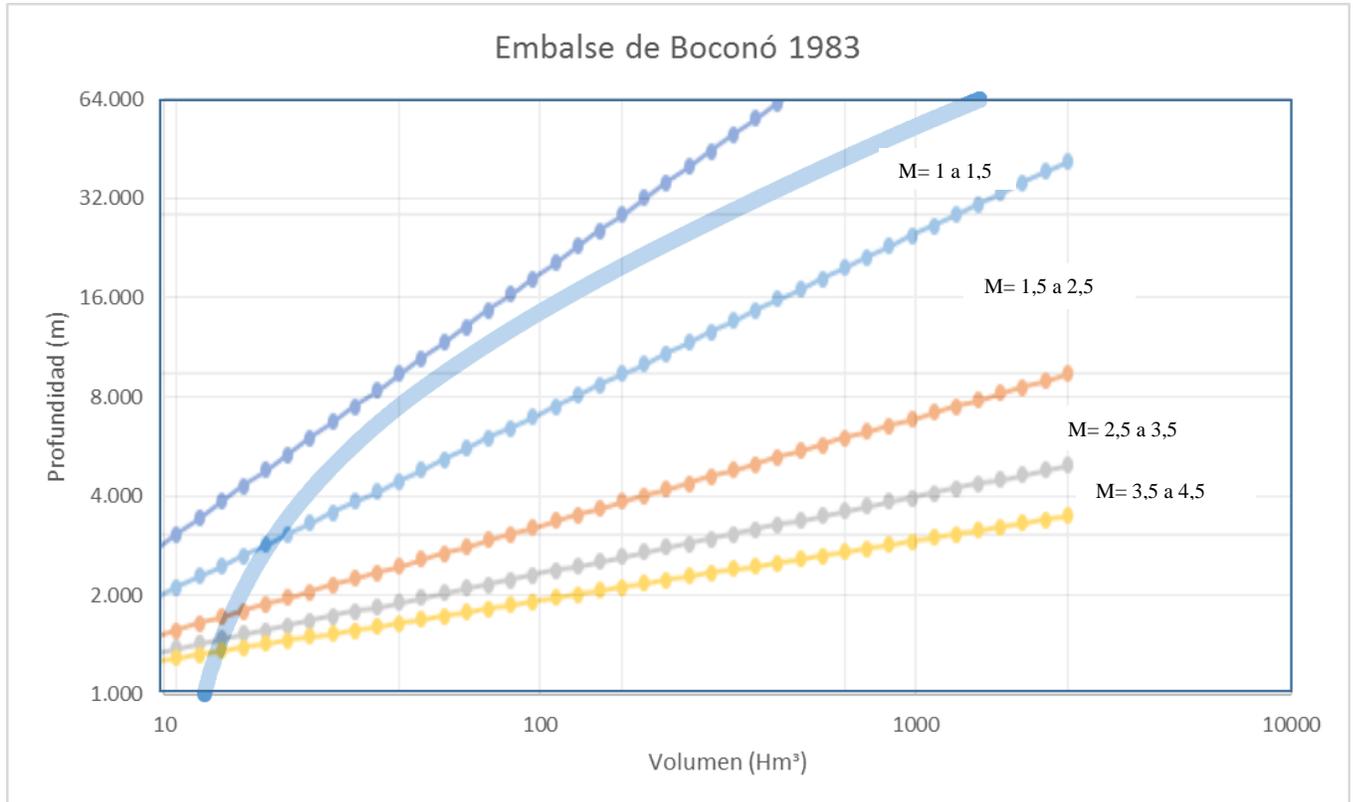


Figura 4.26: Capacidad (Hm³) vs Profundidad.

En la figura 4.5 se puede observar en la línea azul como el embalse se adapta al tipo II.

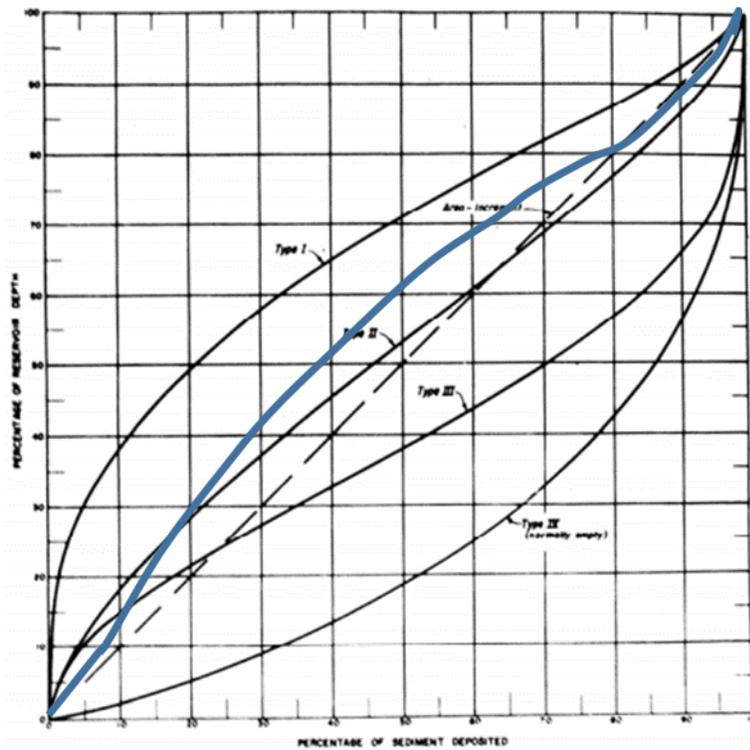


Figura 4.27: *Porcentaje de Sedimentos depositados vs Porcentaje de Altura, Embalse de Boconó (1983-2012) (Strand and Pemberton, 1987)*

Una vez clasificado el embalse como tipo II, en la tabla 4-5 se calculó la profundidad y área relativa (columna 5 y 6) para cada elevación (columna 1), se procede a suponer el ho, primero, para la batimetría realizada en el 2012 y posteriormente para la situación actual y a futuro.

El ho, se obtenido por iteraciones, hasta coincidir con el volumen de sedimentos a repartir a partir del área modificada.

La curva de capacidades obtenidas (columna 10) son comparadas con la batimetría del año 2012 para comprobar la distribución de sedimentos obtenida por el método.

Tabla 4-18: Método de Reducción Empírica de Área Embalse de Boconó (1983-2012)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cota (m.s.n.m)	Profundidad (m)	Vol. (Hm ³)	Área (Ha)	Prof. Relativa	Arelativa	K*Arelativa	Vs (Hm ³)	Vs Acumulado (Hm ³)	Vol (Hm ³)
205	0,00	10,0100	250	-	-	250	10,0100	10,01	0,00
206	1,00	12,7443	296	0,0161	24,5921	296,060	2,7303	12,74	0,00
207	2,00	15,9311	342	0,0323	16,6783	341,688	3,1887	15,93	0,00
208	3,00	19,5858	389	0,0484	13,3282	389,490	3,6559	19,59	0,00
209	4,00	23,7225	438	0,0645	11,3920	437,970	4,1373	23,72	0,00
210	5,00	28,3538	490	0,0806	10,1032	489,691	4,6383	28,35	0,00
211	6,00	33,4786	536	0,0968	9,1723	536,082	5,1289	33,48	0,00
212	6,79	37,8813	580	0,1096	8,5945	579,846	4,4358	37,88	0,00
212	7,00	39,1125	593	0,1129	8,4630	592,784	1,2019	39,11	0,00
213	7,87	44,5194	651	0,1269	7,9683	650,941	5,4102	43,10	1,42
213	8,00	45,3714	660	0,1290	7,9020	645,527	0,8427	43,95	1,42
214	9,00	52,2939	722	0,1452	7,4458	608,255	6,2689	50,22	2,08
215	10,00	59,7725	773	0,1613	7,0667	577,292	5,9277	56,14	3,63
216	11,00	67,7578	825	0,1774	6,7466	551,137	5,6421	61,79	5,97
217	12,00	76,3016	887	0,1935	6,4725	528,745	5,3994	67,18	9,12
218	13,00	85,4246	938	0,2097	6,2352	509,365	5,1905	72,38	13,05
219	14,00	95,1375	1005	0,2258	6,0281	492,442	5,0090	77,38	17,75
220	15,00	105,5423	1077	0,2419	5,8459	477,557	4,8500	82,23	23,31
221	16,00	116,5636	1128	0,2581	5,6846	464,385	4,7097	86,94	29,62
222	17,00	128,1119	1184	0,2742	5,5412	452,672	4,5853	91,53	36,58
223	18,00	140,2894	1255	0,2903	5,4133	442,218	4,4745	96,00	44,29
224	19,00	153,1420	1316	0,3065	5,2987	432,858	4,3754	100,38	52,76
225	20,00	166,6323	1383	0,3226	5,1959	424,461	4,2866	104,67	61,97
226	21,00	180,7952	1449	0,3387	5,1036	416,918	4,2069	108,87	71,92
227	22,00	195,5958	1510	0,3548	5,0206	410,139	4,1353	113,01	82,59
228	23,00	211,0887	1587	0,3710	4,9461	404,051	4,0709	117,08	94,01
229	24,00	227,2958	1653	0,3871	4,8792	398,589	4,0132	121,09	106,20
230	25,00	244,1155	1714	0,4032	4,8194	393,703	3,9615	125,05	119,06
231	26,00	261,6495	1796	0,4194	4,7661	389,348	3,9153	128,97	132,68
232	27,00	279,8893	1852	0,4355	4,7188	385,489	3,8742	132,84	147,05
233	28,00	298,6903	1908	0,4516	4,6773	382,094	3,8379	136,68	162,01
234	29,00	318,0694	1969	0,4677	4,6411	379,140	3,8062	140,49	177,58
235	30,00	338,1128	2041	0,4839	4,6101	376,605	3,7787	144,27	193,85
236	31,00	358,8051	2103	0,5000	4,5840	374,475	3,7554	148,02	210,78
237	32,00	380,2667	2195	0,5161	4,5627	372,736	3,7361	151,76	228,51
238	33,00	402,4632	2246	0,5323	4,5462	371,382	3,7206	155,48	246,99
239	34,00	425,2239	2308	0,5484	4,5342	370,407	3,7089	159,19	266,04
240	35,00	448,5994	2369	0,5645	4,5269	369,810	3,7011	162,89	285,71
241	36,00	472,6371	2441	0,5806	4,5243	369,595	3,6970	166,58	306,05
242	37,00	497,4668	2528	0,5968	4,5264	369,766	3,6968	170,28	327,19
243	38,00	523,0309	2590	0,6129	4,5333	370,334	3,7005	173,98	349,05
244	39,00	549,3643	2682	0,6290	4,5453	371,314	3,7082	177,69	371,67
245	40,00	576,4796	2744	0,6452	4,5626	372,726	3,7202	181,41	395,07
246	41,00	604,2873	2821	0,6613	4,5855	374,594	3,7366	185,15	419,14
247	42,00	632,9198	2903	0,6774	4,6143	376,949	3,7577	188,91	444,01
248	43,00	662,2702	2964	0,6935	4,6496	379,832	3,7839	192,69	469,58
249	44,00	692,1712	3025	0,7097	4,6919	383,290	3,8156	196,50	495,67
250	45,00	722,9587	3141	0,7258	4,7420	387,384	3,8534	200,36	522,60
251	46,00	754,7853	3222	0,7419	4,8009	392,189	3,8979	204,26	550,53
252	47,00	787,3694	3293	0,7581	4,8695	397,799	3,9499	208,21	579,16
253	48,00	820,5681	3354	0,7742	4,9495	404,331	4,0107	212,22	608,35
254	49,00	854,5748	3455	0,7903	5,0426	411,935	4,0813	216,30	638,28
255	50,00	889,6253	3556	0,8065	5,1511	420,804	4,1637	220,46	669,16
256	51,00	925,6859	3657	0,8226	5,2783	431,192	4,2600	224,72	700,96
257	52,00	962,7062	3747	0,8387	5,4282	443,440	4,3732	229,09	733,61
258	53,00	1000,6354	3838	0,8548	5,6066	458,016	4,5073	233,60	767,03
259	54,00	1039,5163	3939	0,8710	5,8217	475,582	4,6680	238,27	801,25
260	55,00	1079,4553	4050	0,8871	6,0853	497,119	4,8635	243,13	836,32
261	56,00	1120,4303	4150	0,9032	6,4161	524,141	5,1063	248,24	872,19
262	57,00	1162,5553	4280	0,9194	6,8447	559,153	5,4165	253,66	908,90
263	58,00	1205,7012	4350	0,9355	7,4265	606,678	5,8292	259,49	946,22
264	59,00	1249,5720	4425	0,9516	8,2751	676,008	6,4134	265,90	983,67
265	60,00	1294,2428	4510	0,9677	9,6786	790,658	7,3333	273,23	1021,01
266	61,00	1339,7887	4600	0,9839	12,7392	1040,684	9,1567	282,39	1057,40
267	62,00	1386,2491	4685	0,9900	15,4427	1261,540	11,5111	293,90	1092,35

En la figura 4.6, es posible observar que la curva de elevaciones-capacidades obtenida por el Método de Reducción Empírica de Área se aleja considerablemente en las elevaciones medias del embalse, por lo que, basándose en el procedimiento empírico de distribución de sedimentos, se procedió a calibrar los valores de C, m y n, valores experimentales de la ecuación de área relativa hasta graficar una curva de elevaciones-capacidades que debe ser semejante a la obtenida por la batimetría ACAV 2012.

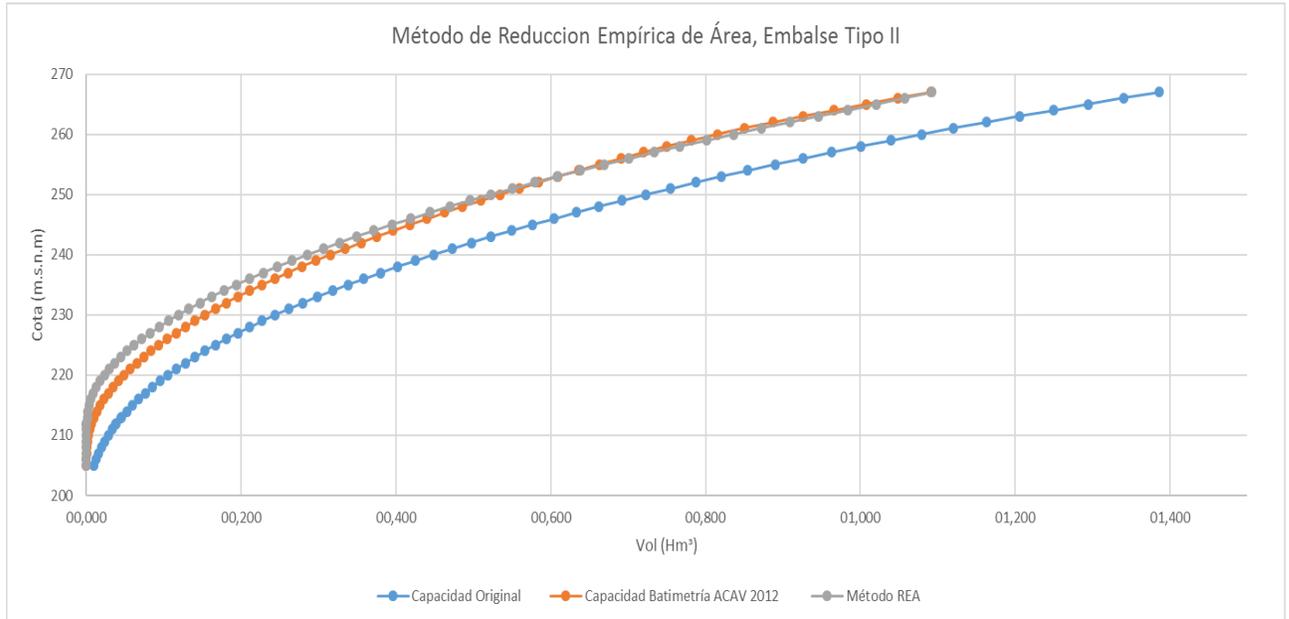


Figura 4.28: Capacidad Original, Batimetría AVAC 2012 y Capacidad por Método de Reducción Empírica de Área (Embalse Tipo II)

En la tabla 4-6 se observan los valores en la ecuación utilizados para el embalse tipo II.

Tabla 4-19: Valores empleados para ecuación de Área Relativa

Tipo de Embalse	C	m	n
-	21,09863	0,0009	-0.27139

Tabla 4-20 Método de Reducción Empírica de Área Calibrado Embalse de Boconó (1983-2012)

Cota (m.s.n.m.)	Profundidad (m)	Vol (Hm ³)	Área (Ha)	Prof. Relativa	Arelativa	Vs (Hm ³)	Vs Acum. (Hm ³)	Vol (Hm ³)
205	0	10,0100	250,0000	-	-	10,0100	10,0100	0,00
206	1	12,7443	296,0596	0,02	21,1134	2,7303	12,7443	0,00
207	2	15,9311	341,6884	0,03	21,2215	3,1887	15,9311	0,00
208	3	19,5858	389,4900	0,05	21,3263	3,4253	19,36	0,23
209	4	23,7225	437,9700	0,06	21,4310	3,4422	22,80	0,92
210	5	28,3538	489,6910	0,08	21,5368	3,4591	26,26	2,10
211	6	33,4786	536,0820	0,10	21,6440	3,4763	29,73	3,74
212	7	39,1125	592,7840	0,11	21,7531	3,4937	33,23	5,88
213	8	45,3714	659,7940	0,13	21,8644	3,5114	36,74	8,63
214	9	52,2939	721,6490	0,15	21,9779	3,5295	40,27	12,03
215	10	59,7725	773,1960	0,16	22,0939	3,5480	43,82	15,96
216	11	67,7578	824,7420	0,18	22,2125	3,5669	47,38	20,37
217	12	76,3016	886,5980	0,19	22,3340	3,5862	50,97	25,33
218	13	85,4246	938,1400	0,21	22,4584	3,6060	54,58	30,85
219	14	95,1375	1005,1550	0,23	22,5859	3,6263	58,20	36,94
220	15	105,5423	1076,5310	0,24	22,7167	3,6471	61,85	43,69
221	16	116,5636	1127,5510	0,26	22,8510	3,6684	65,52	51,05
222	17	128,1119	1183,6730	0,27	22,9890	3,6904	69,21	58,90
223	18	140,2894	1255,1020	0,29	23,1308	3,7129	72,92	67,37
224	19	153,1420	1316,3270	0,31	23,2767	3,7360	76,66	76,49
225	20	166,6323	1382,6530	0,32	23,4269	3,7599	80,42	86,22
226	21	180,7952	1448,9800	0,34	23,5817	3,7844	84,20	96,59
227	22	195,5958	1510,2040	0,35	23,7412	3,8097	88,01	107,58
228	23	211,0887	1586,7350	0,37	23,9059	3,8358	91,85	119,24
229	24	227,2958	1653,0610	0,39	24,0759	3,8628	95,71	131,59
230	25	244,1155	1714,2860	0,40	24,2517	3,8906	99,60	144,52
231	26	261,6495	1795,9180	0,42	24,4336	3,9194	103,52	158,13
232	27	279,8893	1852,0410	0,44	24,6219	3,9492	107,47	172,42
233	28	298,6903	1908,1630	0,45	24,8172	3,9801	111,45	187,24
234	29	318,0694	1969,3880	0,47	25,0199	4,0121	115,46	202,61
235	30	338,1128	2041,0260	0,48	25,2305	4,0454	119,51	218,61
236	31	358,8051	2102,5640	0,50	25,4495	4,0800	123,59	235,22
237	32	380,2667	2194,8720	0,52	25,6778	4,1160	127,70	252,56
238	33	402,4632	2246,1540	0,53	25,9158	4,1535	131,86	270,61
239	34	425,2239	2307,6920	0,55	26,1645	4,1927	136,05	289,18
240	35	448,5994	2369,2310	0,56	26,4247	4,2337	140,28	308,32
241	36	472,6371	2440,8758	0,58	26,6974	4,2766	144,56	328,08
242	37	497,4668	2528,2060	0,60	26,9838	4,3216	148,88	348,59
243	38	523,0309	2589,7440	0,61	27,2850	4,3689	153,25	369,78
244	39	549,3643	2682,0510	0,63	27,6027	4,4187	157,67	391,70
245	40	576,4796	2743,5900	0,65	27,9383	4,4713	162,14	414,34
246	41	604,2873	2820,5130	0,66	28,2939	4,5270	166,67	437,62
247	42	632,9198	2902,5640	0,68	28,6716	4,5860	171,25	461,67
248	43	662,2702	2964,1030	0,69	29,0742	4,6488	175,90	486,37
249	44	692,1712	3025,2530	0,71	29,5045	4,7159	180,62	511,55
250	45	722,9587	3141,4140	0,73	29,9664	4,7877	185,41	537,55
251	46	754,7853	3222,2220	0,74	30,4641	4,8650	190,27	564,52
252	47	787,3694	3292,9290	0,76	31,0030	4,9484	195,22	592,15
253	48	820,5681	3353,5350	0,77	31,5896	5,0390	200,26	620,31
254	49	854,5748	3454,5450	0,79	32,2319	5,1380	205,40	649,18
255	50	889,6253	3555,5560	0,81	32,9404	5,2467	210,64	678,98
256	51	925,6859	3656,5660	0,82	33,7281	5,3672	216,01	709,68
257	52	962,7062	3747,4750	0,84	34,6125	5,5018	221,51	741,20
258	53	1000,6354	3838,3840	0,85	35,6171	5,6538	227,16	773,47
259	54	1039,5163	3939,3940	0,87	36,7746	5,8279	232,99	806,52
260	55	1079,4553	4050,0000	0,89	38,1323	6,0304	239,02	840,43
261	56	1120,4303	4150,0000	0,90	39,7621	6,2709	245,29	875,14
262	57	1162,5553	4280,0000	0,92	41,7797	6,5645	251,86	910,70
263	58	1205,7012	4350,0000	0,94	44,3887	6,9370	258,80	946,91
264	59	1249,5720	4425,0000	0,95	47,9939	7,4373	266,23	983,34
265	60	1294,2428	4510,0000	0,97	53,5775	8,1770	274,41	1019,83
266	61	1339,7887	4600,0000	0,98	64,6674	9,5193	283,93	1055,86
267	62	1386,2491	4685,0000	0,99	73,6259	11,1333	295,06	1091,19

