

REPÚBLICA DOMINICANA



EMPRESA DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA DOMINICANA

egehid

La energía sostenible del país

ANEJO XX. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

INDICE

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | OBJETO | 1 |
| 2 | PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS | 1 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------------|---|----|
| Figura N° 1. | Ejemplo de excavación de plataforma | 2 |
| Figura N° 2. | Ejemplo de excavación de depósito (1) | 2 |
| Figura N° 3. | Ejemplo de excavación de depósito (2) | 3 |
| Figura N° 4. | Ejemplo de excavación de trinchera para emboquille de túneles | 3 |
| Figura N° 5. | Ejemplo de excavación y revestimiento de túnel hidráulico | 4 |
| Figura N° 6. | Ejemplo de pórtico grúa birrail | 5 |
| Figura N° 7. | Ejemplo de excavación y revestimiento de pozos segmentados. Método “underpin” | 6 |
| Figura N° 8. | Ejemplo de montaje de las conducciones forzadas en zanja | 7 |
| Figura N° 9. | Ejemplo de montaje de válvula mariposa | 7 |
| Figura N° 10. | Ejemplo de construcción de dique | 8 |
| Figura N° 11. | Ejemplo de construcción de toma de circuito hidráulico | 8 |
| Figura N° 12. | Ejemplo de montaje y hormigonado de equipos de la central en pozo | 9 |
| Figura N° 13. | Ejemplo de trabajos de impermeabilización de depósito | 10 |
| Figura N° 14. | Ejemplo de trabajos de excavación de pozos mediante Raise Boring | 11 |
| Figura N° 15. | Ejemplo de construcción de superestructura de casa de máquinas | 11 |
| Figura N° 16. | Ejemplo de construcción de centro de transformación y subestación | 12 |
| Figura N° 17. | Ejemplo de montaje y hormigonado de codo de la forzada | 12 |
| Figura N° 18. | Ejemplo de montaje y hormigonado de distribuidores hidráulicos | 13 |
| Figura N° 19. | Registro histórico de niveles en el embalse de Sabaneta | 14 |
| Figura N° 20. | Ejemplo de construcción de ataguía | 15 |
| Figura N° 21. | Curva de embalse de Sabaneta | 15 |
| Figura N° 22. | Caudales de entrada en Sabaneta. Probabilidad de ser superados | 16 |

1 OBJETO

El objeto del presente anejo es la descripción del proceso constructivo para llevar a cabo las obras del “Proyecto de acumulación de energía por hidrobombeo Sabaneta II (Provincia de San Juan)”, así como una estimación del plazo y una planificación de las diferentes actividades necesarias para su consecución.

En este Anejo se presenta un programa de trabajos que pretende dar una idea del desarrollo secuencial de las principales unidades básicas de la obra. Responde a un planteamiento de desarrollo ideal de la obra, que en la práctica puede sufrir múltiples alteraciones. Por estos motivos el programa aquí indicado debe ser tomado a título orientativo, pues su fijación a nivel de detalle corresponderá al adjudicatario de la obra, habida cuenta de los medios con los que cuente y el rendimiento de los equipos, que deberá contar con la aprobación de la Dirección de Obra.

2 PROGRAMACIÓN DE LAS OBRAS

A continuación, se adjunta un diagrama de barras, tipo Gantt, en el que se establece una distribución actividades – tiempo. El mismo, se fundamenta en el siguiente orden de ejecución de actuaciones y actividades, las cuales se van solapando y dependiendo entre sí, conformando el diagrama adjunto:

