

REPÚBLICA DOMINICANA



EMPRESA DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA DOMINICANA

egehid

La energía sostenible del país

IMPACTO Y COMPATIBILIDAD DEL HIDROBOMBEO EN EL EMBALSE DE SABANETA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL HIDROBOMBEO	1
3. BALANCE HIDROLÓGICO	3
4. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS	5
5. GARANTÍA OPERATIVA Y PROTECCIÓN DE NIVELES	6
6. SIMULACIÓN DE OPERACIÓN DEL HIDROBOMBEO	6
7. CONCLUSIONES	7

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Esquema del salto del Hidrobombeo de Sabaneta	2
Figura N° 2. Caudales medios de cada mes del embalse de Sabaneta	3
Figura N° 3. Aportaciones medias de cada mes del embalse de Sabaneta	4
Figura N° 4. Simulación de niveles en el embalse de Sabaneta (con y sin pérdidas)	7

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento evalúa la integración de un hidrobombeo utilizando el embalse de Sabaneta como depósito inferior. Se evalúa la convivencia del nuevo aprovechamiento con los usos de riego y abastecimiento, fundamentando la viabilidad técnica mediante el balance hídrico y la modelización de los niveles operativos.

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL HIDROBOMBEO

El Hidrobombeo de Sabaneta será de tipo reversible. Estas centrales permiten acumular caudales mediante bombeo durante las horas de menor demanda energética (lo que se consigue haciendo trabajar al generador como motor síncrono y a la máquina motriz como bomba centrífuga), y turbinarlos en horas punta, trabajando la máquina motriz como turbina y el generador como alternador. La instalación de grupos reversibles impone la necesidad de un contraembalse aguas abajo que permita un correcto bombeo de caudales. En este caso, este papel lo interpretaría el actual embalse de Sabaneta.

El hidrobombeo, el cual se ubica en la margen derecha del embalse, consta de dos circuitos hidráulicos, que alimentan cada uno de ellos a dos grupos de generación (4 en total). Dispone de una potencia total de 250 MW, repartida en los 4 grupos de generación (62,50 MW por grupo) y una capacidad de almacenamiento de 2,25 GWh, que representa una generación continua durante 9 h y bombeo de 10,72 h.

Está constituida básicamente por los siguientes elementos:

- Depósito superior.
- Doble toma superior en el depósito.
- Doble túnel de aducción.
- Edificio de válvulas.
- Doble conducción forzada
- Doble distribuidor de alta presión.
- Casa de máquinas
- Túneles de aspiración.
- Doble toma inferior en el embalse de Sabaneta.
- Equipos electromecánicos.
- Equipos eléctricos, transformadores y subestación (GIS).
- Línea de Alta Tensión.
- Elementos auxiliares:
 - Accesos superficiales.
 - Instalaciones temporales de obra.
 - Zonas de acopio de materiales.

Se muestra una figura con el esquema del salto:

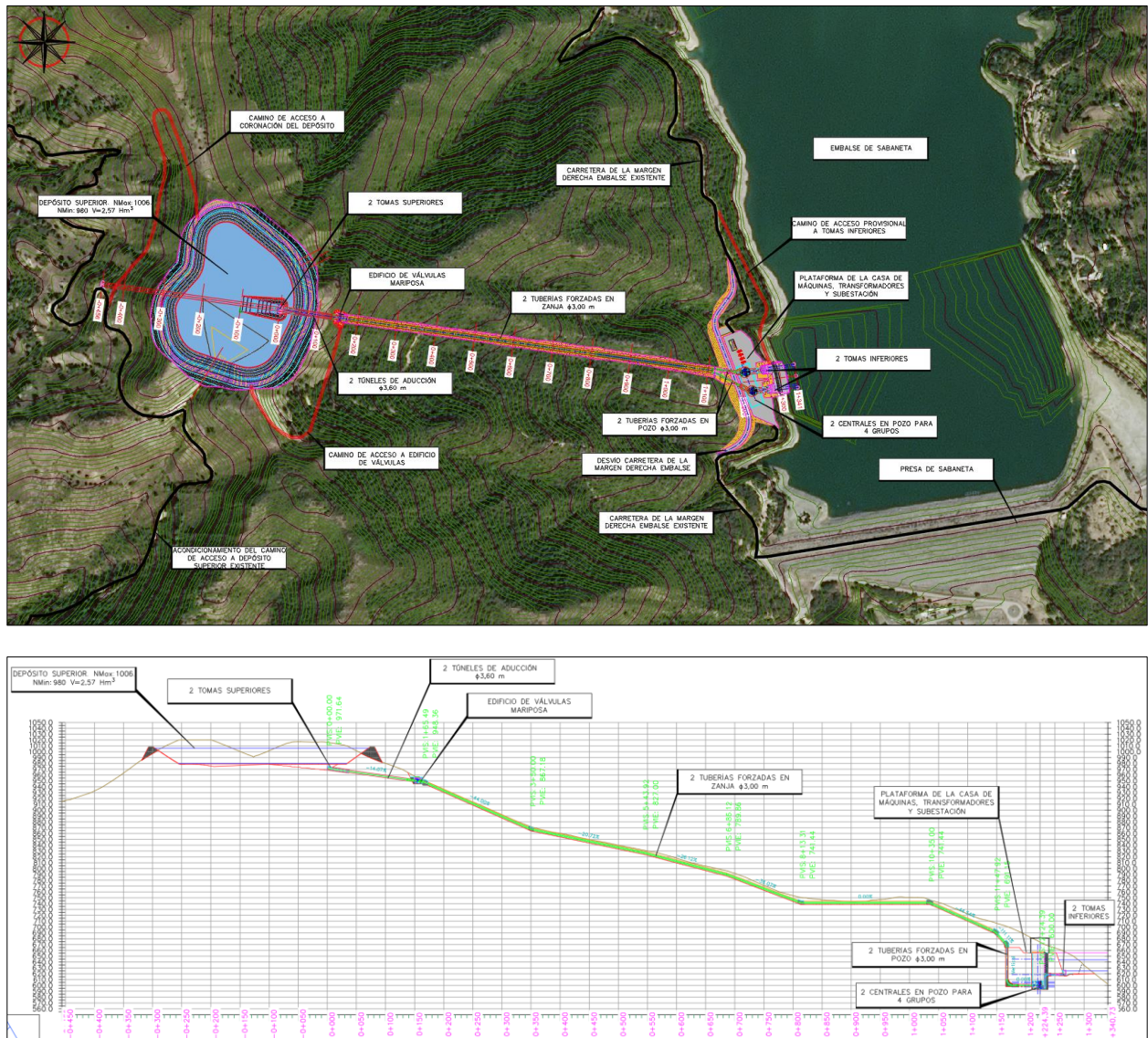


Figura Nº 1. Esquema del salto del Hidrobombeo de Sabaneta

El circuito hidráulico es, en su mayor parte superficial con una longitud aproximada de 1265 m, y el salto bruto correspondiente entre la cota máxima del depósito superior y la cota mínima considerada en el embalse es de 381 m, lo que supone una ratio L/H de 3,3.

El caudal nominal de funcionamiento en modo generación es de 77,40 m³/s, mientras que en modo bombeo es de 65 m³/s. Los niveles característicos de operación son los siguientes:

- Nivel máximo depósito superior: 1006,00 msnm.
- Nivel mínimo depósito superior: 980,00 msnm.
- Nivel máximo embalse de Sabaneta: 644,00 msnm.
- Nivel mínimo embalse de Sabaneta: 625,00 msnm.
- Cota del plano medio del distribuidor (referencia): 600,00 msnm.