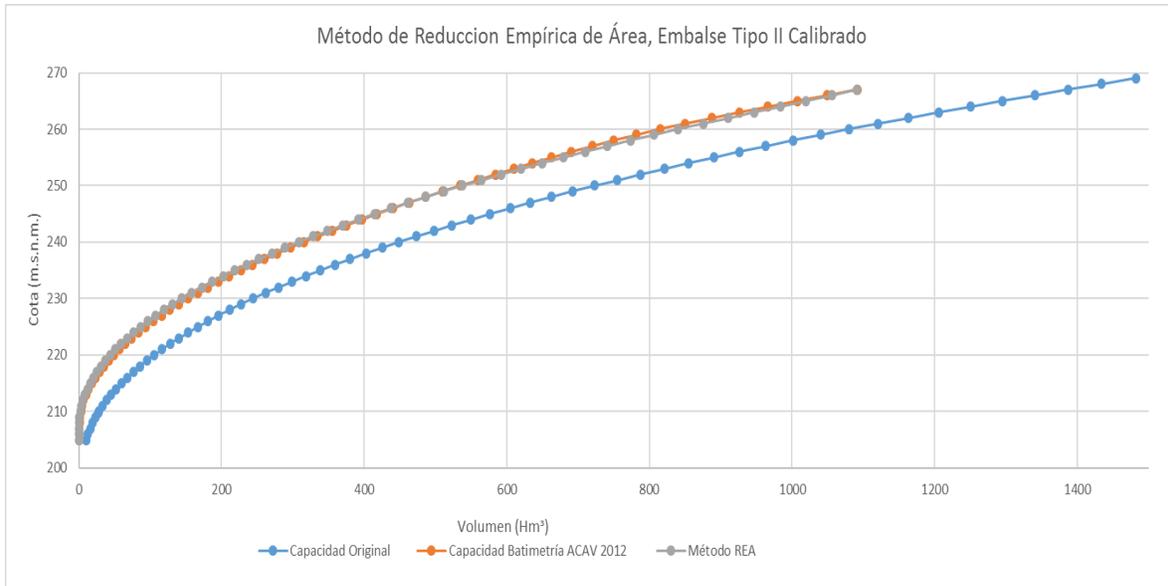


Figura 4.29 Capacidad Original, Batimetría AVAC 2012 y Capacidad por Método de Reducción Empírica de Área

En la tabla 4-8, se aprecia el % de error para cada elevación, siendo mayor en las cotas cercanas a la toma del embalse (222 m.s.n.m.). El volumen obtenido por medio del método de Reducción Empírica de Áreas para la cota de captación se encuentra 7 Hm³ por encima del valor real, lo que indica menor volumen de sedimentos. El método estudiado servirá como herramienta para estimar la vida útil del embalse. Tomando en cuenta que la disposición de sedimentación en las cotas más bajas será un factor determinante para el funcionamiento del embalse, se considera analizar alternativas para estudiar la distribución de sedimentos en el mismo.

Tabla 4-21 %Error Capacidad ACAV 2012 y Método de Reducción Empírica de Área Calibrado

Cota (ms.n.m.)	Vol Batimetría ACAV2012 Hm ²	Vol. Método REA Hm ²	% Error
205	0,000	0,000	100,00
206	0,118	0,000	100,00
207	0,470	0,000	100,00
208	1,058	0,229	78,31
209	1,880	0,924	50,86
210	2,938	2,096	28,65
211	4,510	3,745	16,96
212	6,852	5,885	14,12
213	9,930	8,632	13,07
214	13,708	12,025	12,27
215	18,150	15,956	12,09
216	23,223	20,374	12,27
217	28,891	25,332	12,32
218	35,118	30,849	12,16
219	41,869	36,935	11,78
220	49,110	43,693	11,03
221	56,885	51,046	10,26
222	65,258	58,904	9,74
223	74,225	67,368	9,24
224	83,781	76,485	8,71
225	93,921	86,215	8,20
226	104,640	96,594	7,69
227	115,934	107,585	7,20
228	127,798	119,242	6,70
229	140,227	131,586	6,16
230	153,217	144,515	5,68
231	166,780	158,130	5,19
232	180,934	172,420	4,71
233	195,679	187,241	4,31
234	211,015	202,608	3,98
235	226,942	218,606	3,67
236	243,461	235,219	3,39
237	260,571	252,564	3,07
238	278,274	270,607	2,76
239	296,568	289,175	2,49
240	315,455	308,317	2,26
241	334,910	328,078	2,04
242	354,908	348,586	1,78
243	375,448	369,781	1,51
244	396,530	391,696	1,22
245	418,153	414,340	0,91
246	440,317	437,621	0,61
247	463,021	461,667	0,29
248	486,264	486,369	0,02
249	510,046	511,554	0,30
250	534,367	537,554	0,60
251	559,064	564,515	0,98
252	584,085	592,151	1,38
253	609,589	620,311	1,76
254	635,736	649,179	2,11
255	662,687	678,983	2,46
256	690,601	709,677	2,76
257	719,638	741,195	3,00
258	749,959	773,470	3,14
259	781,723	806,523	3,17
260	815,090	840,432	3,11
261	850,346	875,136	2,92
262	887,475	910,697	2,62
263	926,185	946,905	2,24
264	966,185	983,339	1,78
265	1007,183	1019,833	1,26
266	1048,893	1055,859	0,66
267	1091,225	1091,186	0,00

Una vez comparados ambos métodos, se consideró evaluar el porcentaje de sedimento depositado por elevación con respecto al volumen total de sedimento a repartir (Ver tabla 4-9 y 4-10), es decir; se considera que la pérdida de capacidad entre el volumen original del embalse y los datos suministrados por ACAV para cada cota establecida, representaran el volumen de sedimentos. El porcentaje de sedimento se consideró constante para estudiar el embalse a futuro, variando únicamente el volumen de sedimento a repartir en el vaso de almacenamiento a partir de la tasa de sedimentación calculada.

Al considerar un porcentaje de sedimentos acumulados constantes en el tiempo, se supone que el embalse siempre será operado de la misma forma y la tasa de sedimentos considerada se mantendrá constante. En la figura 4.8 se observa la capacidad reducida del Embalse de Boconó en los años estudiados.

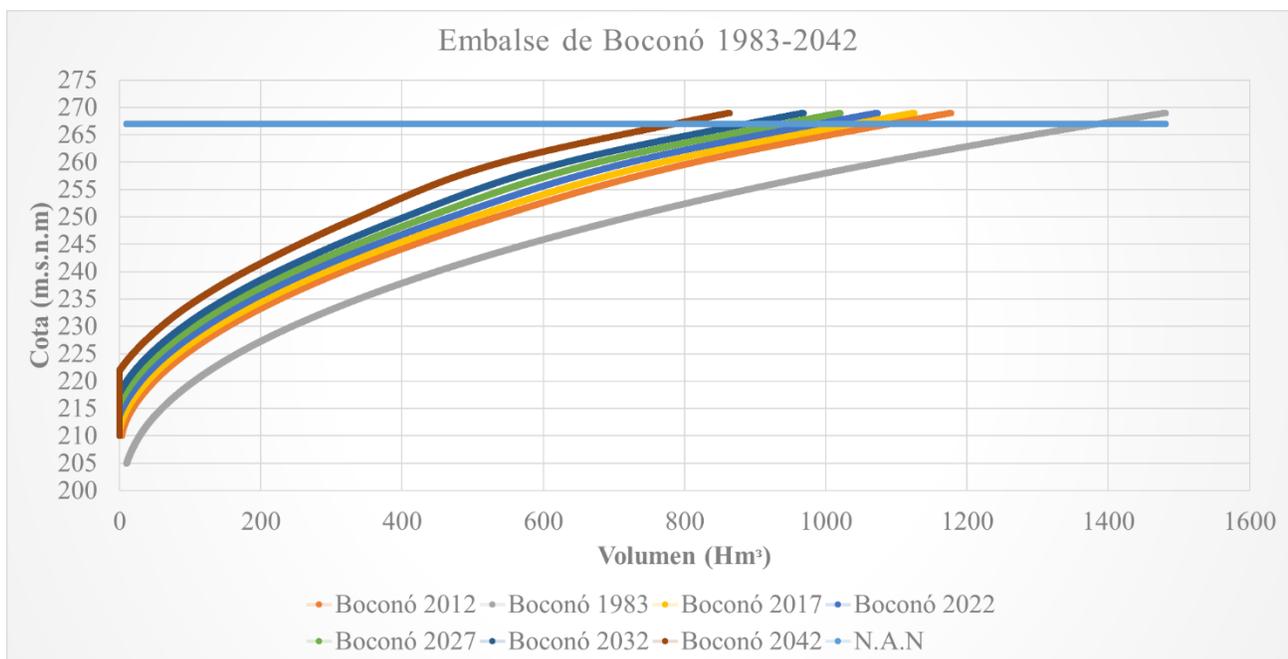


Figura 4.30: Embalse de Boconó, Capacidad reducida por sedimentación en los años estudiados.

En las Tablas 4-9 y 4-10, se observa que, siguiendo un mismo patrón de sedimentación, el embalse alcanza el nivel muerto a mediados del 2042, tomando en cuenta que El Embalse de Boconó opera desde 1983, hasta la fecha donde los sedimentos alcanzan el nivel nuestro transcurren 59 años, reduciendo la vida útil del embalse al casi 50% y su capacidad hasta 40%, sin tomar en cuenta los requerimientos necesarios para la operación óptima de la central hidroeléctrica.

Tabla 4-22. Capacidades Embalse de Boconó 2017

Cota (msnm)	Área 1983 (Ha)	Vol. 1983 (Hm³)	Área 2012 (Ha)	Vol. 2012 (Hm³)	VSAcum (Hm³)	% VS acum	Vs 2017 (Hm³)	Vol. 2017 (Hm³)
205	250,0000	10,0100	0,0000	0,0000	10,0100	3,39	11,7359	-
206	296,0596	12,7443	23,5012	0,1175	12,6268	4,28	14,8039	-
207	341,6884	15,9311	47,0024	0,4700	15,4611	5,24	18,1268	-
208	389,4900	19,5858	70,5037	1,0576	18,5282	6,28	21,7228	-
209	437,9700	23,7225	94,0049	1,8801	21,8424	7,40	25,6083	-
210	489,6910	28,3538	117,5061	2,9377	25,4161	8,61	29,7982	-
211	536,0820	33,4786	196,3044	4,5096	28,9690	9,82	33,9636	-
212	592,7840	39,1125	271,5892	6,8520	32,2605	10,93	37,8227	1,2899
213	659,7940	45,3714	343,3605	9,9297	35,4417	12,01	41,5524	3,8191
214	721,6490	52,2939	411,6183	13,7075	38,5863	13,08	45,2391	7,0547
215	773,1960	59,7725	476,3626	18,1504	41,6221	14,11	48,7983	10,9741
216	824,7420	67,7578	537,5933	23,2231	44,5348	15,10	52,2132	15,5447
217	886,5980	76,3016	595,3106	28,8905	47,4111	16,07	55,5854	20,7162
218	938,1400	85,4246	649,5143	35,1176	50,3070	17,05	58,9806	26,4439
219	1005,1550	95,1375	700,2045	41,8691	53,2684	18,06	62,4526	32,6849
220	1076,5310	105,5423	747,3812	49,1099	56,4324	19,13	66,1621	39,3802
221	1127,5510	116,5636	807,4711	56,8846	59,6790	20,23	69,9685	46,5951
222	1183,6730	128,1119	867,0835	65,2578	62,8542	21,30	73,6911	54,4208
223	1255,1020	140,2894	926,2184	74,2247	66,0647	22,39	77,4552	62,8342
224	1316,3270	153,1420	984,8758	83,7805	69,3614	23,51	81,3203	71,8217
225	1382,6530	166,6323	1043,0557	93,9206	72,7117	24,65	85,2482	81,3841
226	1448,9800	180,7952	1100,7579	104,6401	76,1551	25,81	89,2853	91,5099
227	1510,2040	195,5958	1157,9827	115,9342	79,6617	27,00	93,3964	102,1994
228	1586,7350	211,0887	1214,7299	127,7981	83,2905	28,23	97,6510	113,4377
229	1653,0610	227,2958	1270,9996	140,2272	87,0686	29,51	102,0804	125,2153
230	1714,2860	244,1155	1326,7919	153,2165	90,8990	30,81	106,5712	137,5443
231	1795,9180	261,6495	1385,8569	166,7798	94,8698	32,16	111,2266	150,4229
232	1852,0410	279,8893	1444,9409	180,9337	98,9556	33,54	116,0169	163,8724
233	1908,1630	298,6903	1504,0438	195,6786	103,0117	34,92	120,7723	177,9180
234	1969,3880	318,0694	1563,1657	211,0147	107,0547	36,29	125,5125	192,5570
235	2041,0260	338,1128	1622,3066	226,9420	111,1708	37,68	130,3382	207,7746
236	2102,5640	358,8051	1681,4665	243,4609	115,3442	39,10	135,2312	223,5739
237	2194,8720	380,2667	1740,6453	260,5714	119,6952	40,57	140,3324	239,9343
238	2246,1540	402,4632	1799,8432	278,2738	124,1894	42,09	145,6014	256,8619
239	2307,6920	425,2239	1859,0600	296,5683	128,6556	43,61	150,8376	274,3863
240	2369,2310	448,5994	1918,2957	315,4551	133,1443	45,13	156,1002	292,4992
241	2440,8758	472,6371	1972,6327	334,9098	137,7273	46,68	161,4734	311,1637
242	2528,2060	497,4668	2026,9084	354,9076	142,5593	48,32	167,1384	330,3284
243	2589,7440	523,0309	2081,1229	375,4478	147,5832	50,02	173,0285	350,0024
244	2682,0510	549,3643	2135,2765	396,5298	152,8344	51,80	179,1852	370,1790
245	2743,5900	576,4796	2189,3684	418,1531	158,3266	53,67	185,6242	390,8554
246	2820,5130	604,2873	2243,4004	440,3170	163,9704	55,58	192,2411	412,0462
247	2902,5640	632,9198	2297,3708	463,0209	169,8989	57,59	199,1918	433,7280
248	2964,1030	662,2702	2351,2801	486,2642	176,0060	59,66	206,3519	455,9183
249	3025,2530	692,1712	2405,1284	510,0463	182,1249	61,73	213,5257	478,6454
250	3141,4140	722,9587	2458,9150	534,3666	188,5921	63,92	221,1080	501,8507
251	3222,2220	754,7853	2483,2429	559,0640	195,7213	66,34	229,4663	525,3190
252	3292,9290	787,3694	2523,5734	584,0848	203,2847	68,90	238,3338	549,0357
253	3353,5350	820,5681	2579,9039	609,5888	210,9793	71,51	247,3550	573,2131
254	3454,5450	854,5748	2652,2343	635,7362	218,8387	74,18	256,5695	598,0054
255	3555,5560	889,6253	2740,5680	662,6868	226,9385	76,92	266,0658	623,5595
256	3656,5660	925,6859	2844,8953	690,6008	235,0852	79,68	275,6171	650,0689
257	3747,4750	962,7062	2965,2258	719,6381	243,0681	82,39	284,9764	677,7298
258	3838,3840	1000,6354	3101,5563	749,9587	250,6768	84,97	293,8969	706,7385
259	3939,3940	1039,5163	3253,8868	781,7225	257,7938	87,38	302,2410	737,2753
260	4050,0000	1079,4553	3422,2211	815,0897	264,3656	89,61	309,9459	769,5094
261	4150,0000	1120,4303	3624,1012	850,3456	270,0847	91,55	316,6510	803,7793
262	4280,0000	1162,5553	3796,8177	887,4745	275,0808	93,24	322,5085	840,0468
263	4350,0000	1205,7012	3940,3709	926,1848	279,5164	94,74	327,7089	877,9923
264	4425,0000	1249,5720	4054,7606	966,1847	283,3873	96,06	332,2471	917,3249
265	4510,0000	1294,2428	4139,9866	1007,1828	287,0601	97,30	336,5532	957,6897
266	4600,0000	1339,7887	4202,0490	1048,8925	290,8961	98,60	341,0506	998,7380
267	4685,0000	1386,2491	4264,6042	1091,2254	295,0237	100,00	345,8898	1040,3592

Tabla 4-23: Capacidades Embalse de Boconó 2022, 2027, 2032 y 2042

Cota (msnm)	Vs 2022 (Hm³)	Vol. 2022 (Hm³)	Vs 2027 (Hm³)	Vol. 2027 (Hm³)	Vs 2032 (Hm³)	Vol. 2032 (Hm³)	Vs 2042 (Hm³)	Vol. 2042 (Hm³)
205	13,4617	-	15,1876	-	16,9134	-	20,3652	-
206	16,9809	-	19,1580	-	21,3350	-	25,6891	-
207	20,7925	-	23,4582	-	26,1239	-	31,4553	-
208	24,9173	-	28,1118	-	31,3063	-	37,6954	-
209	29,3743	-	33,1402	-	36,9061	-	44,4380	-
210	34,1803	-	38,5624	-	42,9445	-	51,7087	-
211	38,9583	-	43,9529	-	48,9476	-	58,9369	-
212	43,3848	-	48,9470	-	54,5091	-	65,6334	-
213	47,6630	-	53,7737	-	59,8843	-	72,1056	-
214	51,8920	0,4019	58,5448	-	65,1976	-	78,5032	-
215	55,9745	3,7979	63,1508	-	70,3270	-	84,6794	-
216	59,8916	7,8662	67,5700	0,1878	75,2484	-	90,6052	-
217	63,7597	12,5419	71,9340	4,3676	80,1083	-	96,4570	-
218	67,6543	17,7703	76,3279	9,0967	85,0015	0,4231	102,3488	-
219	71,6368	23,5007	80,8210	14,3165	90,0052	5,1323	108,3736	-
220	75,8918	29,6505	85,6215	19,9208	95,3512	10,1911	114,8107	-
221	80,2580	36,3056	90,5474	26,0162	100,8369	15,7267	121,4159	-
222	84,5280	43,5839	95,3650	32,7470	106,2019	21,9101	127,8757	0,2362
223	88,8456	51,4437	100,2361	40,0533	111,6266	28,6628	134,4075	5,8819
224	93,2791	59,8628	105,2380	47,9040	117,1969	35,9451	141,1146	12,0274
225	97,7847	68,8476	110,3212	56,3111	122,8577	43,7746	147,9307	18,7016
226	102,4155	78,3797	115,5457	65,2495	128,6759	52,1193	154,9362	25,8589
227	107,1312	88,4646	120,8660	74,7299	134,6007	60,9951	162,0703	33,5256
228	112,0114	99,0773	126,3719	84,7168	140,7323	70,3564	169,4532	41,6355
229	117,0922	110,2035	132,1041	95,1917	147,1159	80,1799	177,1396	50,1562
230	122,2434	121,8721	137,9157	106,1998	153,5879	90,5276	184,9324	59,1831
231	127,5835	134,0661	143,9403	117,7092	160,2972	101,3523	193,0109	68,6386
232	133,0782	146,8111	150,1395	129,7498	167,2008	112,6885	201,3234	78,5659
233	138,5330	160,1574	156,2936	142,3967	174,0542	124,6361	209,5755	89,1148
234	143,9702	174,0992	162,4279	155,6415	180,8856	137,1838	217,8010	100,2684
235	149,5055	188,6073	168,6729	169,4399	187,8403	150,2725	226,1750	111,9378
236	155,1181	203,6870	175,0051	183,8001	194,8920	163,9131	234,6659	124,1392
237	160,9695	219,2972	181,6066	198,6601	202,2437	178,0230	243,5179	136,7487
238	167,0133	235,4499	188,4253	214,0379	209,8373	192,6260	252,6612	149,8020
239	173,0196	252,2043	195,2016	230,0223	217,3836	207,8403	261,7476	163,4764
240	179,0561	269,5433	202,0120	246,5874	224,9679	223,6315	270,8798	177,7196
241	185,2195	287,4176	208,9656	263,6715	232,7117	239,9254	280,2039	192,4332
242	191,7176	305,7492	216,2968	281,1700	240,8760	256,5908	290,0343	207,4325
243	198,4739	324,5570	223,9193	299,1116	249,3646	273,6663	300,2554	222,7755
244	205,5360	343,8283	231,8867	317,4775	258,2375	291,1267	310,9390	238,4252
245	212,9219	363,5577	240,2196	336,2600	267,5173	308,9624	322,1126	254,3670
246	220,5119	383,7755	248,7826	355,5047	277,0534	327,2340	333,5949	270,6925
247	228,4848	404,4351	257,7777	375,1421	287,0706	345,8492	345,6564	287,2634
248	236,6978	425,5725	267,0437	395,2266	297,3895	364,8807	358,0813	304,1890
249	244,9266	447,2446	276,3274	415,8438	307,7283	384,4429	370,5300	321,6412
250	253,6239	469,3348	286,1398	436,8189	318,6557	404,3030	383,6874	339,2713
251	263,2114	491,5739	296,9564	457,8289	330,7015	424,0838	398,1916	356,5937
252	273,3829	513,9866	308,4319	478,9375	343,4810	443,8884	413,5792	373,7902
253	283,7308	536,8373	320,1065	500,4616	356,4823	464,0858	429,2337	391,3344
254	294,3003	560,2746	332,0311	522,5438	369,7619	484,8129	445,2235	409,3513
255	305,1932	584,4322	344,3205	545,3048	383,4478	506,1775	461,7025	427,9229
256	316,1490	609,5370	356,6809	569,0050	397,2128	528,4731	478,2767	447,4093
257	326,8847	635,8215	368,7930	593,9132	410,7012	552,0049	494,5178	468,1883
258	337,1171	663,5184	380,3372	620,2982	423,5574	577,0781	509,9976	490,6378
259	346,6882	692,8281	391,1354	648,3809	435,5826	603,9337	524,4771	515,0393
260	355,5261	723,9292	401,1064	678,3489	446,6867	632,7686	537,8472	541,6081
261	363,2173	757,2130	409,7837	710,6467	456,3500	664,0803	549,4826	570,9477
262	369,9362	792,6191	417,3640	745,1914	464,7917	697,7636	559,6471	602,9082
263	375,9013	829,7998	424,0938	781,6073	472,2863	733,4149	568,6713	637,0299
264	381,1070	868,4650	429,9669	819,6051	478,8267	770,7452	576,5465	673,0255
265	386,0463	908,1965	435,5394	858,7034	485,0325	809,2103	584,0187	710,2241
266	391,2051	948,5835	441,3596	898,4290	491,5141	848,2745	591,8231	747,9655
267	396,7560	989,4931	447,6221	938,6269	498,4883	887,7608	600,2206	786,0285

CAPÍTULO V MOVIMIENTOS DE EMBALSE

Una vez repartido los sedimentos con método que más se adapta al embalse y calculadas las capacidades a futuro cada 5 años para los años comprendidos a estudiar. Se procedió a realizar el movimiento de embalse para evaluar el rendimiento a futuro del mismo.