1. La obra comienza con los trabajos previos e implantación en el sitio, disponiendo las instalaciones auxiliares, parques de maquinaria... necesarias para su construcción.
2. Las primeras actividades se centran en proporcionar los accesos superficiales a los principales frentes de obra. Estos pueden realizarse de forma simultánea, y algunos serán provisionales y otros permanentes:
 - a. Acceso provisional a la excavación de la plataforma de la central y forzadas en pozo. Este se realiza desde la carretera existente en la margen derecha del embalse.
 - b. Adecuación del acceso existente al depósito superior. Este acceso parte de la carretera que une la presa con la población de La Jagua, por su margen derecha.
 - c. Ramal de acceso provisional a la excavación de la toma inferior, desde la carretera existente en la margen derecha del embalse. Este podrá realizarse en cualquier momento siempre y cuando esté disponible previamente al inicio de la excavación propiamente dicha.
3. En esta siguiente fase, se da inicio a las siguientes actividades, en dos frentes de obra principales: el depósito y casa de máquinas.
 - a. Excavación de la plataforma de los pozos de la central a cota 670, y de las plataformas de los pozos de las futuras tuberías forzadas. También se efectuará el acceso a la plataforma que será, también el acceso futuro a la central.



Figura N° 1. Ejemplo de excavación de plataforma

b. Excavación del depósito superior.



Figura N° 2. Ejemplo de excavación de depósito (1)

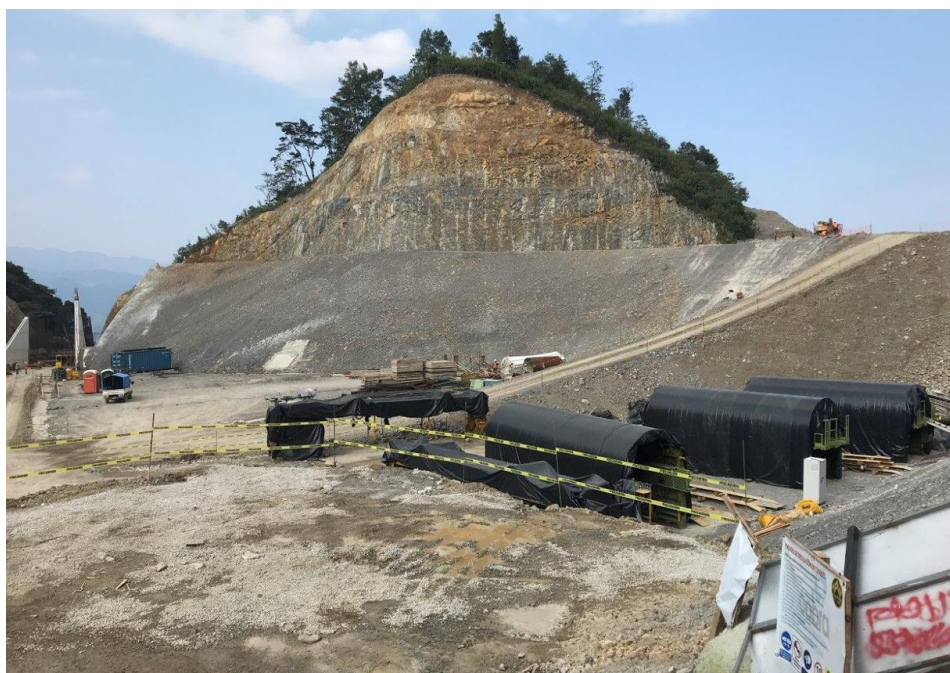


Figura Nº 3. Ejemplo de excavación de depósito (2)

- c. Acceso provisional a la cámara de válvulas y tramo superior de las tuberías forzadas. Este se realizará desde la propia excavación del depósito superior, y dará acceso al tercer principal frente de obra: la zanja de las tuberías forzadas.
4. A continuación, se comienza con:
 - a. Excavación de la trinchera de la cámara de válvulas, que a su vez es emboquille de los dos túneles de aducción del circuito hidráulico.