3. BALANCE HIDROLÓGICO

Es fundamental clarificar que un hidrobombeo opera bajo un esquema de **concesión no consuntiva**. A diferencia de otros usos, el almacenamiento hidráulico de la energía no "gasta" el agua ya que la que se turbinada es la misma que la que se bombea. En efecto, el hidrobombeo desplaza el agua temporalmente entre dos cotas creando un circuito cerrado, en este caso de frecuencia diaria. Previsiblemente se bombearán los caudales en las horas nocturnas y se turbinarán en parte de las diurnas. El volumen de agua total trasegado a nivel diario es de 2,57 Mm³.

Los datos hidrológicos del sistema confirman la robustez de la garantía para otros usos:

- **Régimen de Aportaciones:** El sistema presenta una aportación media anual de **22,76 Mm³** (caudal medio de 8,50 m³/s)

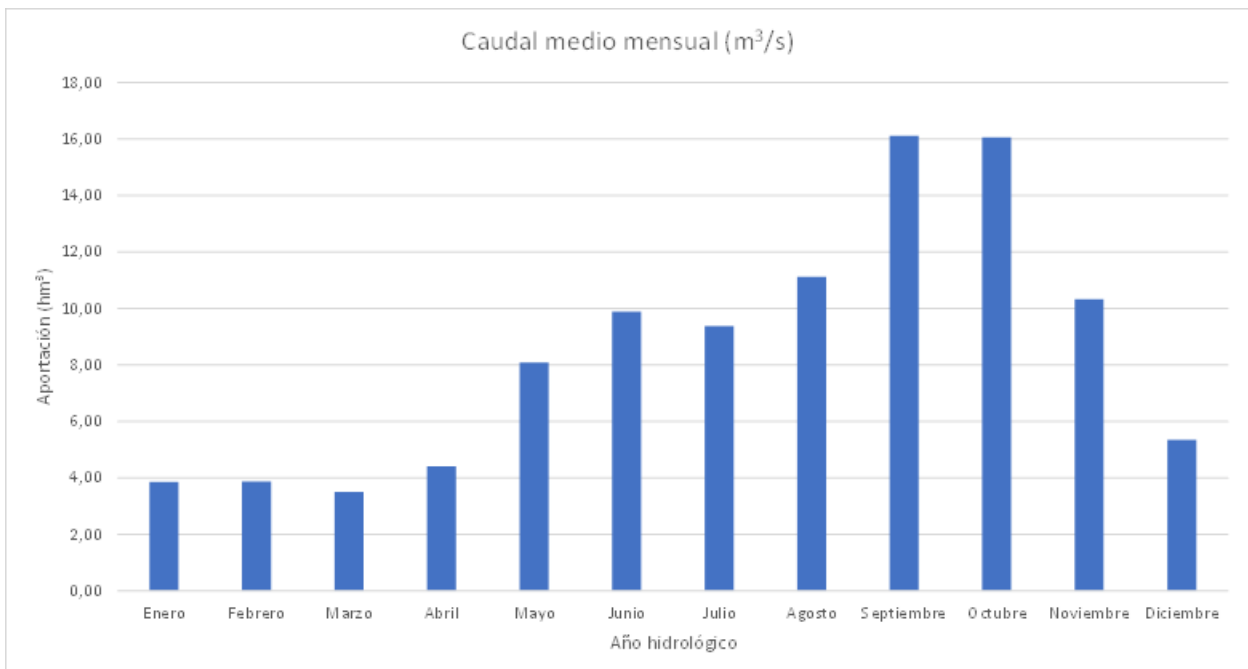


Figura N° 2. Caudales medios de cada mes del embalse de Sabaneta

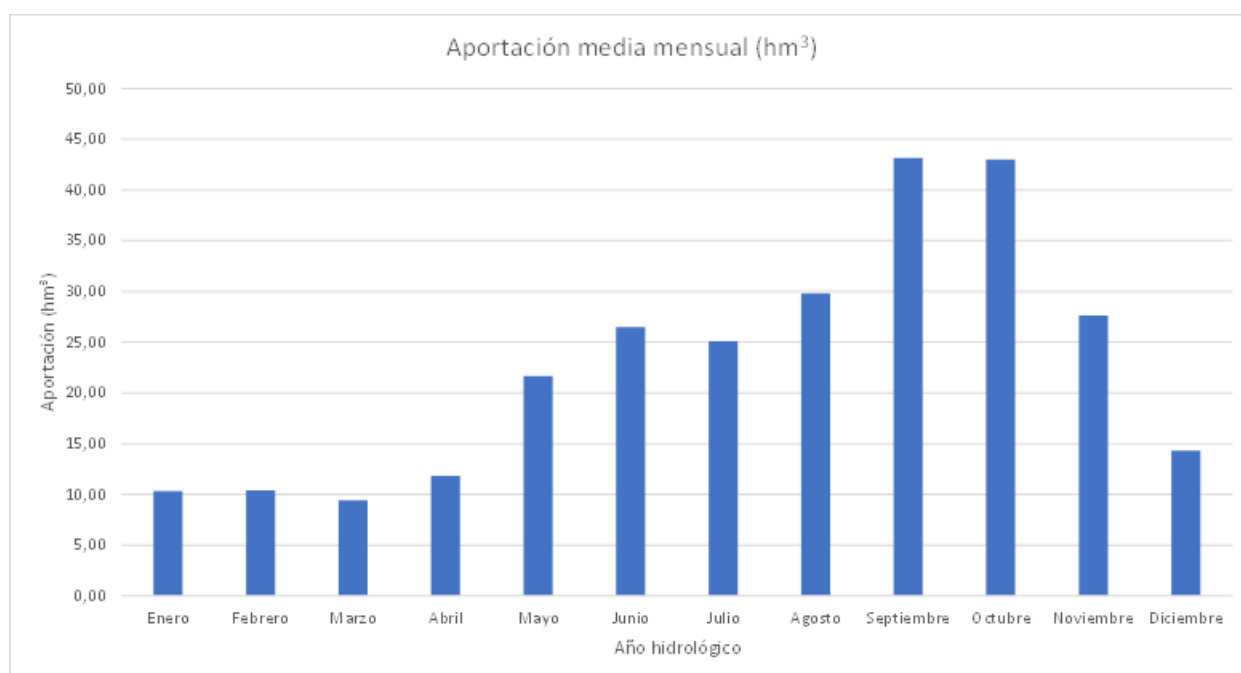


Figura N° 3. Aportaciones medias de cada mes del embalse de Sabaneta

Incluso en estiaje (época seca), la aportación mínima mensual es de 10 Mm³, cifra significativamente superior al volumen total del depósito superior del hidrobombeo (2,57 Mm³). Este depósito superior es, de facto, un aumento de la capacidad de regulación del embalse pre-existente y, de hecho, evitará o reducirá los vertidos por el aliviadero.

- **Régimen de Demandas:** El embalse se mantiene en equilibrio la mayor parte del tiempo. La serie de datos de caudal de salida es muy similar a la serie de datos de caudal de entrada. Dada esta situación y siendo que los niveles en los que se mueve el embalse se encuentran siempre muy por encima de los mínimos de explotación (ver Figura N° 4) y que los 2,57 Mm³ trasegados suponen una pequeña parte de la carrera de explotación del embalse, este trasiego diario (salida y entrada en el existente embalse de Sabaneta) distan mucho de afectar de ningún modo a la actual explotación del embalse.
- **Balance Neto y pérdidas:** En un escenario ideal, el volumen de agua detraído durante la fase de bombeo es restituído íntegramente durante la fase de turbinación. En un escenario real, considerando evaporación y filtraciones, se estiman unas pérdidas de tan solo **0,2725 Mm³/año** (0,00864 m³/s). Al comparar este valor con los **268 Mm³/año** (8,5 m³/s) suministrados para riego, el impacto en la disponibilidad hídrica es inferior al **0,1%**, resultando hidrológicamente despreciable.

4. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS

Para determinar las pérdidas, se han cuantificado los dos fenómenos físicos que suponen una salida de masa de agua del ciclo cerrado del hidrobombeo: la evaporación superficial y la filtración.

- **Cálculo de Pérdidas por Evaporación.** Dado que el depósito superior presenta una lámina de agua expuesta, se utiliza el dato de la Evapotranspiración Potencial (ETP). Para superficies de agua libre, la ETP es un indicador conservador de la evaporación directa. La ecuación aplicada es:

$$\text{Volumen} = \text{Área} \times \text{ETP}$$

Según cálculos del Servicio Meteorológico Nacional de República Dominicana, la evapotranspiración potencial (suma de la evaporación directa desde el suelo y de la transpiración de las plantas), oscila entre 1,043 y 1,616 mm anuales.

Considerando de forma conservadora la superficie máxima del depósito y la evapotranspiración también máxima, el volumen evaporado se sitúa en el entorno de los 195.000 m³/año.

- **Cálculo de Pérdidas por Filtración.** La filtración puede producirse a través de la superficie del depósito superior. Siguiendo estándares de diseño para presas y depósitos de regulación con impermeabilización (ya sea mediante núcleos de arcilla o geomembranas), se estima una pérdida técnica por infiltración del 3% del volumen total almacenado.

Considerando de forma conservadora el volumen máximo del depósito, resulta en una pérdida anual por filtración de 77.500 m³/año.

- **Balance Total de Pérdidas.** Sumando ambos componentes, obtenemos el volumen total de reposición necesario:

Concepto	Volumen Anual (Mm ³)	Caudal Equivalente (m ³ /s)
Evaporación Directa	0,1950	0,00618
Filtración	0,0775	0,00246
Total Pérdidas	0,2725	0,00864

5. GARANTÍA OPERATIVA Y PROTECCIÓN DE NIVELES

No obstante lo anterior, para blindar la garantía de suministro de los usos preexistentes, se han definido restricciones geométricas y operativas:

- En el estudio de factibilidad, se ha establecido un Nivel Mínimo de Explotación del hidrobombeo a la cota 625 msnm. Este nivel se sitúa 13 metros por encima del nivel mínimo de operación del embalse situado a la cota 612 msnm. Esta diferencia actúa como un volumen de reserva exclusivo para la garantía de los usos prioritarios, asegurando que la central reversible deje de operar mucho antes de que el suministro de riego entre en zona de riesgo.

El hidrobombeo, de hecho, no podrá actuar en modo bomba (tomando agua del embalse). cuando el nivel de embalse descienda por debajo de la cota 625 por riesgo de entrada de aire en el circuito y mal funcionamiento de los grupos de turbo – bombeo.

- Asimismo, la variación diaria de niveles se encontrará limitada:
 - Operación en Cota Máxima (644 msnm): La variación de nivel diaria es de apenas 0,75 m.
 - Operación en Cota Mínima (625 msnm): En el escenario más desfavorable, la fluctuación diaria es de 1,75 m.

Estas variaciones se encuentran dentro de los rangos de operación normales de cualquier embalse de regulación y no comprometen la estabilidad de las infraestructuras de toma.

6. SIMULACIÓN DE OPERACIÓN DEL HIDROBOMBEO

Basándose en la serie de datos fotométricos diarios del embalse de Sabaneta, la cual abarca 16 años completos, entre 2009 y 2024, se ha realizado una simulación de operación.

En la siguiente imagen, se ha ploteado el registro de niveles de embalse de la serie de datos diarios entre 2009 y 2024 (línea de color azul), y los mismos niveles una vez se han descontado las pérdidas por evaporación e infiltración durante la operación del hidrobombeo (línea de color verde). También se muestran el nivel máximo y mínimo de operación del hidrobombeo (en color naranja y rojo respectivamente) y el nivel mínimo de operación del embalse (color verde claro).