5.1 OBTENCIÓN DE DATOS

Los datos suministrados por el Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas, presentaron incongruencias en los aportes deducidos. En dichos datos, se presentaban datos de operación del embalse incompletos en los cuales no se pudo establecer un patrón de operación en los 15 años de registro. Tomando en cuenta que en los registros no es considerado un registro hidrológico sino un aporte deducido calculado con respecto a un balance. Con uso del registro histórico se calcularon los aportes deducidos correspondientes para realizar los movimientos de embalse a futuro. Estos se descartaron ya que no era posible completar todos los años, debido a que la mayoría de los datos facilitados tenían un registro incompleto. Por ello los datos no fueron utilizados.

Al utilizar los datos suministrados por el ministerio para calcular el aporte deducido se obtuvo la tabla B-1. Los aportes seducidos son calculados por una resta de volúmenes entre el volumen final e inicial para luego sumarle las extracciones. Para que sea posible realizar este cálculo se debe tener un registro de cotas en las que se encuentra fluctuando el embalse y un registro de extracción completo.

Como se puede observar en la tabla B-1 están registrados los meses Abril, Mayo y Junio para el año 1997. En dos días del mes de abril el aporte es negativo, lo cual es incongruente. Al analizar el aporte resultante negativo, se concluye que hay un error en la lectura de las cotas o en el registro en el cual falta alguna extracción. Dicho error se repite en todos los años del registro, por ello no se utilizará los datos suministrados por el ministerio.

Para el cálculo de los movimientos de embalse se hizo uso de una traza de 50 años suministrada por la empresa CALTEC S.C. Asimismo, se utilizaron unos registros de precipitación y evaporación suministrados por la misma empresa.

La traza de aportes de 50 años de los ríos Boconó y Tucupido suministrados por CALTEC S.C. se analizarán en dos partes.

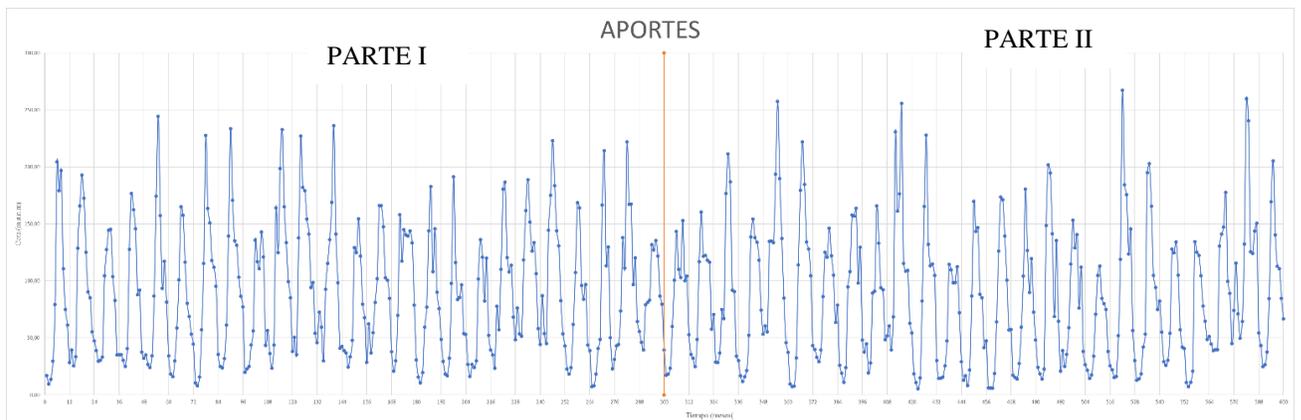


Figura 5.1: Hidrograma de la traza de 50 años.

Tabla 5-1: Promedios de aportes y desviación estándar de la traza.

	Parte I	Parte II
Promedio Aportes (m ³ /s)	90,22	85,69
Desviación Estándar	56,38	58,80

Tomando en cuenta la vida útil del embalse y los años a evaluar el rendimiento del mismo, se evaluarán 25 años de la traza mencionada. La finalidad del movimiento de embalse es analizar el almacenamiento de agua considerando una capacidad reducida por el aporte de sedimentos por lo que se procederá a hacer el balance hídrico con los 25 años continuos más húmedos de los aportes suministrados.

5.2 ANÁLISIS DE MOVIMIENTO DE EMBALSE

5.2.1 Consideraciones Para Realizar El Movimiento De Embalse

El embalse puede producir energía entre el nivel máximo de operación y el mínimo de operación que corresponden a las cotas 267 m.s.n.m y 245 m.s.n.m respectivamente. Por lo tanto, cuando el embalse se encuentre en un nivel menor a 245 m.s.n.m se considerará que falla debido a que no tiene carga suficiente para generar la potencia necesaria.

Para la realización de los movimientos de embalse, se tomaron en cuenta varias consideraciones, tales como:

- Se debe mantener un caudal en el río equivalente al 10% del caudal aportado.
- El caudal extraído por acueducto será de 1 m³/s, siendo constante los 25 años.
- Volumen extraído para riego constante los 25 años.

- Se considerará una reducción de la capacidad del embalse por sedimentación cada 5 años.
- La eficiencia de las turbinas será constante debido a que, al limitar los niveles de operación en el embalse, el rango de variación de las eficiencias no es muy variable.
- Para la carga de las turbinas se considerarán pérdidas hidráulicas por fricción según Darcy a lo largo de todo el conducto y las pérdidas localizadas serán 5% pérdidas por fricción.

El embalse históricamente se ha utilizado para generar energía en las horas donde la red tiene mayor demanda. Por lo tanto, la primera propuesta es seguir operándolo de la misma manera generando 80 Mw en la mayor cantidad de horas posibles. La segunda propuesta tendrá la finalidad de evaluar el funcionamiento del embalse operando las 24 horas del día generando una energía continua de 40 Mw con una sola turbina.

5.2.2 Energía Horaria

Se evaluó la cantidad de horas continuas en las que podían trabajar las turbinas generando su capacidad de 40 Mw cada una, obteniendo un porcentaje de falla menor al 5%.

En la figura 5.2 se observa la generación de los 80 Mw durante 12 horas como se puede observar, el embalse presenta numerosas fallas e inclusive para el año 2039 no recupera su nivel de operación, por lo tanto, habrá que reducir las horas de operación.

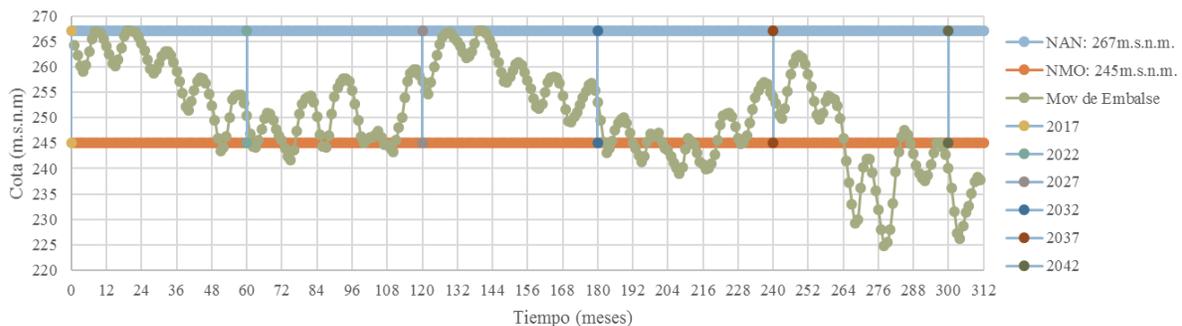


Figura 5.2: Movimiento de embalse potencia nominal (80 Mw) durante 12 horas.

Al evaluar el movimiento de embalse de la figura 5.3, para una operación de 11 horas continuas, se puede apreciar que el embalse se comporta en forma aceptable, recuperando su nivel normal en dos oportunidades. El porcentaje de falla que presenta para este caso es equivalente al 9%, por lo que se considera reducir el tiempo de operación.

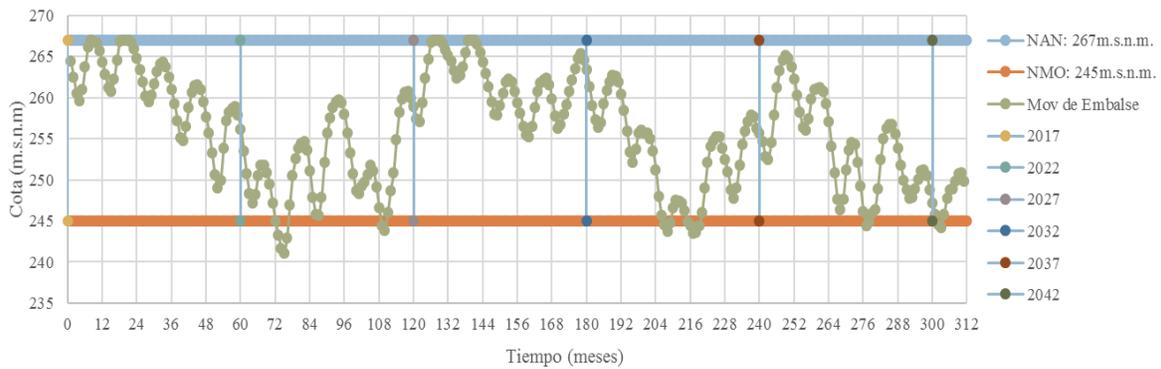


Figura 5.3: Movimiento de embalse potencia nominal (80 Mw) durante 11 horas.

El escenario ilustrado en la figura 5.4, se observa una operación de 10 horas continuas, el embalse solo falla 1 mes. Representado el 0,32% del tiempo. Se puede observar que el embalse presenta numerosos meses de alivio por lo que se recomienda aprovechar dichos volúmenes aliviados, combinando las horas de operación del embalse de manera de poder aprovechar los primeros años donde el embalse ha perdido menos capacidad.

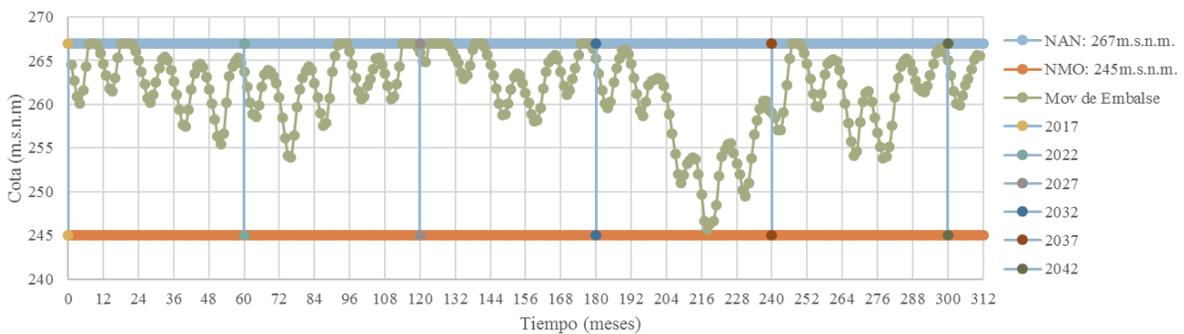


Figura 5.4: Movimiento de embalse potencia nominal (80 Mw) durante 10 horas.

Se presenta en la figura 5.5 un escenario combinando las horas de manera de ir reduciendo las horas de operación de las turbinas a medida que se va reduciendo la capacidad del embalse. Así como también se tomó en cuenta el porcentaje de falla.

Dicho escenario combinado dio como resultado, operar las turbinas durante 12 horas los tres primeros años, un cuarto año con una operación de 11 horas y a partir del quinto año generar la potencia de 80 Mw con una operación de 10 horas.

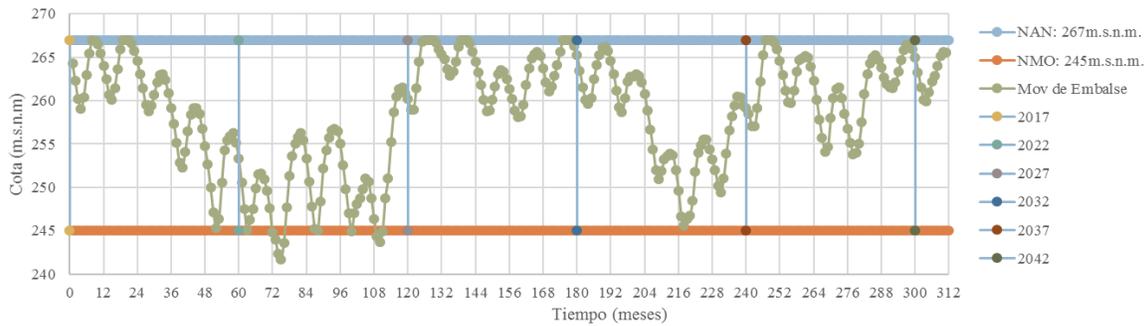


Figura 5.5: Movimiento de embalse potencia nominal (80 Mw) para operación combinada horaria por año.

Se debe tomar en cuenta que el periodo comprendido entre los años 2021-2029 con el cual se realizó el estudio, presentó un caudal medio aportado por los ríos Boconó y Tucupido de 93,64 m³/s. Por lo tanto, se puede observar como el embalse se recupera y empieza a presentar volúmenes de alivio cada vez mayores. Debido a que al reducirse su capacidad de almacenamiento se ve comprometida la función del embalse para regular. Se recomienda evaluar si los volúmenes de alivio generados para dichos años se pueden aprovechar.

5.2.3 Energía Continua de 40 Mw

Asegurando una generación de energía continua de 40 Mw, para los 25 años a futuro en los que se evaluará el embalse se obtiene un movimiento de embalse que se muestra en la figura 5.61:

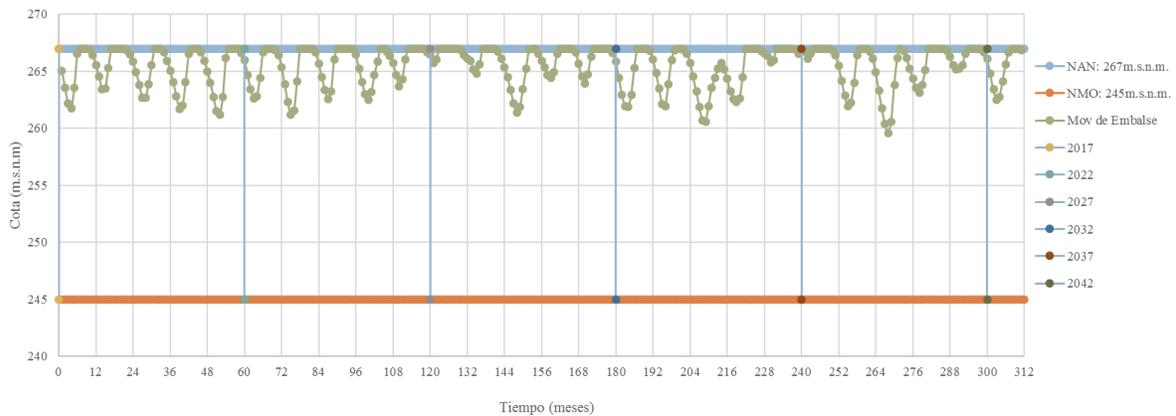


Figura 5.6: Movimiento de embalse potencia continua 40 Mw.

Al evaluar el comportamiento del embalse, se observa que alivia todos los años excepto el año 2034, no presenta fallas a lo largo de su funcionamiento y la cota mínima de fluctuación es 259,57 m.s.n.m.

Al analizar el promedio de los alivios cada 5 años, correspondientes al cambio de la curva de área-capacidad. Se puede observar como el volumen aliviado va aumentando debido a que el vaso de almacenamiento va disminuyendo su capacidad. Específicamente para el promedio del año 2032, se ve afectado por la disminución de los aportes para ese lapso de 5 años como se puede observar en la tabla 5-2.

Tabla 5-2: Promedio de volumen aliviado

Año	V Hm ³
2017	139,20
2022	152,78
2027	184,58
2032	134,62
2037	161,81

El caudal medio de extracción corresponde al gasto medio necesario para generar una potencia continua de 40 Mw, trabajando solo con una turbina. Como se puede observar en el movimiento de embalse, en los meses donde ocurren alivios de gran magnitud es recomendable estudiar la posibilidad de poner a trabajar la segunda turbina para generar potencia secundaria. Es necesario evaluar si el caudal de alivio es suficiente para lograr una eficiencia estable y así poder asegurar que la turbina trabajará en condiciones recomendables.

Tabla 5-3: Caudales promedio del río y de extracción

Qm río	Qm extracción
89.91 m ³ /s	62.85 m ³ /s

5.3 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE EXTRACCIÓN

Por tanteo se varió el valor del caudal de extracción con la limitante de presentar 5% de posibilidad de falla, es decir que el embalse se encuentre por debajo de la cota 245 m.s.n.m.

Al evaluar el movimiento de embalse, se promedió el caudal a extraer y el aporte de los Ríos Boconó y Tucupido, observándose un decrecimiento en el gasto de extracción, justificando así la pérdida de capacidad de almacenamiento del embalse. Entre los años 2026 y 2036 a pesar de contar con un aporte mayor que otros años, el embalse presenta fallas al mantener el caudal de extracción en el tiempo.

Tabla 5-4: Aporte de los ríos Boconó y Tucupido vs caudal de extracción

Año	Aporte Ríos(m ³ /s)	Q(m ³ /s)
2017	88,87	90
2026	90,11	85
2036	90,86	84
2042	86,93	83

Los gastos disponibles asumidos cada 5 años fueron promediados y graficados en la figura 5.7. Es posible observar que la reducción de volumen en el embalse altera directamente el caudal afluente al río aguas abajo, al disminuir el caudal de extracción para evitar las fallas en la operación del embalse, el volumen de agua regulado disminuirá, afectando el aprovechamiento del río.



Figura 5.7: Caudal de extracción variante y aporte de ríos Boconó y Tucupido

El Movimiento de embalse representado gráficamente en la figura 5.8 indica las fallas y alivios en los años estudiados, el embalse recupera el volumen útil en los años 2026 y 2036, años en los que se presentan los mayores aportes.

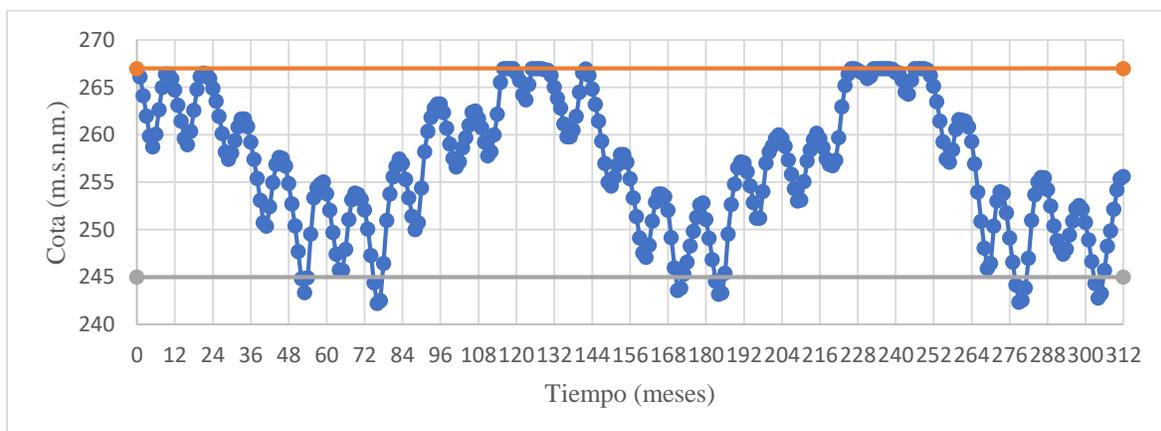


Figura 5.8: Movimiento de Embalse con Caudal de extracción variante cada 5 años.