Figura Nº 4. Ejemplo de excavación de trinchera para emboquille de túneles

- b. Excavación de la zanja de las conducciones forzadas.
 - c. Accesos provisionales a los diferentes tramos de la zanja de las conducciones forzadas, los cuales servirán para la propia excavación como para la instalación y montaje de las mismas.
5. En esta siguiente fase:
- a. Una vez finalizada la excavación de la trinchera de la cámara de válvulas se inicia la excavación de los túneles hacia las tomas, pero sin llegar a alcanzarlas. Posteriormente, se procederá a efectuar su revestimiento en sentido contrario, desde las tomas hacia la cámara de válvulas.



Figura N° 5. Ejemplo de excavación y revestimiento de túnel hidráulico

- b. Y una vez finalizada la excavación de la plataforma de la central a cota 670 y su acceso, se procede simultáneamente a:
 - i. La instalación de un pórtico grúa birrail que servirá tanto para la propia excavación y construcción de los pozos de la central como para el montaje de los equipos de la central. Este pórtico, se mantiene para la futura explotación, y al cual, previamente a su instalación, se efectuará la obra civil necesaria para la implantación de los carriles de rodadura del mismo, los cuales abarcarán ambos pozos.



Figura N° 6. Ejemplo de pórtico grúa birrail

- ii. Al inicio de la excavación de los pozos de la central.

Los pozos se excavarán y revestirán al mismo tiempo, mediante la técnica de pozo segmentado de hormigón prefabricado. Particularmente se utilizará el método conocido como “underpin” que es una variante del método “caisson”. Este método se puede utilizar en suelos autoportantes donde no es posible la instalación de cajones. En este método, los elementos prefabricados de hormigón se instalan progresivamente en la base de la excavación y anclados al terreno. Se construyen anillos segmentados y el espacio anular entre su perímetro exterior y el terreno excavado se inyecta inmediatamente con lechada.

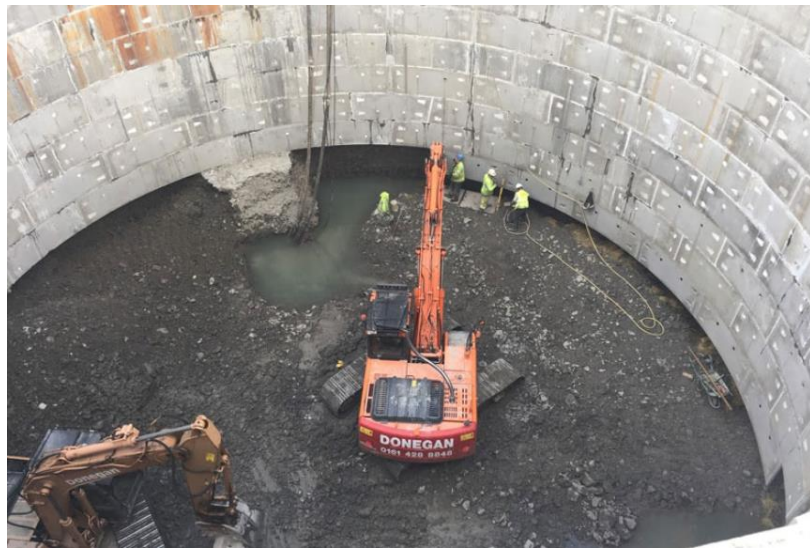


Figura N° 7. Ejemplo de excavación y revestimiento de pozos segmentados.
Método “underpin”

Con el objetivo de disponer de una plataforma desde la que realizar los emboquilles de los cuatro túneles de aspiración, la excavación y revestimiento de los pozos de la central se realiza en dos fases.

6. Tras la finalización de la excavación de la zanja, se procederá al montaje de las conducciones forzadas, desde aguas abajo hacia aguas arriba. Se comienza con la construcción de los anclajes de las conducciones en la solera de la zanja, para continuar con la instalación de la misma y se finaliza con el relleno en el trasdós de la conducción con material seleccionado procedente de la excavación. Se construirán a su vez, los anclajes en los cambios de dirección.