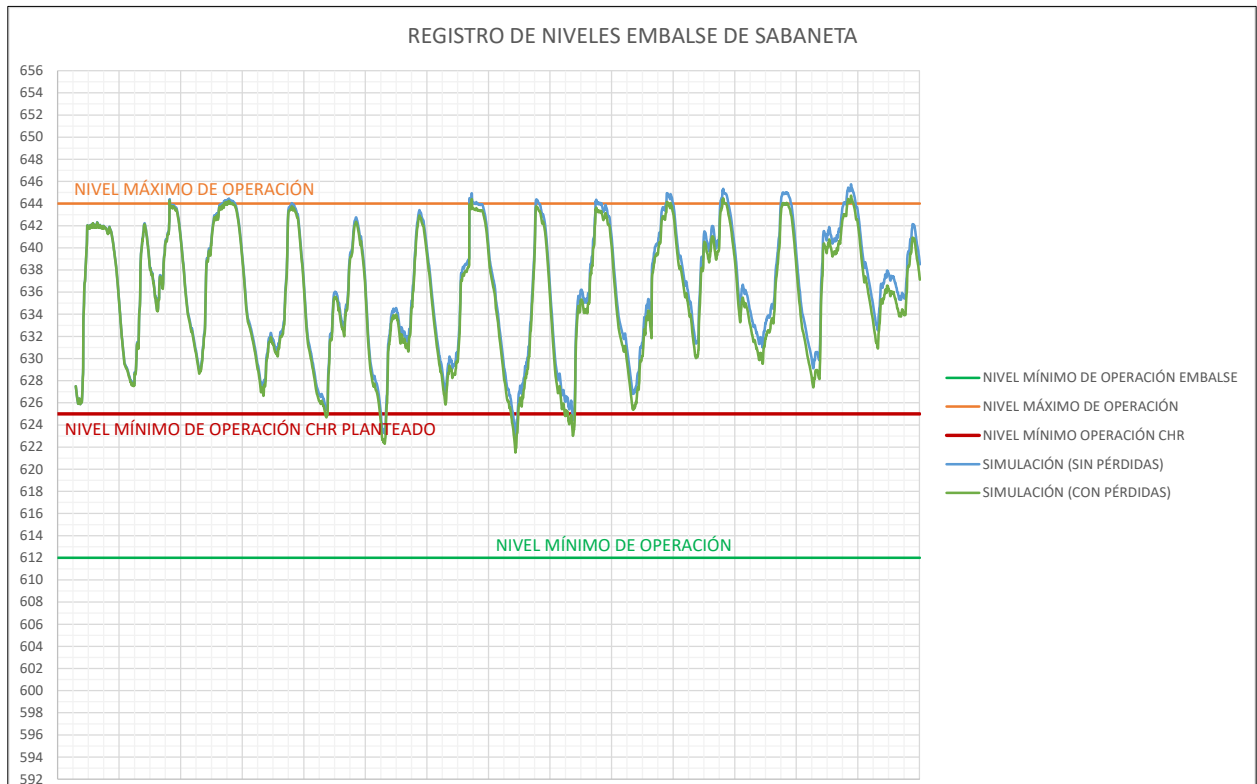


Figura N° 4. Simulación de niveles en el embalse de Sabaneta (con y sin pérdidas)

Tal como se observa la capacidad del embalse para cumplir con sus demandas de riego o abastecimiento permanece inalterada, ya que el stock hídrico apenas disminuye por la operación del hidrobombeo.

7. CONCLUSIONES

La implantación del hidrobombeo en el embalse de Sabaneta es técnicamente compatible con sus usos actuales bajo las siguientes premisas:

1. **Las aportaciones naturales superan en órdenes de magnitud** las necesidades del ciclo de bombeo.
2. **Se establece un colchón de seguridad de 13 metros** entre la operación del bombeo y el límite crítico del embalse.
3. **El impacto en el balance anual es nulo**, con pérdidas por evaporación ínfimas frente al volumen de riego suministrado.