Asimismo, se analizó el movimiento de embalse con un caudal de extracción constante, con 95% de garantía durante los 25 años estudiados, el caudal a considerar fue de 90 m³/s, fallando únicamente en los años 2023, 2034 y 2035. El movimiento de embalse tomando en cuenta un caudal de extracción fijo es representado en la figura 5.9. El movimiento de embalse considerando un caudal de extracción fijo presenta menor cantidad de fallas en los últimos años estudiados, al mantener un gasto de extracción constante la fluctuación en los niveles de agua es menor, administrando el volumen de agua del embalse hasta el año 2035, donde se registran menores aportes, reduciendo el volumen de agua almacenado.

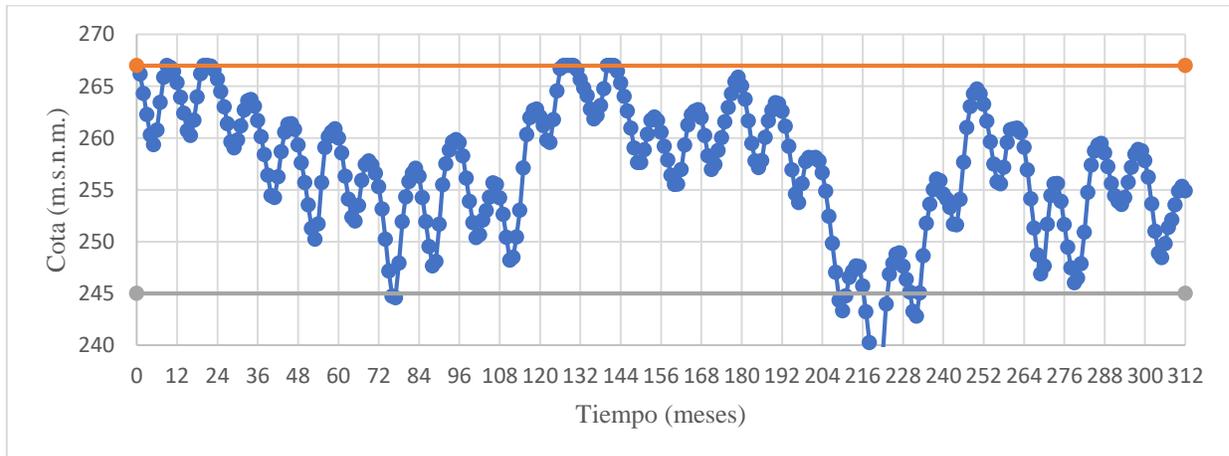


Figura 5.9: *Movimiento de Embalse con Caudal de extracción constante.*

CAPÍTULO VI POSIBLES SOLUCIONES

6.1 CUENCA

Como posibles soluciones se visualizan en primer lugar la intervención de la cuenca, esto no solo reduce el aporte de sedimentos, también es una mejora del medio ambiente.

Los aspectos a considerar en esta solución embarcan:

- Prohibición de cultivos en terrenos de alta pendiente.
- Reforestación de áreas no aptas para cultivos.
- Sustitución de cultivos. En las áreas de alta pendiente, es posible reforestar con árboles propios de la zona para proveer siembra para cultivos como café y cacao.
- Con frecuencia se hacen los surcos en el mismo sentido del escurrimiento lo cual incrementa el efecto erosivo de las aguas, tanto pluviales, como las usadas para riego.
- Implementación de drenaje agrícola acorde a las practicas conservacionistas de los suelos.
- Control, en lo posible, de las cárcavas existentes.
- Control de obras civiles que exponen suelos sueltos a la acción de las aguas, tales como vialidad, nuevos urbanismos, etc.

En la figura 6.1 es posible apreciar, cárcavas producidas por la deforestación en altas pendientes, así como también es posible apreciar las extensas áreas de cultivos.



Figura 6.1: Vista de la cuenca del río Boconó hacia aguas arriba

6.2 PRESA PARA RETENER SEDIMENTOS

Se analizó el tramo del río Boconó aguas arriba de la presa, donde escurre dentro de un valle estrecho. Se localizaron tres posibles sitios de presa. Se describen a continuación:

Usando la herramienta Google Earth, se localizó colocar una primera presa en las coordenadas N: 9° 00' 13'' W: 70° 10' 47'', la topografía permite una altura de 32 m y longitud del cauce de 4900 m, lo que conlleva una capacidad de almacenamiento de 13 Hm³. Una segunda presa se ubicó en un sitio con las coordenadas N: 9° 05' 18'' W: 70° 14' 09'', con altura posible de 48 m, longitud de la cresta de 417 m, longitud del cauce de 3010 y capacidad de 10 Hm³. Por último, la ubicación más aguas arriba con coordenadas N: 9° 03' 36'' W: 70° 12' 8'' donde la topografía permite una mayor altura, 80 m, una longitud de cresta de 500 m y capacidad para 24 Hm³.

Las capacidades de almacenamiento de todas las presas están calculadas suponiendo una distribución de sedimentos horizontal, por lo tanto, el almacenamiento que dispondrá cada presa será mayor al propuesto. Se debe evaluar si la relación costo/beneficio es atractiva.



Figura 6.2: Sitios propuestos para obras de control.

6.3 DRAGADO HIDRÁULICO

El dragado hidráulico como solución directa para alargar la vida útil del embalse amerita un análisis ambiental, hídrico, disponibilidad de equipos, condiciones geológicas, y análisis de costos. Con el dragado se espera solo reducir la tasa de sedimentación del embalse. Ya que resulta evidente la imposibilidad de recuperar el embalse y a la vez retirar los sedimentos en constate aporte. Para iniciar el proyecto de dragado se deberán establecer sitios de vertido, o en caso de ser material aprovechable, determinar su uso y proceso de transporte.

Una de las formas de dragado más económicas es la de hidrosucción que consiste en remover sedimentos consiste en utilizar la diferencia de nivel de agua entre el embalse y la

tubería de salida para bombear agua y sedimento. La tubería de salida debe pasar por encima de la misma presa, ya que no se dispone de una descarga de fondo. La succión será operada en la zona más afectada por sedimentos en el embalse, en este caso final, el delta. Con respecto al caudal a verter aguas debajo de la presa, se considera pertinente realizar un estudio medioambiental con la finalidad de evaluar el impacto que puedan tener los sedimentos aguas abajo.

La figura 6.4 ilustra el sistema de dragado con las dos posibilidades, pasando las tuberías sobre la presa o conectado a una descarga de fondo, no existe en este caso.

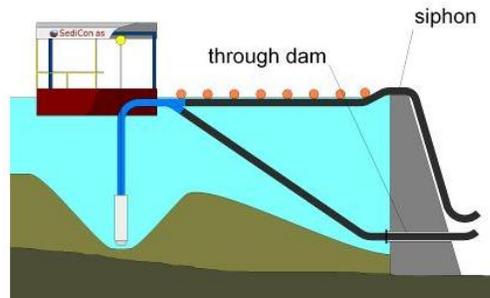


Figura 6.3: Sistema de dragado con tubería de salida por encima de la presa y por descarga de fondo.

Una vez definidos los puntos de operación de dragado, y el vertido del mismo, se estima un volumen aproximado de succión. Es importante considerar que tipo de sedimentos se están extrayendo, por lo que se deberá realizar un estudio granulométrico del material. Se supondrá viable la extracción de sedimentos en la zona afectada.

Según datos referenciales de la figura 16.8 [5], una draga con descarga 400 mm podrá extraer hasta 1000 m³ de material arenoso por hora, tomando en cuenta que, por el comportamiento de disposición en el delta, el material tratado corresponde a grava y arenas se trabajará con una capacidad de 500 m³ de sedimentos, La concentración de sedimentos dependerá de las características del mismo, para este caso se supondrá que se encuentra entre 100 – 200 kg de sedimento por m³ de agua. El consumo de agua normalmente variará de 4 – 12 m³ de agua por m³ de sedimento removido.

El volumen de sedimentos a extraer de 500 m³/hora equivaldrá a 12000 m³/día lo que significa que en un año se podrán extraer un poco más de 4 Hm³.

El proceso de dragado permanente en el embalse, operando las 24 horas del día los 365 días del año reducirá la tasa de sedimentación actual del embalse a 6. Se procedió a realizar el movimiento del embalse con una tasa de sedimentación reducida y una potencia generada durante 10 horas.

El movimiento de embalse realizado con una sedimentación reducida se calculó cambiando la curva de área-capacidad cada 10 años, la vida útil del embalse aumentó 15 años, en la figura 6.5 se muestran los resultados.

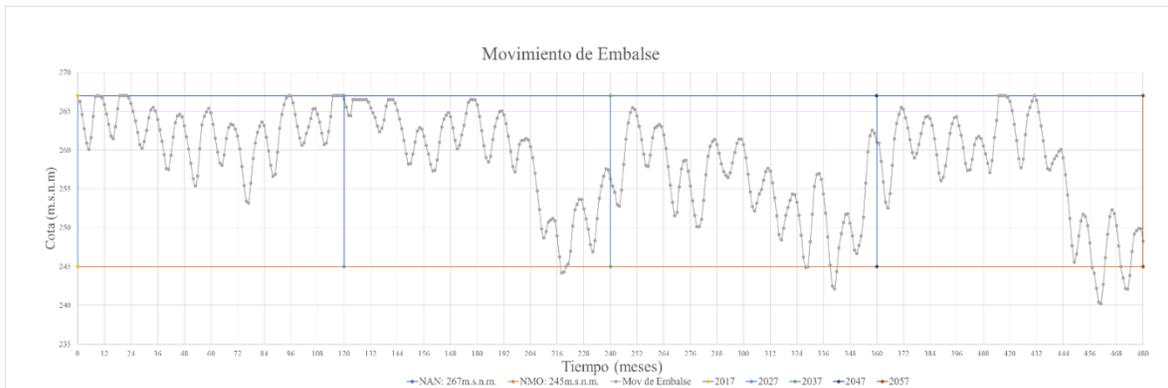


Figura 6.4: Movimiento de embalse potencia nominal (80 Mw) para 10 horas.

En las figuras 6.6 y 6.7 es posible apreciar cómo es afectado el embalse por el aporte de sedimentos. Se toman en cuenta los años de funcionamiento en común para poder comparar los volúmenes vertidos. Al tener menor capacidad de almacenamiento, el embalse aliviara más (Figura 6.6). Al disminuir la tasa de sedimentación y evaluar el vaso con mayor capacidad, el agua no es aliviada con tanta frecuencia por lo que se aprovecha el recurso en la operación del embalse. (Figura 6.7)

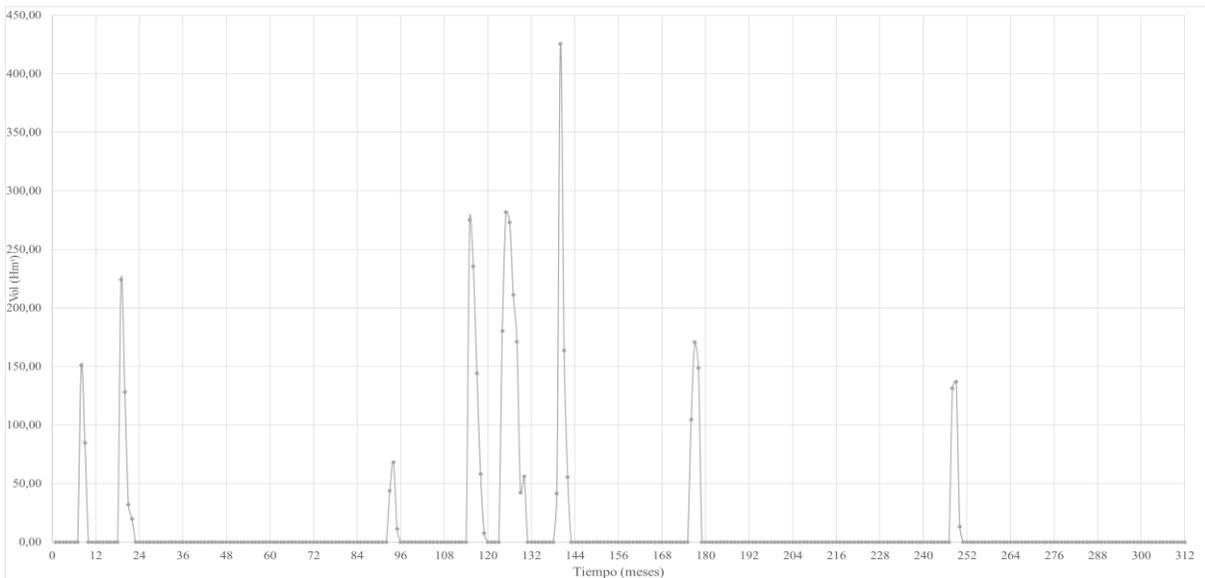


Figura 6.5: Alivios registrados en movimiento de embalse antes de dragado (10 horas)

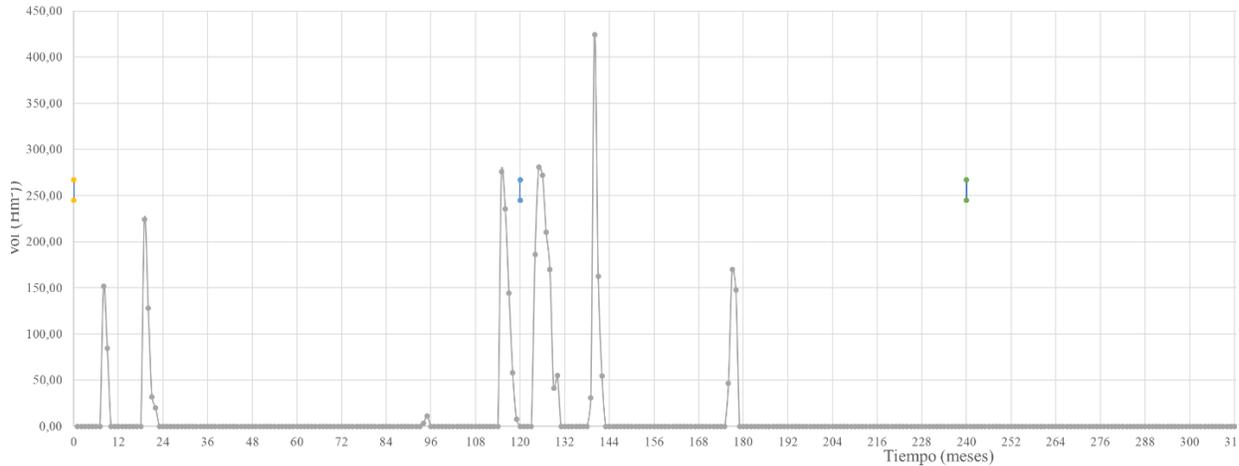


Figura 6.6: Alivios registrados en movimiento de embalse después de dragado (10 horas)

De igual forma se procedió a realizar el movimiento de embalse la tasa de sedimentación reducida y la generación de potencia continua durante 12 horas.

En las figuras 6.6 y 6.7 considerando un tiempo de operación de 12 horas de las turbinas, se observan menores alivios, siendo aún menores en la figura 6.8 por contar con mayor capacidad de almacenamiento por dragado.

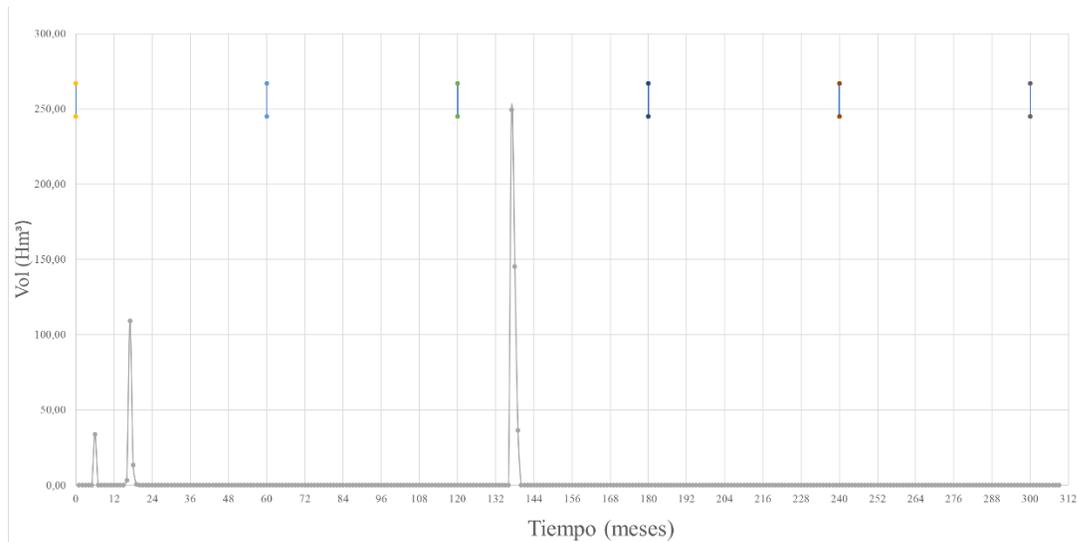


Figura 6.7: Alivios registrados en movimiento de embalse antes de dragado (12 horas)

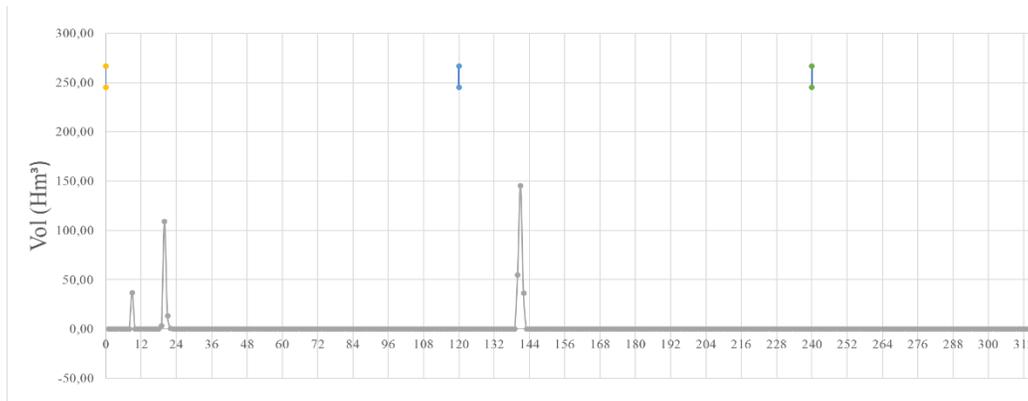


Figura 6.8: Alivios registrados en movimiento de embalse después de dragado (12 horas)

CAPÍTULO VII CONCLUSIONES

1. En las condiciones actuales de sedimentación, el embalse está en capacidad de operar las dos turbinas con capacidad de 40 Mw cada una, durante 10 horas (400 Mw/hora).
2. El volumen útil en el embalse de Boconó, comprendido entre las cotas de nivel máximo de operación y cota del borde inferior de la captación de aguas se redujo un 19 %.
3. De acuerdo a la distribución de sedimentos a futuros. Los sedimentos alcanzarán la toma de aguas en el año 2042. La capacidad del embalse, entre las mismas cotas antes señaladas, se reducirá en un 24%.
4. Los resultados de movimientos de embalse tomando en cuenta la sedimentación a futuro, indican que en los cuatro primeros años el tiempo de operación de turbinas se reduce de 12 a 10 horas. Para el año 2027 parece factible aumentar las horas de generación. Este resultado queda determinado por la escasa información hidrológica, registro histórico no confiable y la imposibilidad de localizar estudios hidrológicos recientes. Solo se dispone de una traza.
5. Se estudió la posibilidad de generar energía continua. Solo es posible mantener una sola turbina en funcionamiento, con frecuentes alivios.
6. Se estimaron posibles soluciones destinadas a alargar la vida útil del embalse pareciera la más adecuada, intervención de la cuenca. La solución con presas para retener sedimentos no parece factible dadas sus dimensiones y escasa retención de sedimentos aportado.
7. El uso del dragado, de acuerdo a cálculos muy aproximados pudiera reducir el aporte de sedimentos a 6 Hm³. Esto aumentaría la vida útil del embalse a 15 años.
8. Es de hacer notar que, si se distribuyen los sedimentos aportados en forma horizontal, en solo 12 años los sedimentos alcanzarían la cota de la toma de aguas.

CAPÍTULO VIII RECOMENDACIONES

1. Repetir los movimientos de embalse con información hidrológica actualizada
2. Llevar un registro de operación de embalse diario que refleje rigurosamente la operación del embalse. Debe hacerse en conjunto con registros de lluvia y evaporación.
3. Se deben instalar equipos que permitan medir tanto aporte líquido como sólido.
4. Las batimetrías, debido al alto aporte de sedimentos se deben hacer al menos cada 5 años y en ambos embalses.
5. La cuenca debe ser intervenida. Deben implantarse programas de reeducación a los usuarios del suelo para poder introducir tanto buenas prácticas agrícolas como reforestaciones y obras de control de erosión. Para ello es importante la creación de una autoridad de cuenca dependiente de los organismos de estado propietarios del embalse y con participación de los usuarios.
6. La propuesta de dragado debe considerarse, para ello es importante su evaluación. Estudio de las características de los sedimentos, posibles formas de dragado, efectos aguas abajo, etc.