Figura N° 8. Ejemplo de montaje de las conducciones forzadas en zanja

Simultáneamente en esta fase se procede a la instalación de las válvulas mariposa y conducciones correspondientes, y a la construcción del edificio que las protege. Del mismo modo, se comienza la construcción del acceso permanente que dará acceso a la coronación del depósito superior y a la propia cámara de válvulas.



Figura N° 9. Ejemplo de montaje de válvula mariposa

7. La excavación y revestimiento de los pozos de la central sufren una pequeña parada entre fases para la realización de la excavación y posterior revestimiento de los primeros 8 m de los túneles de aspiración. Esto permite dejar preparada la futura conexión con las tomas inferiores sin alterar el resto de la obra.
8. A continuación, se procede con:
 - a. La continuación de la segunda fase de excavación y revestimiento de los pozos de la central.
 - b. El inicio de la construcción de los diques del depósito superior. Estos se compaginan con la finalización de la excavación del propio depósito.



Figura N° 10. Ejemplo de construcción de dique

9. La finalización de la excavación del depósito superior dará inicio a la excavación de la trinchera de las tomas superiores del circuito hidráulico. Una vez excavada, se realizará la conexión con los túneles de aducción ya finalizados, y la construcción de la estructura de las tomas.



Figura N° 11. Ejemplo de construcción de toma de circuito hidráulico

Simultáneamente en esta fase, se construirá el desagüe de fondo y aliviadero del depósito superior.

10. Una vez acabada la excavación y revestimiento de los pozos, se da comienzo a las siguientes actividades:
 - a. Montaje y hormigonado de los equipos de la central por etapas sucesivas.

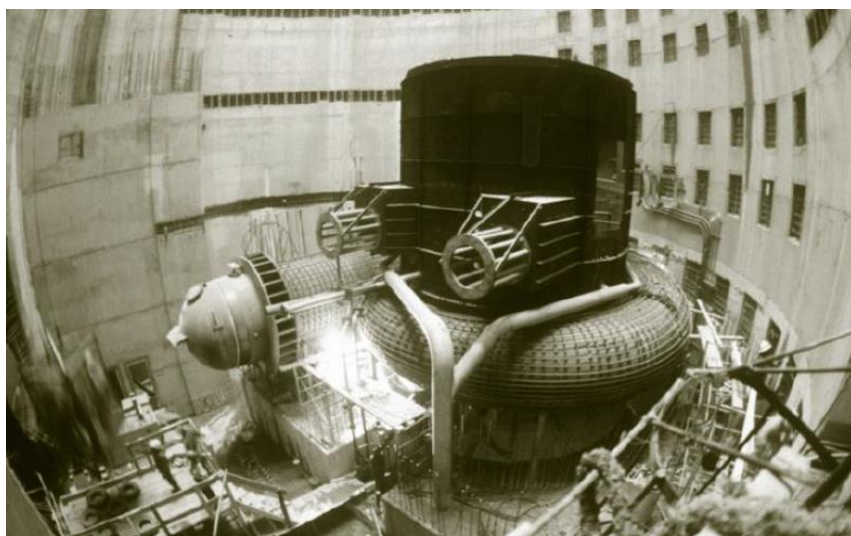


Figura N° 12. Ejemplo de montaje y hormigonado de equipos de la central en pozo

El proceso se realizará desde cotas inferiores hacia cotas superiores, e incluye la construcción de los tramos de conducciones de aspiración que se encuentran en el interior de los pozos hasta su conexión con los tramos ya construidos.

- b. La actividad anterior se debe de compaginar en espacio y tiempo con la construcción de los distribuidores hidráulicos. En primera instancia se procederá a la excavación de los túneles desde el fondo de los propios pozos hacia los pozos de las tuberías forzadas.

En esta misma fase, en el otro frente de obra principal, se dará comienzo a la impermeabilización del vaso del depósito superior.



Figura Nº 13. Ejemplo de trabajos de impermeabilización de depósito

11. En esta fase se solapan ciertas actividades en diferentes partes, y todas ellas deben ser compaginadas con la del montaje y hormigonado de los equipos de la central:
 - a. La terminación de la excavación de los túneles permite el inicio de la excavación de los pozos de las tuberías forzadas. Esta excavación se llevará a cabo mediante la técnica de RaiseBoring.