REFERENCIAS

- DE JESÚS GASPAR, JOSÉ. (2001). “*Sedimentación de embalses, problemática y soluciones. Situación de los embalses en Venezuela*” Trabajo para ascender a la categoría de agregado, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Caracas, Venezuela.
- CALTEC S.C (1978), “*Aprovechamiento hidroeléctrico Boconó-Tostos-Estado Trujillo, Estudio de Prefactibilidad*”, Compañía anónima de administración y fomento eléctrico CADAFE, Caracas, Venezuela.
- JESÚS GRACIA SANCHEZ, “*Sedimentación en embalses*” Investigador, Instituto de Ingeniería, UNAM, Mexico.
- A.R ZAREI, M.J. AMIRI (2017), “*Evaluation of soil losses and sediment yield using modified PSIAC*”. Iran Agricultural Research, Iran.
- MORRIS, GREGORY AND FAN, JIAHUA (1998). “*Reservoir Sedimentation Handbook*”. Electronic version of the original 1998 publication by McGraw-Hill Book, New York
- US ARMY CORPS OF ENGINEERS. “*Electric power resources Study*”. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- SAMANEH ABDEVEIS, NIAYESH FENDRESKI (2014). “*Investigation and calibration of area-reduction and area increment empirical methods in sediment distribution type of Maroon reservoirs in Khuzestan*”. Academy for Environment and Life Sciences, India
- OSWALDO A. y ROBERT S. (2015). “*Evaluación del volumen de los sedimentos del embalse de la presa gallito ciego durante su vida útil para estimar la proyección del volumen sedimentado*” Tesis Ingeniería Civil, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- BRANGER ROBERTO (2011), “*Diseño de la gestión de un sistema de embalses multiuso: comparación de métodos de operación*” Tesis, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.
- MOHAMMAD KARAMOUZ y FERENC SZIDAROVSKY (2013), “*Water resources systems analysis*” Lewis publishers in an imprint of CRC press, USA.
- JUAN JOSE BOLINAGA (1999), “*Proyecto de Ingeniería Hidráulica*” Fundación Polar, Caracas Venezuela.
- SEDICON AS. (2017) Extracción de Sedimentos en Embalses. SEDICON AS. www.sedicon.no/index.php/es/tecnologia/sedicon-draga.

ANEXO A

En el Capítulo V se presentan resultados de movimientos de embalse, calculados de las siguientes tablas:

Año	Mes	Días	Cota msnm	Volumen Inicial Hm³	Aportes							Precipitación y Evaporación			Extracciones							Volumen Final Hm³	Condiciones Límites	
					Qm m³/s	Vm Hm³	Prec mm	Ev mm	VH* Hm³	Vm Hm³	Cota msnm	Área Ha	V Hm³	Qacued m³/s	Vriego m³*10³	V valvulas Hm³	Turbinas			Alivio Hm³	Falla			
														Efic	V Hm³	Q m³/s	Potencia	Δ						
2017	Enero	31	267,00	3228,92	16,89	45,24	15,40	205,10	3036,97	3132,94	266,19	11765,64	-22,32	1,00	10726	53,57	0,89	170,22	127,10	80000,00	0,00	3014,65	-	-
	Febrero	28	265,18	3014,65	9,62	23,27	26,80	226,80	2819,32	2916,98	264,32	11578,34	-23,16	1,00	9688	48,38	0,89	158,11	130,71	80000,00	0,00	2796,16	-	-
	Marzo	31	263,25	2796,16	13,77	36,88	38,80	250,80	2585,36	2690,76	262,27	11007,18	-23,34	1,00	10726	53,57	0,89	180,71	134,94	80000,00	0,00	2562,02	-	-
	Abril	30	261,05	2562,02	29,57	76,65	169,40	194,40	2393,05	2477,54	260,21	10263,44	-2,57	1,00	10380	51,84	0,89	180,80	139,51	80000,00	0,00	2390,49	-	-
	Mayo	31	259,32	2390,49	79,22	212,18	243,20	157,60	2345,31	2367,90	259,08	9668,38	8,28	1,00	10726	53,57	0,89	190,39	142,16	80000,00	0,00	2353,59	-	-
	Junio	30	258,94	2353,59	204,50	530,06	282,70	136,00	2638,57	2496,08	260,39	9568,95	14,04	1,00	10380	51,84	0,89	180,27	139,09	80000,00	0,00	2652,61	-	-
	Julio	31	261,92	2652,61	179,22	480,02	255,00	134,70	2887,01	2769,81	263,00	10569,86	12,72	1,00	10726	53,57	0,89	178,65	133,40	80000,00	0,00	2899,73	-	-
	Agosto	31	264,17	2899,73	196,91	527,40	220,90	144,30	3187,99	3043,86	265,42	11322,81	8,67	1,00	10726	53,57	0,89	172,17	128,56	80000,00	0,00	3196,66	-	-
	Septiembre	30	266,73	3196,66	110,71	286,96	217,70	159,50	3255,95	3226,31	266,97	11897,46	6,92	1,00	10380	51,84	0,89	162,86	125,66	80000,00	0,00	3262,88	33,96	-
	Octubre	31	267,00	3228,92	74,99	200,85	224,00	158,50	3194,22	3211,57	266,85	11972,01	7,84	1,00	10726	53,57	0,89	168,58	125,88	80000,00	0,00	3202,06	-	-
	Noviembre	30	266,78	3202,06	61,38	159,10	116,80	151,60	3132,32	3167,19	266,48	11910,58	-4,14	1,00	10380	51,84	0,89	164,03	126,56	80000,00	0,00	3128,18	-	-
	Diciembre	31	266,15	3128,18	28,39	76,04	41,10	166,00	2965,15	3046,66	265,45	11756,36	-14,68	1,00	10726	53,57	0,89	172,09	128,51	80000,00	0,00	2950,47	-	-
2018	Enero	31	264,62	2950,47	39,48	105,74	15,40	205,10	2813,36	2881,91	264,01	11276,17	-21,39	1,00	10726	53,57	0,89	175,88	131,33	80000,00	0,00	2791,96	-	-
	Febrero	28	263,21	2791,96	25,43	61,52	26,80	226,80	2630,26	2711,11	262,46	10750,57	-21,50	1,00	9688	48,38	0,89	162,74	134,54	80000,00	0,00	2608,76	-	-
	Marzo	31	261,50	2608,76	33,41	89,49	38,80	250,80	2445,94	2527,35	260,70	10134,42	-21,48	1,00	10726	53,57	0,89	185,33	138,39	80000,00	0,00	2424,45	-	-
	Abril	30	259,67	2424,45	128,78	333,80	169,40	194,40	2512,37	2468,41	260,12	9896,96	-2,47	1,00	10380	51,84	0,89	181,07	139,72	80000,00	0,00	2509,89	-	-
	Mayo	31	260,54	2509,89	165,89	444,32	243,20	157,60	2704,24	2607,06	261,48	10424,97	8,29	1,00	10726	53,57	0,89	183,00	136,65	80000,00	0,00	2713,16	-	-
	Junio	30	262,49	2713,16	192,83	499,82	282,70	136,00	2977,09	2845,12	263,68	11164,01	16,38	1,00	10380	51,84	0,89	171,07	132,00	80000,00	0,00	2993,47	-	-
	Julio	31	264,99	2993,47	172,61	462,32	255,00	134,70	3217,99	3105,73	265,95	11713,94	14,09	1,00	10726	53,57	0,89	170,82	127,55	80000,00	0,00	3232,08	3,16	-
	Agosto	31	267,00	3228,92	125,13	335,15	220,90	144,30	3328,88	3228,92	267,00	11972,01	9,17	1,00	10726	53,57	0,89	168,21	125,61	80000,00	0,00	3338,05	109,13	-
	Septiembre	30	267,00	3228,92	90,35	234,19	217,70	159,50	3235,51	3228,92	267,00	11972,01	6,97	1,00	10380	51,84	0,89	162,79	125,61	80000,00	0,00	3242,48	13,56	-
	Octubre	31	267,00	3228,92	85,18	228,15	224,00	158,50	3221,81	3225,36	266,97	11963,91	7,84	1,00	10726	53,57	0,89	168,29	125,66	80000,00	0,00	3229,64	0,72	-
	Noviembre	30	267,00	3228,92	55,40	143,60	116,80	151,60	3144,06	3186,49	266,64	11876,67	-4,13	1,00	10380	51,84	0,89	163,64	126,27	80000,00	0,00	3139,93	-	-
	Diciembre	31	266,25	3139,93	47,52	127,28	41,10	166,00	3028,96	3084,44	265,77	11682,93	-14,59	1,00	10726	53,57	0,89	171,28	127,90	80000,00	0,00	3014,37	-	-
2019	Enero	31	265,18	3014,37	38,98	104,40	15,40	205,10	2877,44	2945,90	264,58	11437,62	-21,70	1,00	10726	53,57	0,89	174,36	130,20	80000,00	0,00	2855,74	-	-
	Febrero	28	263,78	2855,74	29,73	71,92	26,80	226,80	2706,06	2780,90	263,10	10955,64	-21,91	1,00	9688	48,38	0,89	161,11	133,19	80000,00	0,00	2684,15	-	-
	Marzo	31	262,21	2684,15	30,33	81,24	38,80	250,80	2515,20	2599,68	261,41	10400,17	-22,05	1,00	10726	53,57	0,89	183,21	136,81	80000,00	0,00	2493,15	-	-
	Abril	30	260,37	2493,15	33,27	86,24	169,40	194,40	2331,78	2412,47	259,55	9727,88	-2,43	1,00	10380	51,84	0,89	182,80	141,05	80000,00	0,00	2329,35	-	-
	Mayo	31	258,69	2329,35	104,68	280,37	243,20	157,60	2351,46	2340,41	258,80	9528,67	8,16	1,00	10726	53,57	0,89	191,29	142,84	80000,00	0,00	2359,62	-	-
	Junio	30	259,00	2359,62	127,55	330,61	282,70	136,00	2442,25	2400,93	259,43	9696,79	14,23	1,00	10380	51,84	0,89	183,16	141,33	80000,00	0,00	2456,48	-	-
	Julio	31	260,00	2456,48	144,44	386,87	255,00	134,70	2590,95	2523,71	260,67	10122,71	12,18	1,00	10726	53,57	0,89	185,42	138,46	80000,00	0,00	2603,13	-	-
	Agosto	31	261,45	2603,13	145,24	389,01	220,90	144,30	2743,99	2673,56	262,11	10635,59	8,15	1,00	10726	53,57	0,89	181,17	135,28	80000,00	0,00	2752,14	-	-
	Septiembre	30	262,85	2752,14	103,72	268,84	217,70	159,50	2783,23	2767,69	262,98	10912,35	6,35	1,00	10380	51,84	0,89	172,94	133,44	80000,00	0,00	2789,58	-	-
	Octubre	31	263,19	2789,58	82,88	221,99	224,00	158,50	2766,17	2777,87	263,08	10948,22	7,17	1,00	10726	53,57	0,89	178,43	133,23	80000,00	0,00	2773,34	-	-
	Noviembre	30	263,04	2773,34	35,15	91,11	116,80	151,60	2624,97	2699,15	262,35	10714,96	-3,73	1,00	10380	51,84	0,89	174,66	134,77	80000,00	0,00	2621,24	-	-
	Diciembre	31	261,62	2621,24	35,28	94,49	41,10	166,00	2463,88	2542,56	260,85	10192,03	-12,73	1,00	10726	53,57	0,89	184,88	138,05	80000,00	0,00	2451,15	-	-
2020	Enero	31	259,95	2451,15	35,33	94,63	15,40	205,10	2288,49	2369,82	259,10	9611,85	-18,23	1,00	10726	53,57	0,89	190,32	142,12	80000,00	0,00	2270,25	-	-
	Febrero	29	258,06	2270,25	30,27	75,84	26,80	226,80	2099,22	2184,74	257,12	9053,35	-18,11	1,00	10034	50,11	0,89	184,23	147,06	80000,00	0,00	2081,11	-	-
	Marzo	31	255,96	2081,11	24,97	66,88	38,80	250,80	1875,46	1978,29	254,76	8415,19	-17,84	1,00	10726	53,57	0,89	205,55	153,49	80000,00	0,00	1857,62	-	-
	Abril	30	253,30	1857,62	40,79	105,73	169,40	194,40	1689,75	1773,69	252,25	7855,42	-1,96	1,00	10380	51,84	0,89	208,79	161,10	80000,00	0,00	1687,79	-	-
	Mayo	31	251,14	1687,79	127,76	342,19	243,20	157,60	1743,97	1715,88	251,50	7655,10	6,55	1,00	10726	53,57	0,89	219,04	163,56	80000,00	0,00	1750,52	-	-
	Junio	30	251,95	1750,52	176,81	458,29	282,70	136,00	1938,85	1844,68	253,14	8063,81	11,83	1,00	10380	51,84	0,89	205,16	158,30	80000,00	0,00	1950,67	-	-
	Julio	31	254,43	1950,67	162,47	435,16	255,00	134,70	2115,73	2033,2	255,40	8580,15	10,32	1,00	10726	53,57	0,89	203,13	151,68	80000,00	0,00	2126,05	-	-
	Agosto	31	25																					

Año	Mes	Días	Cota msnm	Volumen Inicial Hm³	Aportes			Precipitación y Evaporación					Extracciones							Volumen Final Hm³	Condiciones Límites				
					Qm m³/s	Vm Hm³	Prec mm	Ev mm	Vr* Hm³	Vm Hm³	Cota msnm	Área Ha	V Hm³	Qacued m³/s	Vriego m³ *10³	V valvulas Hm³	Turbinas				Alivio Hm³	Falla			
																	Efic	V Hm³	Q m³/s				Potencia	Δ	
2022	Enero	31	252,08	1725,23	18,36	49,18	15,40	205,10	1483,63	1604,43	250,46	7288,55	-13,83	1,00	10726	53,57	0,89	223,80	167,12	80000,00	0,00	1469,80	-	-	
	Febrero	28	248,57	1469,80	15,87	38,39	26,80	226,80	1228,18	1348,99	246,77	6570,80	-13,14	1,00	9688	48,38	0,89	219,52	181,49	80000,00	0,00	1215,04	-	-	
	Marzo	31	244,68	1215,04	29,97	80,27	38,80	250,80	1174,77	1194,91	244,35	6142,25	-13,02	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1161,75	-	FALLA
	Abril	30	243,81	1161,75	58,68	152,10	169,40	194,40	1197,20	1179,47	244,10	6090,34	-1,52	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1195,67	-	FALLA
	Mayo	31	244,37	1195,67	101,03	270,60	243,20	157,60	1345,73	1270,70	245,56	6375,12	5,46	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1351,19	-	FALLA
	Junio	30	246,81	1351,19	165,19	428,17	282,70	136,00	1485,00	1418,09	247,81	6749,90	9,90	1,00	10380	51,84	0,89	229,55	177,12	80000,00	0,00	1494,90	-	-	
	Julio	31	248,93	1494,90	157,55	421,98	255,00	134,70	1623,10	1559,00	249,83	7175,04	8,63	1,00	10726	53,57	0,89	226,81	169,37	80000,00	0,00	1631,73	-	-	
	Agosto	31	250,84	1631,73	116,33	311,58	220,90	144,30	1654,99	1643,36	250,99	7395,22	5,66	1,00	10726	53,57	0,89	221,34	165,28	80000,00	0,00	1660,66	-	-	
	Septiembre	30	251,23	1660,66	80,32	208,19	217,70	159,50	1588,72	1624,69	250,74	7343,68	4,27	1,00	10380	51,84	0,89	215,32	166,14	80000,00	0,00	1592,99	-	-	
	Octubre	31	250,31	1592,99	68,71	184,03	224,00	158,50	1481,77	1537,38	249,53	7119,32	4,66	1,00	10726	53,57	0,89	228,29	170,46	80000,00	0,00	1486,43	-	-	
	Noviembre	30	248,81	1486,43	53,40	138,41	116,80	151,60	1329,68	1408,06	247,66	6722,52	-2,34	1,00	10380	51,84	0,89	230,35	177,74	80000,00	0,00	1327,35	-	-	
	Diciembre	31	246,45	1327,35	44,62	119,51	41,10	166,00	1326,32	1326,83	246,43	6516,46	-8,14	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1318,18	-	FALLA
2023	Enero	31	246,30	1318,18	10,67	28,58	15,40	205,10	1226,21	1272,2	245,59	6380,50	-12,10	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1214,11	-	FALLA
	Febrero	28	244,67	1214,11	8,10	19,60	26,80	226,80	1124,83	1169,47	243,94	6064,49	-12,13	1,00	9688	96,77	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1112,70	-	FALLA
	Marzo	31	243,00	1112,70	15,65	41,92	38,80	250,80	1034,08	1073,39	242,33	5825,87	-12,35	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1021,73	-	FALLA
	Abril	30	241,43	1021,73	57,21	148,29	169,40	194,40	1053,36	1037,55	241,70	5711,85	-1,43	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1051,94	-	FALLA
	Mayo	31	241,96	1051,94	115,33	308,90	243,20	157,60	1240,3	1146,12	243,55	6028,93	5,16	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1245,46	-	FALLA
	Junio	30	245,17	1245,46	227,65	590,07	282,70	136,00	1539,08	1392,27	247,42	6679,98	9,80	1,00	10380	51,84	0,89	231,63	178,73	80000,00	0,00	1548,88	-	-	
	Julio	31	249,69	1548,88	163,67	438,37	255,00	134,70	1697,7	1623,29	250,72	7339,65	8,83	1,00	10726	53,57	0,89	222,59	166,21	80000,00	0,00	1706,53	-	-	
	Agosto	31	251,84	1706,53	150,96	404,33	220,90	144,30	1829,76	1768,14	252,63	7814,04	5,99	1,00	10726	53,57	0,89	214,13	159,89	80000,02	###	1835,74	-	-	
	Septiembre	30	253,49	1835,74	117,92	305,65	217,70	159,50	1873,71	1854,73	253,72	8055,23	4,69	1,00	10380	51,84	0,89	202,87	156,54	80000,00	0,00	1878,40	-	-	
	Octubre	31	254,02	1878,40	111,96	299,87	224,00	158,50	1933,45	1890,92	254,17	8147,10	5,34	1,00	10726	53,57	0,89	207,85	155,20	80000,00	0,00	1908,79	-	-	
	Noviembre	30	254,39	1908,79	95,40	247,28	116,80	151,60	1890,49	1899,64	254,27	8168,24	-2,84	1,00	10380	51,84	0,89	200,76	154,91	80000,00	0,00	1887,65	-	-	
	Diciembre	31	254,13	1887,65	35,63	95,43	41,10	166,00	1703,45	1795,55	252,98	7893,71	-9,86	1,00	10726	53,57	0,89	212,66	158,80	80000,25	###	1693,59	-	-	
2024	Enero	31	251,67	1693,59	25,10	67,23	15,40	205,10	1468,52	1581,06	250,14	7228,92	-13,71	1,00	10726	53,57	0,89	225,32	168,25	80000,00	0,00	1454,81	-	-	
	Febrero	29	248,35	1454,81	23,67	59,31	26,80	226,80	1223,29	1339,05	246,62	6546,43	-13,09	1,00	10034	50,11	0,89	228,18	182,14	80000,00	0,00	1210,19	-	-	
	Marzo	31	244,60	1210,19	32,06	85,87	38,80	250,80	1175,52	1192,86	244,32	6136,09	-13,01	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1162,51	-	FALLA
	Abril	30	243,83	1162,51	61,33	158,97	169,40	194,40	1204,83	1183,67	244,17	6105,01	-1,53	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1203,30	-	FALLA
	Mayo	31	244,49	1203,30	139,33	373,18	243,20	157,60	1455,94	1329,62	246,48	6524,25	5,58	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1461,53	-	FALLA
	Junio	30	248,45	1461,53	233,72	605,80	282,70	136,00	1787,16	1624,34	250,73	7341,66	10,77	1,00	10380	51,84	0,89	215,36	166,17	80000,00	0,00	1797,93	-	-	
	Julio	31	253,01	1797,93	170,86	457,63	255,00	134,70	1980,66	1889,29	254,15	8142,90	9,80	1,00	10726	53,57	0,89	207,92	155,26	80000,00	0,00	1990,46	-	-	
	Agosto	31	255,37	1990,46	135,11	361,88	220,90	144,30	2084,15	2037,31	255,92	8588,23	6,58	1,00	10726	53,57	0,89	201,21	150,25	80000,00	0,00	2090,73	-	-	
	Septiembre	30	256,54	2090,73	131,32	340,38	217,70	159,50	2175,35	2133,04	257,01	8888,51	5,17	1,00	10380	51,84	0,89	190,96	147,34	80000,00	0,00	2180,52	-	-	
	Octubre	31	257,55	2180,52	103,26	276,57	224,00	158,50	2194,90	2187,71	257,62	9062,00	5,94	1,00	10726	53,57	0,89	195,22	145,77	80000,00	0,00	2200,84	-	-	
	Noviembre	30	257,77	2200,84	86,67	224,65	116,80	151,60	2171,72	2186,28	257,61	9059,09	-3,15	1,00	10380	51,84	0,89	188,95	145,80	80000,00	0,00	2168,57	-	-	
	Diciembre	31	257,42	2168,57	77,18	206,72	41,10	166,00	2111,27	2139,92	257,09	8910,80	-11,13	1,00	10726	53,57	0,89	197,04	147,13	80000,00	0,00	2100,14	-	-	
2025	Enero	31	256,65	2100,14	19,78	52,98	15,40	205,10	1882,95	1991,54	255,38	8433,93	-16,00	1,00	10726	53,57	0,89	203,20	151,74	80000,00	0,00	1866,95	-	-	
	Febrero	28	253,88	1866,95	23,01	55,67	26,80	226,80	1668,68	1767,81	252,62	7811,70	-15,62	1,00	9688	48,38	0,89	193,44	159,92	80000,00	0,00	1653,05	-	-	
	Marzo	31	251,12	1653,05	25,00	66,96	38,80	250,80	1424,85	1538,95	249,55	7123,25	-15,10	1,00	10726	53,57	0,89	228,19	170,39	80000,00	0,00	1409,75	-	-	
	Abril	30	247,69	1409,75	43,78	113,48	169,40	194,40	1220,25	1315	246,25	6488,98	-1,62	1,00	10380	51,84	0,89	238,17	183,77	80000,00	0,00	1218,63	-	-	
	Mayo	31	244,74	1218,63	56,25	150,66	243,20	157,60	1248,75	1233,69	244,98	6267,29	5,36	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1254,11	-	FALLA
	Junio	30	245,31	1254,11	135,65	351,60	282,70	136,00	1299,25	1276,68	245,66	6393,00	9,38	1,00	10380	51,84	0,89	241,66	186,46	80000,00	0,00	1308,62	-	-	
	Julio	31	246,16	1308,62	117,02	313,43	255,00	134,70	1308,37	1308,5	246,15	6474,09	7,79	1,00	10726	53,57	0,89	246,71	184,22	80000,00	0,00	1316,16	-	-	
	Agosto	31	246,27	1316,16	110,82	296,82	220,90	144,30	1299,23	1307,7	246,14	6472,62	4,96	1,00	10726	53,57	0,89	246,77	184,27	80000,00	0,00	1304,19	-	-	
	Septiembre	30	246,09	1304,19	143,04	370,76	217,70	159,50	1374,09	1339,14	246,62	6546,43	3,81	1,00	10380	51,84	0,89	236,05	182,14	80000,00	0,00	1377,90	-	-	
	Octubre	31	247,21	1377,90	121,08	324,30	224,00	158,50	1395,43	1386,66	247,34	6666,16	4,37	1,00	10726	53,57	0,89	239,80	179,06	80000,00	0,00	1399,80	-	-	
	Noviembre	30	247,54	1399,80	43,52	112,80	116,80	151,60	1208,63	1304,21	246,08	6463,84	-2,25	1,00	10380	51,84	0,89	239,16	184,54	80000,00	0,00	1206,38	-	-	
	Diciembre	31	244,54	1206,38	56,30	150,79	41,10	166,00	1236,63	1221,5	244,78	6228,48	-7,78	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	###	1228,85	-	FALLA

Año	Mes	Días	Cota msnm	Volumen Inicial Hm³	Aportes			Precipitación y Evaporación					Extracciones							Volumen Final Hm³	Condiciones Límites			
					Qm m³/s	Vm Hm³	Prec mm	Ev mm	Vp* Hm³	Vm Hm³	Cota msnm	Área Ha	V Hm³	Qacued m³/s	Vriego m³*10³	V valvulas Hm³	Turbinas				Alivio Hm³	Falla		
																	Efic	V Hm³	Q m³/s				Potencia	Δ
2026	Enero	31	244,90	1228,85	36,44	97,60	15,40	205,10	1205,91	1217,38	244,72	6216,68	-11,79	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1194,12	-	FALLA
	Febrero	28	244,34	1194,12	23,53	56,92	26,80	226,80	1142,17	1168,14	243,91	6061,98	-12,12	1,00	9688	96,77	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1130,04	-	FALLA
	Marzo	31	243,29	1130,04	43,83	117,39	38,80	250,80	1126,90	1128,47	243,26	5998,40	-12,72	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1114,18	-	FALLA
	Abril	30	243,02	1114,18	164,11	425,37	169,40	194,40	1422,90	1268,54	245,53	6369,71	-1,59	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1421,31	-	FALLA
	Mayo	31	247,86	1421,31	124,99	334,77	243,20	157,60	1453,42	1437,36	248,09	6808,18	5,83	1,00	10726	53,57	0,89	235,69	175,99	80000,00	0,00	1459,25	-	-
	Junio	30	248,42	1459,25	198,65	514,90	282,70	136,00	1690,86	1575,05	250,05	7212,80	10,58	1,00	10380	51,84	0,89	218,48	168,58	80002,26	###	1701,44	-	-
	Julio	31	251,77	1701,44	232,85	623,67	255,00	134,70	2049,54	1875,49	253,98	8107,77	9,75	1,00	10726	53,57	0,89	208,60	155,76	80000,00	0,00	2059,29	-	-
	Agosto	31	256,18	2059,29	165,23	442,55	220,90	144,30	2238,18	2148,73	257,19	8938,87	6,85	1,00	10726	53,57	0,89	196,69	146,87	79999,96	0,04	2245,02	-	-
	Septiembre	30	258,25	2245,02	133,62	346,34	217,70	159,50	2341,34	2293,18	258,77	9399,64	5,47	1,00	10380	51,84	0,89	185,22	142,91	80000,00	0,00	2346,81	-	-
	Octubre	31	259,34	2346,81	99,46	266,39	224,00	158,50	2356,80	2351,81	259,38	9569,24	6,27	1,00	10726	53,57	0,89	189,43	141,45	79999,92	0,08	2363,07	-	-
	Noviembre	30	259,51	2363,07	85,22	220,89	116,80	151,60	2335,77	2349,42	259,36	9563,87	-3,33	1,00	10380	51,84	0,89	183,38	141,50	79999,92	0,08	2332,44	-	-
	Diciembre	31	259,19	2332,44	38,15	102,18	41,10	166,00	2174,85	2253,65	258,34	9273,08	-11,58	1,00	10726	53,57	0,89	192,80	143,97	79999,88	0,12	2163,27	-	-
2027	Enero	31	257,83	2163,27	50,58	135,47	15,40	205,10	2034,76	2099,02	257,10	8779,32	-16,65	1,00	10726	53,57	0,89	197,01	147,11	80000,00	0,00	2018,11	-	-
	Febrero	28	256,17	2018,11	35,18	85,11	26,80	226,80	1858,64	1938,38	255,22	8248,79	-16,50	1,00	9688	48,38	0,89	184,08	152,18	80000,00	0,00	1842,15	-	-
	Marzo	31	254,04	1842,15	137,72	368,87	38,80	250,80	1937,99	1890,07	254,63	8106,13	-17,19	1,00	10726	53,57	0,89	206,05	153,86	80000,37	###	1920,81	-	-
	Abril	30	255,01	1920,81	227,11	588,67	169,40	194,40	2253,57	2087,19	256,97	8742,06	-2,19	1,00	10380	51,84	0,89	191,09	147,45	80000,01	###	2251,39	-	-
	Mayo	31	258,80	2251,39	182,12	487,79	243,20	157,60	2484,79	2368,09	260,02	9637,64	8,25	1,00	10726	53,57	0,89	187,42	139,95	80000,00	0,00	2493,04	-	-
	Junio	30	261,29	2493,04	179,39	464,98	282,70	136,00	2718,6	2605,82	262,37	10565,35	15,50	1,00	10380	51,84	0,89	174,61	134,73	80000,00	0,00	2734,10	-	-
	Julio	31	263,57	2734,10	154,28	413,22	255,00	134,70	2905,32	2819,71	264,33	11242,05	13,52	1,00	10726	53,57	0,89	175,02	130,69	80000,00	0,00	2918,85	-	-
	Agosto	31	265,21	2918,85	141,14	378,03	220,90	144,30	3058,73	2988,79	265,81	11554,66	8,85	1,00	10726	53,57	0,89	171,18	127,82	80000,00	0,00	3067,58	-	-
	Septiembre	30	266,49	3067,58	94,32	244,48	217,70	159,50	3083,41	3075,5	266,56	11712,87	6,82	1,00	10380	51,84	0,89	163,83	126,41	80000,00	0,00	3090,23	-	-
	Octubre	31	266,69	3090,23	98,68	264,30	224,00	158,50	3118,86	3104,54	266,80	11774,06	7,71	1,00	10726	53,57	0,89	168,70	125,97	80000,00	0,00	3126,57	-	-
	Noviembre	30	266,99	3126,57	53,96	139,86	116,80	151,60	3037,91	3082,24	266,61	11725,36	-4,08	1,00	10380	51,84	0,89	163,71	126,32	80000,00	0,00	3033,83	-	-
	Diciembre	31	266,20	3033,83	45,77	122,59	41,10	166,00	2917,99	2975,91	265,70	11536,75	-14,41	1,00	10726	53,57	0,89	171,46	128,03	80000,00	0,00	2903,58	-	-
2028	Enero	31	265,07	2903,58	72,69	194,69	15,40	205,10	2857,70	2880,64	264,87	11387,88	-21,60	1,00	10726	53,57	0,89	173,60	129,63	80000,00	0,00	2836,10	-	-
	Febrero	29	264,48	2836,10	59,62	149,38	26,80	226,80	2758,60	2797,35	264,13	11184,20	-22,37	1,00	10034	50,11	0,89	164,23	131,09	80000,00	0,00	2736,23	-	-
	Marzo	31	263,58	2736,23	29,86	79,98	38,80	250,80	2570,05	2653,14	262,81	10715,27	-22,72	1,00	10726	53,57	0,89	179,18	133,80	80000,00	0,00	2547,34	-	-
	Abril	30	261,82	2547,34	92,85	240,67	169,40	194,40	2547,03	2547,18	261,81	10369,38	-2,59	1,00	10380	51,84	0,89	176,17	135,93	80000,00	0,00	2544,43	-	-
	Mayo	31	261,79	2544,43	115,29	308,79	243,20	157,60	2604,97	2574,70	262,07	10457,36	8,95	1,00	10726	53,57	0,89	181,29	135,37	79999,99	0,01	2613,92	-	-
	Junio	30	262,45	2613,92	136,22	353,08	282,70	136,00	2729,27	2671,60	262,99	10773,71	15,81	1,00	10380	51,84	0,89	172,91	133,42	80000,00	0,00	2745,08	-	-
	Julio	31	263,66	2745,08	169,03	452,73	255,00	134,70	2956,56	2850,82	264,61	11319,56	13,62	1,00	10726	53,57	0,89	174,28	130,14	80000,00	0,00	2970,17	-	-
	Agosto	31	265,65	2970,17	236,21	632,66	220,90	144,30	3367,65	3127,19	267,00	11827,07	9,06	1,00	10726	53,57	0,89	168,21	125,61	80000,00	0,00	3376,71	249,52	-
	Septiembre	30	267,00	3127,19	141,17	365,91	217,70	159,50	3265,50	3127,19	267,00	11827,07	6,88	1,00	10380	51,84	0,89	162,79	125,61	80000,00	0,00	3272,39	145,20	-
	Octubre	31	267,00	3127,19	98,50	263,82	224,00	158,50	3155,83	3127,19	267,00	11827,07	7,75	1,00	10726	53,57	0,89	168,21	125,61	80000,00	0,00	3163,57	36,38	-
	Noviembre	30	267,00	3127,19	40,97	106,19	116,80	151,60	3004,52	3065,86	266,47	11690,79	-4,07	1,00	10380	51,84	0,89	164,05	126,58	80000,00	0,00	3000,45	-	-
	Diciembre	31	265,92	3000,45	42,41	113,59	41,10	166,00	2874,77	2937,61	265,37	11482,54	-14,34	1,00	10726	53,57	0,89	172,30	128,66	80000,00	0,00	2860,43	-	-
2029	Enero	31	264,70	2860,43	38,86	104,08	15,40	205,10	2721,82	2791,13	264,07	11166,45	-21,18	1,00	10726	53,57	0,89	175,72	131,21	80000,00	0,00	2700,64	-	-
	Febrero	28	263,26	2700,64	36,81	89,05	26,80	226,80	2566,9	2633,77	262,63	10655,15	-21,31	1,00	9688	48,38	0,89	162,30	134,18	80000,00	0,00	2545,59	-	-
	Marzo	31	261,80	2545,59	24,38	65,30	38,80	250,80	2359,12	2452,36	260,88	10018,61	-21,24	1,00	10726	53,57	0,89	184,79	137,98	80000,00	0,00	2337,88	-	-
	Abril	30	259,71	2337,88	33,60	87,09	169,40	194,40	2175,2	2256,54	258,85	9303,68	-2,33	1,00	10380	51,84	0,89	184,96	142,72	80000,00	0,00	2172,87	-	-
	Mayo	31	257,94	2172,87	48,00	128,56	243,20	157,60	2037,7	2105,29	257,18	8802,32	7,53	1,00	10726	53,57	0,89	196,76	146,93	80012,82	###	2045,24	-	-
	Junio	30	256,49	2045,24	129,42	335,46	282,70	136,00	2124,69	2084,96	256,94	8733,36	12,81	1,00	10380	51,84	0,89	191,19	147,52	80000,19	###	2137,50	-	-
	Julio	31	257,54	2137,50	124,82	334,32	255,00	134,70	2210,74	2174,12	257,95	9031,61	10,87	1,00	10726	53,57	0,89	194,10	144,94	80000,00	0,00	2221,61	-	-
	Agosto	31	258,47	2221,61	154,61	414,11	220,90	144,30	2379,09	2300,35	259,31	9435,17	7,23	1,00	10726	53,57	0,89	189,65	141,61	80000,00	0,00	2386,32	-	-
	Septiembre	30	260,22	2386,32	121,93	316,04	217,70	159,50	2457,85	2422,08	260,58	9893,25	5,76	1,00	10380	51,84	0,89	179,71	138,66	80000,00	0,00	2463,60	-	-
	Octubre	31	261,00	2463,60	79,46	212,83	224,00	158,50	2424,43	2444,02	260,80	9985,97	6,54	1,00	10726	53,57	0,89	185,03	138,16	80000,00	0,00	2430,97	-	-
	Noviembre	30	260,67	2430,97	67,67	175,40	116,80	151,60	2361,05	2396,01	260,31	9773,52	-3,40	1,00	10380	51,84	0,89	180,50	139,28	80000,00	0,00	2357,65	-	-
	Diciembre	31	259,92	2357,65	28,71	76,90	41,10	166,00	2176,8	2267,23	258,96	9337,40	-11,66	1,00	10726	53,57	0,89	190,77	142,45	80000,27	###	2165,14	-	-

Año	Mes	Días	Cota msnm	Volumen Inicial Hm³	Aportes			Precipitación y Evaporación						Extracciones							Volumen Final Hm³	Condiciones Límites		
					Qm m³/s	Vm Hm³	Prec mm	Ev mm	Vr* Hm³	Vm Hm³	Cota msnm	Área Ha	V Hm³	Qacued m³/s	Vriego m³*10³	V valvulas Hm³	Turbinas					Alivio Hm³	Falla	
																	Efic	V Hm³	Q m³/s	Potencia				Δ
2030	Enero	31	257,85	2165,14	62,33	166,94	15,40	205,10	2068,83	2116,99	257,31	8840,02	-16,77	1,00	10726	53,57	0,89	196,28	146,56	80000,00	0,00	2052,06	-	-
	Febrero	28	256,57	2052,06	36,86	89,17	26,80	226,80	1898,14	1975,10	255,66	8372,70	-16,75	1,00	9688	48,38	0,89	182,60	150,96	80000,00	0,00	1881,40	-	-
	Marzo	31	254,53	1881,40	54,61	146,27	38,80	250,80	1750,98	1816,19	253,70	7914,75	-16,78	1,00	10726	53,57	0,89	209,72	156,60	80000,00	0,00	1734,20	-	-
	Abril	30	252,66	1734,20	81,16	210,37	169,40	194,40	1670,92	1702,56	252,24	7588,08	-1,90	1,00	10380	51,84	0,89	208,83	161,13	80000,00	0,00	1669,02	-	-
	Mayo	31	251,80	1669,02	102,05	273,33	243,20	157,60	1657,32	1663,17	251,72	7451,74	6,38	1,00	10726	53,57	0,89	218,06	162,83	80000,00	0,00	1663,70	-	-
	Junio	30	251,73	1663,70	166,19	430,76	282,70	136,00	1823,01	1743,35	252,77	7713,57	11,32	1,00	10380	51,84	0,89	206,65	159,45	80000,05	###	1834,32	-	-
	Julio	31	253,94	1834,32	166,24	445,26	255,00	134,70	2008,01	1921,16	255,01	8191,32	9,85	1,00	10726	53,57	0,89	204,60	152,78	80000,00	0,00	2017,86	-	-
	Agosto	31	256,17	2017,86	147,59	395,31	220,90	144,30	2148,56	2083,21	256,92	8727,57	6,69	1,00	10726	53,57	0,89	197,63	147,58	80000,00	0,00	2155,25	-	-
	Septiembre	30	257,74	2155,25	102,76	266,35	217,70	159,50	2168,49	2161,87	257,81	8988,85	5,23	1,00	10380	51,84	0,89	188,30	145,29	80000,00	0,00	2173,72	-	-
	Octubre	31	257,95	2173,72	100,64	269,55	224,00	158,50	2182,34	2178,03	257,99	9043,91	5,92	1,00	10726	53,57	0,89	193,97	144,84	80000,00	0,00	2188,26	-	-
	Noviembre	30	258,11	2188,26	84,84	219,91	116,80	151,60	2155,42	2171,84	257,92	9022,41	-3,14	1,00	10380	51,84	0,89	187,94	145,01	80000,00	0,00	2152,28	-	-
	Diciembre	31	257,71	2152,28	37,83	101,32	41,10	166,00	1988,50	2070,39	256,78	8687,29	-10,85	1,00	10726	53,57	0,89	198,13	147,94	80000,00	0,00	1977,65	-	-
2031	Enero	31	255,70	1977,65	20,85	55,84	15,40	205,10	1759,42	1868,54	254,36	8048,05	-15,27	1,00	10726	53,57	0,89	207,10	154,64	80000,00	0,00	1744,16	-	-
	Febrero	28	252,79	1744,16	29,79	72,07	26,80	226,80	1558,1	1651,13	251,55	7406,97	-14,81	1,00	9688	48,38	0,89	197,64	163,39	80000,00	0,00	1543,28	-	-
	Marzo	31	250,07	1543,28	69,87	187,14	38,80	250,80	1433,97	1488,63	249,29	6960,98	-14,76	1,00	10726	53,57	0,89	229,48	171,36	80000,54	###	1419,21	-	-
	Abril	30	248,28	1419,21	158,18	410,00	169,40	194,40	1541,74	1480,48	249,17	6935,66	-1,73	1,00	10380	51,84	0,89	222,66	171,81	80000,00	0,00	1540,01	-	-
	Mayo	31	250,02	1540,01	117,55	314,85	243,20	157,60	1562,73	1551,37	250,18	7116,53	6,09	1,00	10726	53,57	0,89	225,15	168,12	80006,02	###	1568,83	-	-
	Junio	30	250,43	1568,83	144,97	375,76	282,70	136,00	1666,06	1617,44	251,10	7294,01	10,70	1,00	10380	51,84	0,89	213,72	164,90	80000,00	0,00	1676,76	-	-
	Julio	31	251,90	1676,76	140,28	375,73	255,00	134,70	1770,92	1723,84	252,52	7655,67	9,21	1,00	10726	53,57	0,89	214,59	160,24	80000,00	0,00	1780,13	-	-
	Agosto	31	253,25	1780,13	139,41	373,40	220,90	144,30	1877,48	1828,8	253,86	7946,47	6,09	1,00	10726	53,57	0,89	209,07	156,12	80000,00	0,00	1883,57	-	-
	Septiembre	30	254,55	1883,57	143,94	373,09	217,70	159,50	1994,65	1939,11	255,23	8251,56	4,80	1,00	10380	51,84	0,89	197,19	152,16	80000,00	0,00	1999,46	-	-
	Octubre	31	255,95	1999,46	133,39	357,27	224,00	158,50	2090,56	2045,01	256,48	8602,59	5,63	1,00	10726	53,57	0,89	199,19	148,74	80000,00	0,00	2096,20	-	-
	Noviembre	30	257,08	2096,20	78,86	204,41	116,80	151,60	2044,02	2070,11	256,77	8684,43	-3,02	1,00	10380	51,84	0,89	191,77	147,97	80000,00	0,00	2041,00	-	-
	Diciembre	31	256,44	2041,00	30,54	81,80	41,10	166,00	1852,4	1946,7	255,32	8276,54	-10,34	1,00	10726	53,57	0,89	203,43	151,90	80000,00	0,00	1842,06	-	-
2032	Enero	31	254,51	1842,06	15,72	42,10	15,40	205,10	1604,53	1723,30	252,98	7627,11	-14,47	1,00	10726	53,57	0,89	212,66	158,80	80000,00	0,00	1590,06	-	-
	Febrero	29	251,19	1590,06	10,67	26,73	26,80	226,80	1340,03	1465,05	249,41	6875,01	-13,75	1,00	10034	50,11	0,89	214,11	170,91	80000,00	0,00	1326,28	-	-
	Marzo	31	247,33	1326,28	19,59	52,47	38,80	250,80	1059,16	1192,72	245,20	6116,81	-12,97	1,00	10726	53,57	0,89	252,62	188,64	80000,00	0,00	1046,19	-	-
	Abril	30	242,73	1046,19	59,45	154,09	169,40	194,40	1083,63	1064,91	243,05	5798,41	-1,45	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1082,18	-	FALLA
	Mayo	31	243,35	1082,18	77,12	206,56	243,20	157,60	1168,20	1125,19	244,08	5897,59	5,05	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1173,25	-	FALLA
	Junio	30	244,89	1173,25	143,90	372,99	282,70	136,00	1238,25	1205,75	245,41	6154,27	9,03	1,00	10380	51,84	0,89	243,18	187,64	80000,00	0,00	1247,28	-	-
	Julio	31	246,09	1247,28	182,76	489,50	255,00	134,70	1431,01	1339,15	247,52	6486,60	7,80	1,00	10726	53,57	0,89	238,80	178,31	80000,00	0,00	1438,82	-	-
	Agosto	31	249,03	1438,82	108,12	289,59	220,90	144,30	1430,29	1434,55	248,96	6784,00	5,20	1,00	10726	53,57	0,89	231,15	172,60	80000,00	0,00	1435,48	-	-
	Septiembre	30	248,98	1435,48	145,75	377,78	217,70	159,50	1528,11	1481,80	249,65	6917,00	4,03	1,00	10380	51,84	0,89	220,35	170,02	80000,00	0,00	1532,13	-	-
	Octubre	31	250,38	1532,13	90,15	241,46	224,00	158,50	1480,63	1506,38	250,00	6968,62	4,56	1,00	10726	53,57	0,89	225,99	168,75	80000,00	0,00	1485,19	-	-
	Noviembre	30	249,70	1485,19	75,73	196,29	116,80	151,60	1393,33	1439,26	249,03	6797,57	-2,37	1,00	10380	51,84	0,89	223,35	172,33	80000,00	0,00	1390,96	-	-
	Diciembre	31	248,32	1390,96	48,77	130,63	41,10	166,00	1212,55	1301,75	246,94	6390,92	-7,98	1,00	10726	53,57	0,89	242,06	180,75	80000,00	0,00	1204,57	-	-
2033	Enero	31	245,40	1204,57	29,48	78,96	15,40	205,10	1162,98	1183,78	245,05	6089,35	-11,55	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1151,43	-	FALLA
	Febrero	28	244,52	1151,43	18,37	44,44	26,80	226,80	1087	1119,22	243,98	5879,79	-11,76	1,00	9688	96,77	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1075,24	-	FALLA
	Marzo	31	243,23	1075,24	16,71	44,76	38,80	250,80	999,455	1037,35	242,57	5705,98	-12,10	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	987,36	-	FALLA
	Abril	30	241,68	987,36	32,15	83,33	169,40	194,40	954,039	970,699	241,37	5503,05	-1,38	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	###	952,66	-	FALLA
	Mayo	31	241,05	952,66	97,97	262,40	243,20	157,60	1094,53	1023,59	242,32	5651,10	4,84	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1099,36	-	FALLA
	Junio	30	243,64	1099,36	191,43	496,19	282,70	136,00	1286,26	1192,81	245,20	6116,81	8,97	1,00	10380	51,84	0,89	244,47	188,64	80000,00	0,00	1295,24	-	-
	Julio	31	246,84	1295,24	116,20	311,23	255,00	134,70	1296,91	1296,08	246,85	6376,44	7,67	1,00	10726	53,57	0,89	242,58	181,14	80000,00	0,00	1304,58	-	-
	Agosto	31	246,99	1304,58	83,60	223,91	220,90	144,30	1215,6	1260,09	246,28	6291,18	4,82	1,00	10726	53,57	0,89	245,93	183,64	80000,00	0,00	1220,42	-	-
	Septiembre	30	245,65	1220,42	85,56	221,77	217,70	159,50	1325,53	1272,98	246,49	6321,28	3,68	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1329,21	-	-
	Octubre	31	247,37	1329,21	96,51	258,49	224,00	158,50	1278,9	1304,06	246,98	6397,45	4,19	1,00	10726	53,57	0,89	241,84	180,58	80000,00	0,00	1283,09	-	-
	Noviembre	30	246,65	1283,09	53,80	139,45	116,80	151,60	1113,81	1198,45	245,29	6133,00	-2,13	1,00	10380	51,84	0,89	243,92	188,21	80000,00	0,00	1111,68	-	-
	Diciembre	31	243,85	1111,68	53,11	142,25	41,10	166,00	1133,39	1122,53	244,03	5887,04	-7,35	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1126,03	-	FALLA