Figura N° 14. Ejemplo de trabajos de excavación de pozos mediante Raise Boring

- b. Se comienza a construir la superestructura de la central. Esta abarcará ambos pozos y el pórtico grúa birrail previamente instalado.

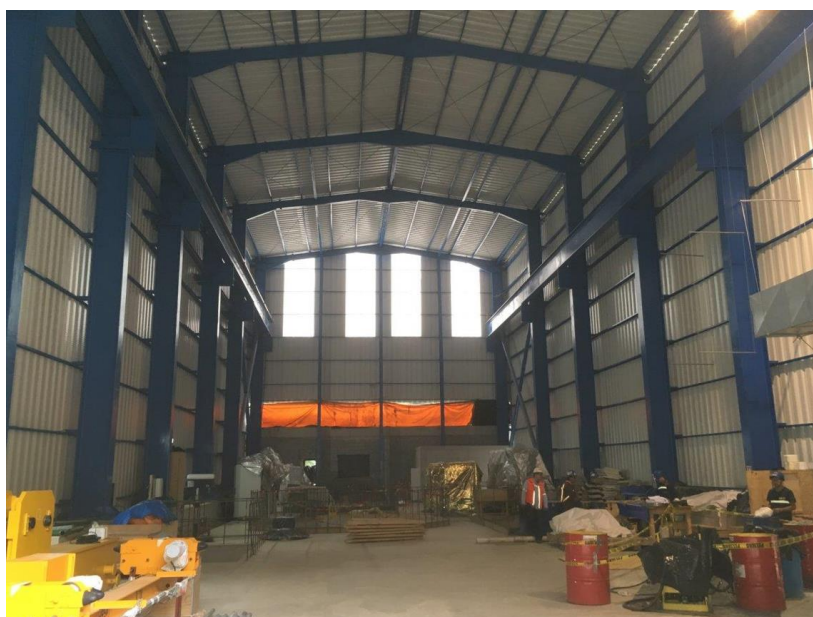


Figura N° 15. Ejemplo de construcción de superestructura de casa de máquinas

- c. También se comienza con la construcción de la cimentación y estructura de los transformadores, dando paso a continuación a su montaje, conexiones eléctricas y subestación GIS.



Figura N° 16. Ejemplo de construcción de centro de transformación y subestación

12. Durante esta fase se realizan las siguientes actividades:

- a. Primeramente, se realiza el montaje y hormigonado del blindaje de los codos de la forzada.



Figura N° 17. Ejemplo de montaje y hormigonado de codo de la forzada

- b. Y posteriormente se efectúa de forma simultánea:
 - i. El montaje y hormigonado del blindaje de las tuberías forzadas en pozo, ejecutándose de abajo hacia arriba. Finalmente se ejecuta la conexión con las tuberías forzadas en zanja, ya terminadas en otra fase.
 - ii. El montaje y hormigonado del blindaje de los distribuidores hidráulicos, ejecutándose desde los codos hacia las turbinas.



Figura N° 18. Ejemplo de montaje y hormigonado de distribuidores hidráulicos

13. Paralelamente a las fases descritas anteriormente, se produce una de las fases más importantes en el desarrollo de los trabajos, dado que está ligada a la explotación del embalse de Sabaneta. Esta fase se corresponde con la construcción de las tomas inferiores y de las conducciones de aspiración del circuito de hidráulico.

Analizando el registro histórico de niveles, se observa que existe una estacionalidad clara cada año, con una estación seca o de estiaje entre diciembre y abril (ambos inclusive) y una estación lluviosa el resto del año.

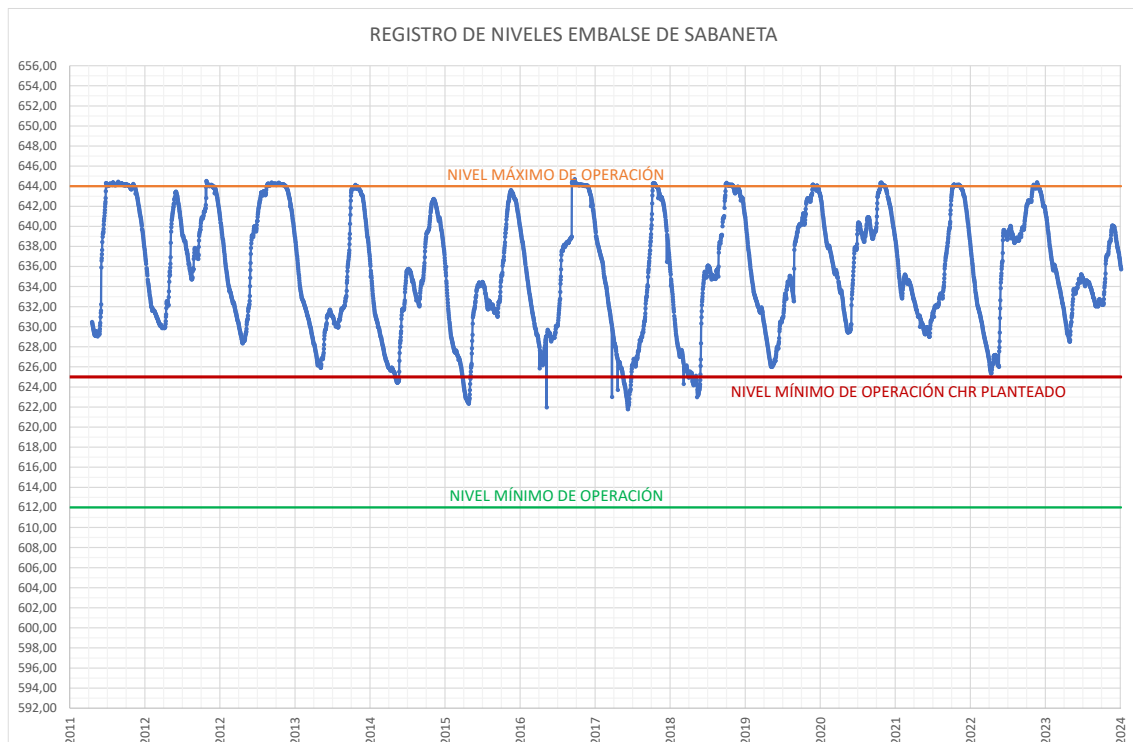


Figura Nº 19. Registro histórico de niveles en el embalse de Sabaneta

Tal como se observa en la gráfica anterior el nivel del embalse comienza a bajar periódicamente cada año coincidiendo con la época de estiaje, alcanzándose un nivel mínimo que oscila entre la cota 622 y 626 aproximadamente.

Por tanto, se plantean las siguientes actividades:

- a. Excavación de la parte superior del emboquille de las tomas inferiores, hasta la cota próxima al NMN (644). Esto es gran parte de la excavación a realizar, en torno al 30%, y está libre de condicionantes de niveles de embalse, al estar por encima del NMN, por lo que deberá estar finalizada antes de continuar con la excavación por debajo del NMN.
- b. Coincidiendo con el inicio de la época de estiaje, de diciembre a abril (ambos inclusive), continuar con la excavación simultáneamente con la bajada del nivel del embalse. Si bien, será necesario dar una bajada mayor de las que se da normalmente hasta la cota 620 para la culminación de la excavación, y posterior construcción de una ataguía hasta la cota 635.

Por lo que en total se disponen de 5 meses, antes del inicio de la temporada de lluvias (mayo), para esta subfase.



Figura N° 20. Ejemplo de construcción de atagüía

Con la atagüía construida se podrá recuperar la capacidad del embalse hasta la cota 634 (dejando un resguardo de 1 m como mínimo respecto de la coronación a la 635), para afrontar el resto de las actividades.