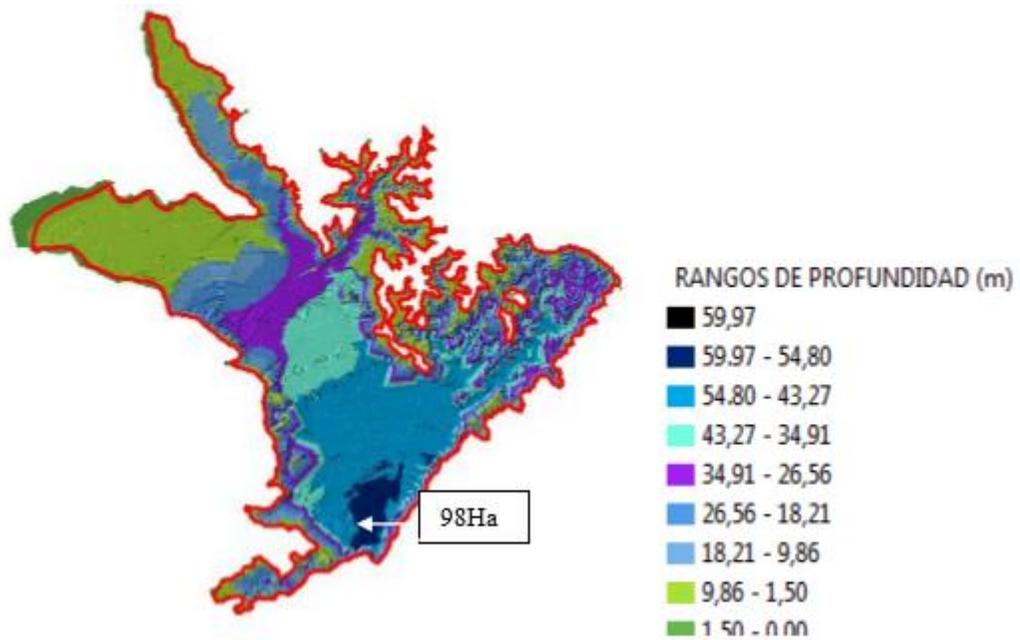
Año	Mes	Días	Cota msnm	Volumen Inicial Hm³	Aportes			Precipitación y Evaporación					Extracciones							Volumen Final Hm³	Condiciones Límites			
					Qm m³/s	Vm Hm³	Prec mm	Ev mm	Vf* Hm³	Vm Hm³	Cota msnm	Área Ha	V Hm³	Qacued m³/s	Vriego m³*10³	V valvulas Hm³	Turbinas				Alivio Hm³	Falla		
																	Efic	V Hm³	Q m³/s				Potencia	Δ
2034	Enero	31	244,10	1126,03	26,77	71,70	15,40	205,10	1077,19	1101,61	243,68	5858,46	-11,11	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1066,08	-	FALLA
	Febrero	28	243,07	1066,08	16,16	39,09	26,80	226,80	996,30	1031,19	242,46	5682,23	-11,36	1,00	9688	96,77	0,89	0,00	0,00	0,00	###	984,93	-	FALLA
	Marzo	31	241,64	984,93	26,69	71,49	38,80	250,80	935,88	960,41	241,19	5479,77	-11,62	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	924,26	-	FALLA
	Abril	30	240,53	924,26	23,94	62,05	169,40	194,40	869,66	896,96	240,01	5332,54	-1,33	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	###	868,33	-	FALLA
	Mayo	31	239,48	868,33	29,85	79,95	243,20	157,60	827,74	848,04	239,08	5085,66	4,35	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	832,09	-	FALLA
	Junio	30	238,77	832,09	101,83	263,94	282,70	136,00	979,39	905,74	240,18	5355,04	7,86	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	###	987,24	-	FALLA
	Julio	31	241,68	987,24	136,13	364,61	255,00	134,70	1231,31	1109,28	243,81	5868,28	7,06	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1238,37	-	FALLA
	Agosto	31	245,94	1238,37	120,92	323,87	220,90	144,30	1247,71	1243,04	246,01	6254,70	4,79	1,00	10726	53,57	0,89	247,56	184,86	80000,00	0,00	1252,50	-	-
	Septiembre	30	246,17	1252,50	82,34	213,43	217,70	159,50	1157,88	1205,19	245,40	6152,51	3,58	1,00	10380	51,84	0,89	243,24	187,68	80000,00	0,00	1161,46	-	-
	Octubre	31	244,69	1161,46	120,05	321,54	224,00	158,50	1159,93	1160,70	244,67	6017,15	3,94	1,00	10726	53,57	0,89	256,10	191,23	0,00	###	1163,87	-	FALLA
	Noviembre	30	244,73	1163,87	52,40	135,82	116,80	151,60	976,60	1070,23	243,14	5808,26	-2,02	1,00	10380	51,84	0,89	258,28	199,29	0,00	###	974,58	-	FALLA
	Diciembre	31	241,45	974,58	39,48	105,74	41,10	166,00	959,78	967,18	241,31	5495,39	-6,86	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	952,91	-	FALLA
2035	Enero	31	241,06	952,91	34,93	93,56	15,40	205,10	925,93	939,422	240,80	5431,70	-10,30	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	915,63	-	FALLA
	Febrero	28	240,37	915,63	23,38	56,56	26,80	226,80	863,312	889,469	239,87	5297,27	-10,59	1,00	9688	96,77	0,89	0,00	0,00	0,00	###	852,72	-	FALLA
	Marzo	31	239,17	852,72	77,74	208,22	38,80	250,80	940,396	896,557	240,01	5332,54	-11,30	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	929,09	-	FALLA
	Abril	30	240,62	929,09	57,08	147,95	169,40	194,40	960,39	944,741	240,90	5443,02	-1,36	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	###	959,03	-	FALLA
	Mayo	31	241,17	959,03	110,12	294,95	243,20	157,60	1133,43	1046,23	242,72	5737,35	4,91	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1138,35	-	FALLA
	Junio	30	244,30	1138,35	180,49	467,83	282,70	136,00	1299,53	1218,94	245,63	6192,28	9,08	1,00	10380	51,84	0,89	241,84	186,60	80000,00	0,00	1308,61	-	-
	Julio	31	247,05	1308,61	186,80	500,33	255,00	134,70	1508,86	1408,73	248,58	6711,14	8,07	1,00	10726	53,57	0,89	233,10	174,06	80000,00	0,00	1516,93	-	-
	Agosto	31	250,16	1516,93	120,44	322,59	220,90	144,30	1548,37	1532,65	250,38	7029,71	5,38	1,00	10726	53,57	0,89	224,18	167,40	80000,00	0,00	1553,75	-	-
	Septiembre	30	250,68	1553,75	107,88	279,62	217,70	159,50	1552,93	1553,34	250,67	7080,43	4,12	1,00	10380	51,84	0,89	215,63	166,38	80000,00	0,00	1557,05	-	-
	Octubre	31	250,73	1557,05	113,87	304,99	224,00	158,50	1573,04	1565,05	250,84	7111,89	4,66	1,00	10726	53,57	0,89	222,03	165,79	80000,00	0,00	1577,70	-	-
	Noviembre	30	251,02	1577,70	68,38	177,24	116,80	151,60	1472,68	1525,19	250,27	7011,44	-2,44	1,00	10380	51,84	0,89	217,45	167,79	80000,00	0,00	1470,24	-	-
	Diciembre	31	249,49	1470,24	48,55	130,04	41,10	166,00	1298,24	1384,24	248,21	6627,29	-8,28	1,00	10726	53,57	0,89	235,06	175,52	80001,63	###	1289,97	-	-
2036	Enero	31	246,76	1289,97	76,21	204,12	15,40	205,10	1178,70	1234,33	245,87	6232,31	-11,82	1,00	10726	53,57	0,89	248,41	185,49	80000,00	0,00	1166,88	-	-
	Febrero	29	244,78	1166,88	53,45	133,92	26,80	226,80	1188,04	1177,46	244,95	6070,71	-12,14	1,00	10034	100,22	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1175,90	-	FALLA
	Marzo	31	244,93	1175,90	51,53	138,02	38,80	250,80	1193,37	1184,64	245,07	6093,04	-12,92	1,00	10726	107,14	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1180,46	-	FALLA
	Abril	30	245,00	1180,46	118,43	306,97	169,40	194,40	1370,78	1275,62	246,53	6327,19	-1,58	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1369,19	-	FALLA
	Mayo	31	247,99	1369,19	161,71	433,12	243,20	157,60	1504,35	1436,77	248,99	6789,17	5,81	1,00	10726	53,57	0,89	230,99	172,49	80000,00	0,00	1510,16	-	-
	Junio	30	250,06	1510,16	188,72	489,16	282,70	136,00	1722,76	1616,46	251,55	7276,18	10,67	1,00	10380	51,84	0,89	211,76	163,39	80000,56	###	1733,43	-	-
	Julio	31	253,12	1733,43	151,62	406,10	255,00	134,70	1863,88	1798,66	253,96	7827,84	9,42	1,00	10726	53,57	0,89	208,68	155,82	80000,00	0,00	1873,30	-	-
	Agosto	31	254,91	1873,30	126,18	337,96	220,90	144,30	1940,86	1907,08	255,32	8135,91	6,23	1,00	10726	53,57	0,89	203,43	151,90	80000,00	0,00	1947,09	-	-
	Septiembre	30	255,81	1947,09	133,79	346,78	217,70	159,50	2035,81	1991,45	256,34	8425,23	4,90	1,00	10380	51,84	0,89	193,25	149,11	80000,00	0,00	2040,72	-	-
	Octubre	31	256,92	2040,72	106,41	285,01	224,00	158,50	2061,54	2051,13	257,04	8627,50	5,65	1,00	10726	53,57	0,89	197,22	147,26	80000,00	0,00	2067,19	-	-
	Noviembre	30	257,23	2067,19	58,24	150,96	116,80	151,60	1960,98	2014,09	256,60	8498,92	-2,96	1,00	10380	51,84	0,89	192,35	148,42	79999,99	0,01	1958,03	-	-
	Diciembre	31	255,94	1958,03	44,35	118,79	41,10	166,00	1805,20	1881,61	255,00	8048,10	-10,05	1,00	10726	53,57	0,89	204,64	152,80	79999,99	0,01	1795,15	-	-
2037	Enero	31	254,41	1795,15	86,98	232,97	15,40	205,10	1753,14	1774,15	254,13	7722,49	-14,65	1,00	10726	53,57	0,89	208,00	155,32	80000,00	0,00	1738,49	-	-
	Febrero	28	253,67	1738,49	53,86	130,30	26,80	226,80	1615,73	1677,11	252,85	7465,64	-14,93	1,00	9688	48,38	0,89	192,57	159,20	80000,00	0,00	1600,80	-	-
	Marzo	31	251,82	1600,80	45,16	120,96	38,80	250,80	1431,73	1516,27	250,62	6947,27	-14,73	1,00	10726	53,57	0,89	223,05	166,56	80000,00	0,00	1417,00	-	-
	Abril	30	249,17	1417,00	144,38	374,23	169,40	194,40	1506,93	1461,96	249,83	6829,94	-1,71	1,00	10380	51,84	0,89	219,50	169,37	80000,65	###	1505,22	-	-
	Mayo	31	250,46	1505,22	175,20	469,26	243,20	157,60	1689,66	1597,44	251,77	7201,52	6,16	1,00	10726	53,57	0,89	217,84	162,66	80000,00	0,00	1695,83	-	-
	Junio	30	253,11	1695,83	223,06	578,17	282,70	136,00	2011,7	1853,76	255,15	7948,31	11,66	1,00	10380	51,84	0,89	197,49	152,38	80000,00	0,00	2023,36	-	-
	Julio	31	257,21	2023,36	183,68	491,97	255,00	134,70	2256,18	2139,77	258,53	8961,08	10,78	1,00	10726	53,57	0,89	192,17	143,50	80000,00	0,00	2266,96	-	-
	Agosto	31	259,92	2266,96	143,94	385,53	220,90	144,30	2399,92	2333,44	260,61	9713,20	7,44	1,00	10726	53,57	0,89	185,61	138,59	80000,00	0,00	2407,36	-	-
	Septiembre	30	261,37	2407,36	130,89	339,27	217,70	159,50	2505,76	2456,56	261,85	10215,21	5,95	1,00	10380	51,84	0,89	176,05	135,84	80000,00	0,00	2511,70	-	-
	Octubre	31	262,39	2511,70	82,74	221,61	224,00	158,50	2485,6	2498,65	262,26	10367,13	6,79	1,00	10726	53,57	0,89	180,74	134,96	80000,00	0,00	2492,39	-	-
	Noviembre	30	262,20	2492,39	53,65	139,06	116,80	151,60	2390,16	2441,27	261,70	10162,71	-3,54	1,00	10380	51,84	0,89	176,48	136,17	80000,00	0,00	2386,62	-	-
	Diciembre	31	261,16	2386,62	43,04	115,28	41,10	166,00	2248,84	2317,73	260,45	9637,92	-12,04	1,00	10726	53,57	0,89	186,09	138,96	79999,99	0,01	2236,80	-	-

Año	Mes	Días	Cota msnm	Volumen Inicial Hm³	Aportes		Precipitación y Evaporación							Extracciones							Volumen Final Hm³	Condiciones Límites		
					Qm m³/s	Vm Hm³	Prec mm	Ev mm	Vf* Hm³	Vm Hm³	Cota msnm	Área Ha	V Hm³	Qacued m³/s	Vriego m³ *10³	V valvulas Hm³	Turbinas					Alivio Hm³	Falla	
																	Efic	V Hm³	Q m³/s	Potencia				Δ
2038	Enero	31	259,60	2236,80	22,67	60,72	15,40	205,10	2038,31	2137,55	258,51	8954,67	-16,99	1,00	10726	53,57	0,89	192,24	143,55	80000,00	0,00	2021,32	-	-
	Febrero	28	257,18	2021,32	18,35	44,39	26,80	226,80	1823,75	1922,53	256,00	8191,73	-16,38	1,00	9688	48,38	0,89	181,48	150,03	80000,00	0,00	1807,36	-	-
	Marzo	31	254,56	1807,36	24,06	64,44	38,80	250,80	1592,92	1700,14	253,16	7532,95	-15,97	1,00	10726	53,57	0,89	211,92	158,24	80000,00	0,00	1576,95	-	-
	Abril	30	251,49	1576,95	61,87	160,37	169,40	194,40	1456,69	1516,82	250,63	6948,97	-1,74	1,00	10380	51,84	0,89	215,81	166,52	80000,00	0,00	1454,95	-	-
	Mayo	31	249,73	1454,95	107,31	287,42	243,20	157,60	1447,80	1451,38	249,67	6807,30	5,83	1,00	10726	53,57	0,89	227,60	169,95	80000,00	0,00	1453,63	-	-
	Junio	30	247,91	1453,63	168,66	437,17	282,70	136,00	1611,16	1532,40	250,85	6987,62	10,25	1,00	10380	51,84	0,89	214,82	165,76	80000,00	0,00	1621,41	-	-
	Julio	31	252,10	1621,41	163,98	439,20	255,00	134,70	1781,81	1701,61	253,18	7537,22	9,07	1,00	10726	53,57	0,89	211,83	158,18	80000,00	0,00	1790,88	-	-
	Agosto	31	254,35	1790,88	96,19	257,64	220,90	144,30	1773,97	1782,43	254,24	7744,65	5,93	1,00	10726	53,57	0,89	207,57	155,00	80000,00	0,00	1779,90	-	-
	Septiembre	30	254,21	1779,90	83,97	217,65	217,70	159,50	1730,49	1755,20	253,88	7675,48	4,47	1,00	10380	51,84	0,89	202,25	156,06	80000,00	0,00	1734,96	-	-
	Octubre	31	253,62	1734,96	96,97	259,72	224,00	158,50	1717,18	1726,07	253,50	7603,19	4,98	1,00	10726	53,57	0,89	210,52	157,20	80000,00	0,00	1722,16	-	-
	Noviembre	30	253,46	1722,16	43,72	113,32	116,80	151,60	1562,43	1642,30	252,38	7357,37	-2,56	1,00	10380	51,84	0,89	208,25	160,69	80000,00	0,00	1559,87	-	-
	Diciembre	31	251,25	1559,87	38,86	104,08	41,10	166,00	1370,35	1465,11	249,88	6836,47	-8,54	1,00	10726	53,57	0,89	226,63	169,22	80016,25	###	1361,81	-	-
2039	Enero	31	248,34	1361,81	7,22	19,34	15,40	205,10	1066,56	1214,18	246,00	6153,91	-11,67	1,00	10726	53,57	0,89	247,62	184,90	80000,00	0,00	1054,88	-	-
	Febrero	28	243,32	1054,88	8,09	19,57	26,80	226,80	849,908	952,396	241,48	5433,81	-10,87	1,00	9688	48,38	0,89	164,06	135,63	0,00	###	839,04	-	FALLA
	Marzo	31	239,34	839,04	18,20	48,75	38,80	250,80	633,243	736,142	237,23	4686,47	-9,94	1,00	10726	53,57	0,89	187,57	140,06	0,00	###	623,31	-	FALLA
	Abril	30	234,75	623,31	40,77	105,68	169,40	194,40	477,141	550,224	233,00	4060,45	-1,02	1,00	10380	51,84	0,89	187,03	144,31	0,00	###	476,13	-	FALLA
	Mayo	31	231,11	476,13	48,57	130,09	243,20	157,60	341,713	408,92	229,25	3496,76	2,99	1,00	10726	53,57	0,89	197,53	147,50	0,00	###	344,71	-	FALLA
	Junio	30	227,34	344,71	166,54	431,67	282,70	136,00	522,909	433,808	229,95	3593,86	5,27	1,00	10380	51,84	0,89	188,66	145,57	0,00	###	528,18	-	FALLA
	Julio	31	232,45	528,18	214,34	574,09	255,00	134,70	850,628	689,405	236,22	4570,91	5,50	1,00	10726	53,57	0,89	184,67	137,90	0,00	###	856,13	-	FALLA
	Agosto	31	239,68	856,13	113,41	303,76	220,90	144,30	914,79	885,458	240,23	5283,35	4,05	1,00	10726	53,57	0,89	178,12	133,01	0,00	###	918,84	-	FALLA
	Septiembre	30	240,86	918,84	129,86	336,60	217,70	159,50	1021,11	969,975	241,80	5469,80	3,18	1,00	10380	51,84	0,89	169,51	130,79	0,00	###	1024,30	-	FALLA
	Octubre	31	242,78	1024,30	50,16	134,35	224,00	158,50	917,339	970,818	241,82	5471,85	3,58	1,00	10726	53,57	0,89	174,33	130,18	0,00	###	920,92	-	FALLA
	Noviembre	30	240,90	920,92	22,92	59,41	116,80	151,60	744,34	832,631	239,21	5043,71	-1,76	1,00	10380	51,84	0,89	171,18	132,08	0,00	###	742,58	-	FALLA
	Diciembre	31	237,37	742,58	31,26	83,73	41,10	166,00	578,684	660,634	235,58	4490,60	-5,61	1,00	10726	53,57	0,89	180,66	134,90	0,00	###	573,07	-	FALLA
2040	Enero	31	233,56	573,07	42,93	114,98	15,40	205,10	436,66	504,87	231,86	3870,56	-7,34	1,00	10726	53,57	0,89	184,43	137,72	0,00	###	429,31	-	FALLA
	Febrero	28	229,83	429,31	44,36	107,32	26,80	226,80	306,21	367,76	228,04	3312,62	-6,63	1,00	9688	48,38	0,89	169,93	140,48	0,00	###	299,59	-	FALLA
	Marzo	31	225,90	299,59	73,73	197,48	38,80	250,80	239,25	269,42	224,87	2886,72	-6,12	1,00	10726	53,57	0,89	190,84	142,50	0,00	###	233,13	-	FALLA
	Abril	30	223,57	233,13	137,98	357,64	169,40	194,40	342,62	287,88	225,50	2968,64	-0,74	1,00	10380	51,84	0,89	183,35	141,47	0,00	###	341,88	-	FALLA
	Mayo	31	227,25	341,88	111,33	298,19	243,20	157,60	387,18	364,53	227,94	3300,14	2,82	1,00	10726	53,57	0,89	185,91	138,82	0,00	###	390,01	-	FALLA
	Junio	30	228,70	390,01	221,93	575,24	282,70	136,00	726,98	558,49	233,20	4090,04	6,00	1,00	10380	51,84	0,89	173,46	133,84	0,00	###	732,98	-	FALLA
	Julio	31	237,17	732,98	167,07	447,48	255,00	134,70	941,96	837,47	239,31	5070,76	6,10	1,00	10726	53,57	0,89	171,53	128,09	0,00	###	948,06	-	FALLA
	Agosto	31	241,41	948,06	167,38	448,31	220,90	144,30	1161,18	1054,62	243,31	5736,59	4,39	1,00	10726	53,57	0,89	168,21	125,61	0,00	###	1165,58	-	FALLA
	Septiembre	30	245,21	1165,58	96,82	250,96	217,70	159,50	1299,88	1232,73	246,30	6192,71	3,60	1,00	10380	103,68	0,89	0,00	0,00	0,00	###	1303,49	-	FALLA
	Octubre	31	247,44	1303,49	120,22	322,00	224,00	158,50	1319,94	1311,71	247,56	6388,09	4,18	1,00	10726	53,57	0,89	238,57	178,15	80000,00	0,00	1324,12	-	-
	Noviembre	30	247,76	1324,12	64,43	167,00	116,80	151,60	1190,71	1257,42	246,70	6249,69	-2,17	1,00	10380	51,84	0,89	235,60	181,79	80000,00	0,00	1188,54	-	-
	Diciembre	31	245,59	1188,54	55,60	148,92	41,10	166,00	1100,84	1144,69	244,86	5958,53	-7,44	1,00	10726	53,57	0,89	169,64	126,67	0,00	###	1093,40	-	FALLA
2041	Enero	31	243,99	1093,40	46,01	123,23	15,40	205,10	978,131	1035,77	242,98	5701,36	-10,82	1,00	10726	53,57	0,89	171,53	128,09	0,00	###	967,32	-	FALLA
	Febrero	28	241,76	967,32	39,53	95,63	26,80	226,80	845,206	906,261	240,62	5331,05	-10,66	1,00	9688	48,38	0,89	157,25	130,00	0,00	###	834,54	-	FALLA
	Marzo	31	239,25	834,54	79,04	211,70	38,80	250,80	803,498	819,021	238,94	4978,27	-10,55	1,00	10726	53,57	0,89	175,77	131,25	0,00	###	792,94	-	FALLA
	Abril	30	238,42	792,94	81,13	210,29	169,40	194,40	767,794	780,369	238,16	4869,94	-1,22	1,00	10380	51,84	0,89	170,63	131,66	0,00	###	766,58	-	FALLA
	Mayo	31	237,88	766,58	83,13	222,66	243,20	157,60	746,053	756,314	237,66	4777,11	4,09	1,00	10726	53,57	0,89	176,21	131,58	0,00	###	750,14	-	FALLA
	Junio	30	237,53	750,14	131,90	341,88	282,70	136,00	858,631	804,387	238,64	4937,97	7,24	1,00	10380	51,84	0,89	168,58	130,08	0,00	###	865,88	-	FALLA
	Julio	31	239,86	865,88	127,34	341,07	255,00	134,70	969,225	917,55	240,83	5355,20	6,44	1,00	10726	53,57	0,89	170,75	127,50	0,00	###	975,67	-	FALLA
	Agosto	31	241,91	975,67	135,45	362,79	220,90	144,30	1103,27	1039,47	243,05	5710,56	4,37	1,00	10726	53,57	0,89	168,21	125,61	0,00	###	1107,65	-	FALLA
	Septiembre	30	244,23	1107,65	121,75	315,58	217,70	159,50	1195,62	1151,64	244,97	5979,01	3,48	1,00	10380	51,84	0,89	162,79	125,61	0,00	###	1199,10	-	FALLA
	Octubre	31	245,76	1199,10	86,75	232,35	224,00	158,50	1110,76	1154,93	245,03	5990,03	3,92	1,00	10726	53,57	0,89	253,72	189,46	80000,00	0,00	1114,69	-	-
	Noviembre	30	244,35	1114,69	79,64	206,43	116,80	151,60	1093,52	1104,11	244,17	5822,11	-2,03	1,00	10380	51,84	0,89	162,79	125,61	0,00	###	1091,49	-	FALLA
	Diciembre	31	243,96	1091,49	39,51	105,82	41,10	166,00	961,046	1026,27	242,81	5668,59	-7,08	1,00	10726	53,57	0,89	169,29	126,41	0,00	###	953,97	-	FALLA
2042	Enero	31	241,96	953,97	17,17	45,99	15,40	205,10	761,58	857,77	240,14	5193,89	-9,85	1,00	10726	53,57	0,89	171,40	127,99	0,00	###	751,72	-	FALLA
	Febrero	28	238,01	751,72																				

ANEXO B

Año	Mes	Día	Cota msnm	Volumen lnical Hm³	Triego m³*10³	Eacueducto m³/s	Eindustria m³*10³	Valvulas m³*10³	Extracciones Hm³	Aporte Deducido Hm³	Caudal deducido m³/s
1997	3	1	259,00	2661,55	778	0,75	6653	452	7,95	3,79	43,86
1997	3	2	258,98	2659,47	778	0,75	6653	452	7,95	5,87	67,94
1997	3	3	258,97	2658,43	778	0,75	6653	452	7,95	6,91	79,97
1997	3	4	258,92	2653,24	778	0,75	7734	452	9,03	2,76	31,92
1997	3	5	258,87	2648,06	778	0,75	6653	451	7,95	3,84	44,50
1997	3	6	258,83	2643,92	778	0,75	6653	451	7,95	3,80	44,02
1997	3	7	258,78	2638,74	778	0,75	6653	451	7,95	2,77	32,09
1997	3	8	258,74	2634,61	778	0,75	6653	451	7,95	3,81	44,12
1997	3	9	258,70	2630,48	778	0,75	6653	451	7,95	3,82	44,16
1997	3	10	258,65	2625,32	778	0,75	6653	450	7,95	2,79	32,26
1997	3	11	258,59	2619,13	778	0,75	6653	450	7,95	1,76	20,39
1997	3	12	258,56	2616,04	778	0,75	4690	1298	6,83	4,86	56,22
1997	3	13	258,51	2610,90	778	0,75	6653	450	7,95	1,69	19,53
1997	3	14	258,52	2611,93	778	0,75	6990	450	8,28	8,97	103,87
1997	3	15	258,50	2609,87	778	0,75	9910	450	11,20	6,23	72,07
1997	3	16	258,47	2606,79	778	0,75	7101	450	8,39	8,12	93,98
1997	3	17	258,45	2604,74	778	0,75	4846	1390	7,08	6,34	73,38
1997	3	18	258,40	2599,60	778	0,75	10945	449	12,24	1,95	22,54
1997	3	19	258,35	2594,48	778	0,75	6653	449	7,94	7,11	82,31
1997	3	20	258,30	2589,36	778	0,75	8460	449	9,75	2,82	32,70
1997	3	21	258,24	2583,22	778	0,75	6653	449	7,94	3,62	41,84
1997	3	22	258,19	2578,11	778	0,75	6653	449	7,94	2,84	32,84
1997	3	23	258,16	2575,05	778	0,75	6653	448	7,94	4,88	56,52
1997	3	24	258,12	2570,97	778	0,75	7119	448	8,41	3,86	44,73
1997	3	25	258,07	2565,88	778	0,75	7729	448	9,02	3,32	38,38
1997	3	26	258,04	2562,83	778	0,75	5087	1534	7,46	5,97	69,05
1997	3	27	258,00	2558,76	778	0,75	4038	1568	6,45	3,40	39,30
1997	3	28	257,97	2555,71	778	0,75	3983	1613	6,44	3,40	39,35
1997	3	29	257,93	2551,65	778	0,75	4034	1587	6,46	2,38	27,51
1997	3	30	257,90	2548,60	778	0,75	6653	448	7,94	3,42	39,58
1997	3	31	257,89	2547,59	778	0,75	5563	927	7,33	6,93	80,20
1997	4	1	257,85	2543,53	778	0,75	4366	448	5,66	3,28	37,94
1997	4	2	257,49	2507,20	778	0,75	7836	448	9,13	-30,67	-355,01
1997	4	3	257,72	2530,38	778	0,75	6653	447	7,94	32,30	373,88
1997	4	4	257,66	2524,32	778	0,75	9392	447	10,68	1,89	21,82
1997	4	5	257,57	2515,25	778	0,75	10058	447	11,35	1,61	18,64
1997	4	6	257,50	2508,21	778	0,75	9499	447	10,79	4,31	49,83
1997	4	7	257,43	2501,18	778	0,75	6653	446	7,94	3,76	43,49
1997	4	8	257,37	2495,16	778	0,75	6653	446	7,94	1,92	22,27
1997	4	9	257,35	2493,15	778	0,75	7170	446	8,46	5,94	68,72
1997	4	10	257,33	2491,15	778	0,75	6653	446	7,94	6,46	74,72
1997	4	11	257,30	2488,15	778	0,75	9037	446	10,33	4,94	57,16
1997	4	12	257,25	2483,15	778	0,75	7702	446	8,99	5,32	61,63
1997	4	13	257,23	2481,15	778	0,75	6653	445	7,94	6,99	80,93
1997	4	14	257,22	2480,15	778	0,75	7605	445	8,89	6,94	80,34
1997	4	15	257,17	2475,16	778	0,75	8529	445	9,82	3,90	45,15
1997	4	16	257,08	2466,19	778	0,75	10488	445	11,78	0,85	9,79
1997	4	17	257,00	2458,23	778	0,75	9582	445	10,87	3,82	44,18
1997	4	18	256,89	2447,31	778	0,75	10806	444	12,09	-0,05	-0,57
1997	4	19	256,87	2445,33	778	0,75	9647	444	10,93	10,11	117,02
1997	4	20	256,85	2443,35	778	0,75	7425	444	8,71	8,95	103,62
1997	4	21	256,84	2442,36	778	0,75	9051	444	10,34	7,72	89,37
1997	4	22	256,78	2436,42	778	0,75	10127	444	11,41	4,40	50,94
1997	4	23	256,71	2429,50	778	0,75	9818	444	11,10	4,50	52,06
1997	4	24	256,65	2423,59	778	0,75	9998	443	11,28	5,19	60,03
1997	4	25	256,59	2417,68	778	0,75	6653	443	7,94	5,37	62,20
1997	4	26	256,53	2411,77	778	0,75	6653	443	7,94	2,04	23,58
1997	4	27	256,48	2406,86	778	0,75	7531	443	8,82	3,03	35,04
1997	4	28	256,40	2399,02	778	0,75	7688	442	8,97	0,97	11,23
1997	4	29	256,34	2393,14	778	0,75	7748	442	9,03	3,10	35,86
1997	4	30	256,28	2387,28	778	0,75	7660	442	8,94	3,17	36,65
1997	5	1	256,20	2379,47	778	0,75	6653	442	7,94	1,14	13,15
1997	5	2	256,14	2373,62	778	0,75	6653	441	7,94	2,09	24,20
1997	5	3	256,13	2372,65	778	0,75	4324	1432	6,60	6,96	80,59
1997	5	4	256,11	2370,70	778	0,75	1377	3239	5,46	4,65	53,85
1997	5	5	256,10	2369,73	778	0,75	6995	528	8,37	4,49	51,92
1997	5	6	256,05	2364,87	778	0,75	7004	441	8,29	3,50	40,57
1997	5	7	255,99	2359,04	778	0,75	7461	441	8,74	2,46	28,50
1997	5	8	256,03	2362,92	778	0,75	8330	441	9,61	12,63	146,15
1997	5	9	256,07	2366,81	778	0,75	8344	441	9,63	13,50	156,25
1997	5	10	256,13	2372,65	778	0,75	7993	441	9,28	15,46	178,99
1997	5	11	256,17	2376,54	778	0,75	3982	1578	6,40	13,17	152,46
1997	5	12	256,23	2382,39	778	0,75	1548	2521	4,91	12,25	141,82
1997	5	13	256,27	2386,30	778	0,75	4010	1920	6,77	8,82	102,05
1997	5	14	256,34	2393,14	778	0,75	4334	1434	6,61	13,62	157,59
1997	5	15	256,35	2394,12	778	0,75	4167	1503	6,51	7,59	87,84
1997	5	16	256,40	2399,02	778	0,75	6722	1392	8,96	11,41	132,05
1997	5	17	256,43	2401,96	778	0,75	1917	2450	5,21	11,90	137,70
1997	5	18	256,50	2408,83	778	0,75	1183	2760	4,79	12,08	139,81
1997	5	19	256,57	2415,71	778	0,75	6255	1807	8,90	11,67	135,03
1997	5	20	256,57	2415,71	778	0,75	9051	339	10,23	8,90	103,06
1997	5	21	256,70	2428,52	778	0,75	6140	1236	8,22	23,04	266,69
1997	5	22	256,83	2441,37	778	0,75	3890	1367	6,10	21,07	243,84
1997	5	23	256,89	2447,31	778	0,75	504	3260	4,61	12,04	139,39
1997	5	24	256,95	2453,26	778	0,75	938	3262	5,04	10,56	122,21
1997	5	25	257,05	2463,20	778	0,75	0	3264	4,11	14,98	173,40
1997	5	26	257,20	2478,15	778	0,75	3206	3269	7,32	19,06	220,58
1997	5	27	257,32	2490,15	778	0,75	3405	3272	7,52	19,32	223,56
1997	5	28	257,33	2491,15	778	0,75	2208	3272	6,32	8,52	98,62

ANEXO C



ANEXO D

Cota (m.s.n.m.)	Profundidad (m)	Área (Ha)	Vol. (Hm ³)	Ao (Ha)	Vs (Hm ³)	Areducida (Ha)
205	0	250,000	10,0100	250	10,01	0
206	1	296,060	12,7443	296,0596	12,7443	0
207	2	341,688	15,9311	341,6884	15,9311	0
208	3	389,490	19,5858	389,49	19,5858	0
209	4	437,970	23,7225	437,97	23,7225	0
209,62	4,62	469,004	26,5330	469,0039	26,533	0
210	5	489,691	28,3538	469,0039	28,3152	20,687148
211	6	536,082	33,4786	469,0039	33,0053	67,078148
212	7	592,784	39,1125	469,0039	37,6953	123,78015
213	8	659,794	45,3714	469,0039	42,3853	190,79015
214	9	721,649	52,2939	469,0039	47,0754	252,64515
215	10	773,196	59,7725	469,0039	51,7654	304,19215
216	11	824,742	67,7578	469,0039	56,4555	355,73815
217	12	886,598	76,3016	469,0039	61,1455	417,59415
218	13	938,140	85,4246	469,0039	65,8355	469,13615
219	14	1005,155	95,1375	469,0039	70,5256	536,15115
220	15	1076,531	105,5423	469,0039	75,2156	607,52715
221	16	1127,551	116,5636	469,0039	79,9057	658,54715
222	17	1183,673	128,1119	469,0039	84,5957	714,66915
223	18	1255,102	140,2894	469,0039	89,2857	786,09815
224	19	1316,327	153,1420	469,0039	93,9758	847,32315
225	20	1382,653	166,6323	469,0039	98,6658	913,64915
226	21	1448,980	180,7952	469,0039	103,356	979,97615
227	22	1510,204	195,5958	469,0039	108,046	1041,2001
228	23	1586,735	211,0887	469,0039	112,736	1117,7311
229	24	1653,061	227,2958	469,0039	117,426	1184,0571
230	25	1714,286	244,1155	469,0039	122,116	1245,2821
231	26	1795,918	261,6495	469,0039	126,806	1326,9141
232	27	1852,041	279,8893	469,0039	131,496	1383,0371
233	28	1908,163	298,6903	469,0039	136,186	1439,1591
234	29	1969,388	318,0694	469,0039	140,876	1500,3841
235	30	2041,026	338,1128	469,0039	145,566	1572,0221
236	31	2102,564	358,8051	469,0039	150,256	1633,5601
237	32	2194,872	380,2667	469,0039	154,946	1725,8681
238	33	2246,154	402,4632	469,0039	159,636	1777,1501
239	34	2307,692	425,2239	469,0039	164,326	1838,6881
240	35	2369,231	448,5994	469,0039	169,016	1900,2271
241	36	2440,876	472,6371	469,0039	173,706	1971,8719
242	37	2528,206	497,4668	469,0039	178,396	2059,2021
243	38	2589,744	523,0309	469,0039	183,087	2120,7401
244	39	2682,051	549,3643	469,0039	187,777	2213,0471
245	40	2743,590	576,4796	469,0039	192,467	2274,5861
246	41	2820,513	604,2873	469,0039	197,157	2351,5091
247	42	2902,564	632,9198	469,0039	201,847	2433,5601
248	43	2964,103	662,2702	469,0039	206,537	2495,0991
249	44	3025,253	692,1712	469,0039	211,227	2556,2491
250	45	3141,414	722,9587	469,0039	215,917	2672,4101
251	46	3222,222	754,7853	469,0039	220,607	2753,2181
252	47	3292,929	787,3694	469,0039	225,297	2823,9251
253	48	3353,535	820,5681	469,0039	229,987	2884,5311
254	49	3454,545	854,5748	469,0039	234,677	2985,5411
255	50	3555,556	889,6253	469,0039	239,367	3086,5521
256	51	3656,566	925,6859	469,0039	244,057	3187,5621
257	52	3747,475	962,7062	469,0039	248,747	3278,4711
258	53	3838,384	1.000,6354	469,0039	253,437	3369,3801
259	54	3939,394	1.039,5163	469,0039	258,127	3470,3901
260	55	4050,000	1.079,4553	469,0039	262,817	3580,9961
261	56	4150,000	1.120,4303	469,0039	267,507	3680,9961
262	57	4280,000	1.162,5553	469,0039	272,197	3810,9961
263	58	4350,000	1.205,7012	469,0039	276,887	3880,9961
264	59	4425,000	1.249,5720	469,0039	281,577	3955,9961
265	60	4510,000	1.294,2428	469,0039	286,267	4040,9961
266	61	4600,000	1.339,7887	469,0039	290,957	4130,9961
267	62	4685,000	1.386,2491	469,0039	295,647	4215,9961