Para este nivel de embalse, se cuenta con una capacidad de 36,50 Hm³, que representa un volumen almacenado de 31,85 Hm³ sobre el volumen muerto del embalse (nivel a la cota 612). Y la diferencia de volumen con respecto al NMN es de 26,70 Hm³. Se adjunta una figura ilustrativa:

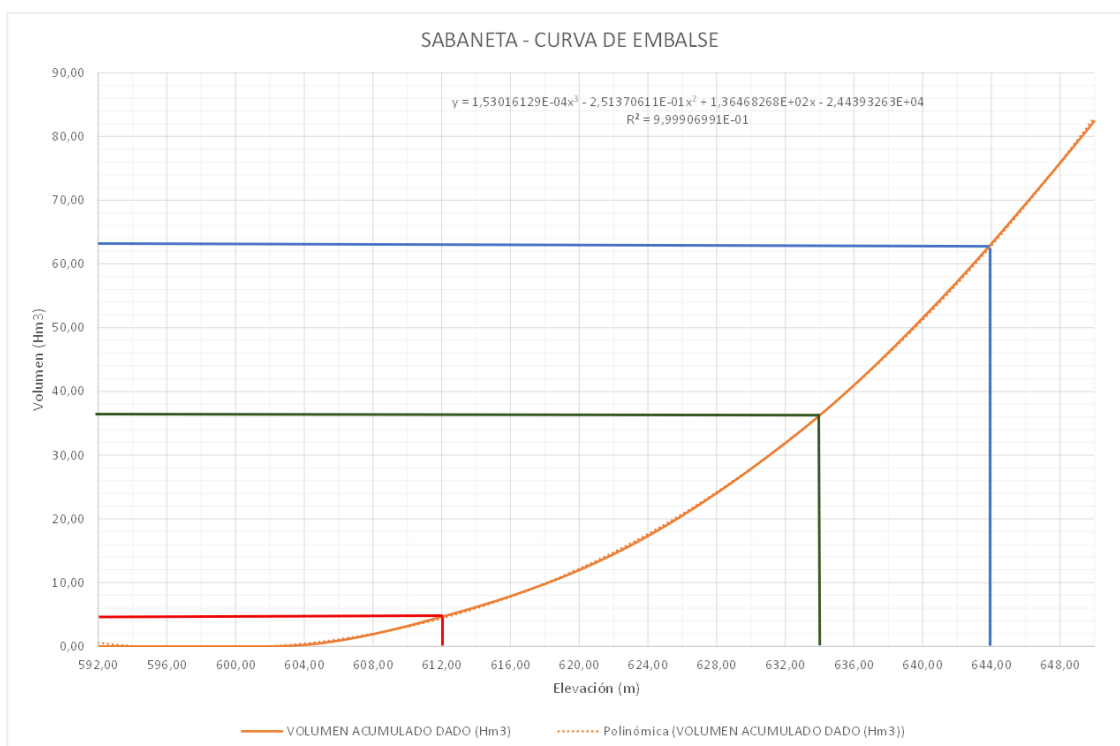


Figura N° 21. Curva de embalse de Sabaneta

Para controlar el nivel de embalse durante este periodo, se dispone del desagüe de fondo y de la central hidroeléctrica.

La presa está dotada de dos desagües de fondo, con una capacidad máxima de 56,06 m³/s a NMN, mientras que a cota 634 el caudal máximo es de 50,46 m³/s. Por otro lado, la central hidroeléctrica dispone de un caudal medio de 8 m³/s en torno a la cota 634.

En la siguiente figura, que representa los caudales ordinarios de entrada al embalse en función de su probabilidad de ser superados, se puede observar que los caudales máximos registrados son inferiores al caudal gestionable por el desagüe de fondo y central hidroeléctrica que es de unos 58 m³/s (50+8).

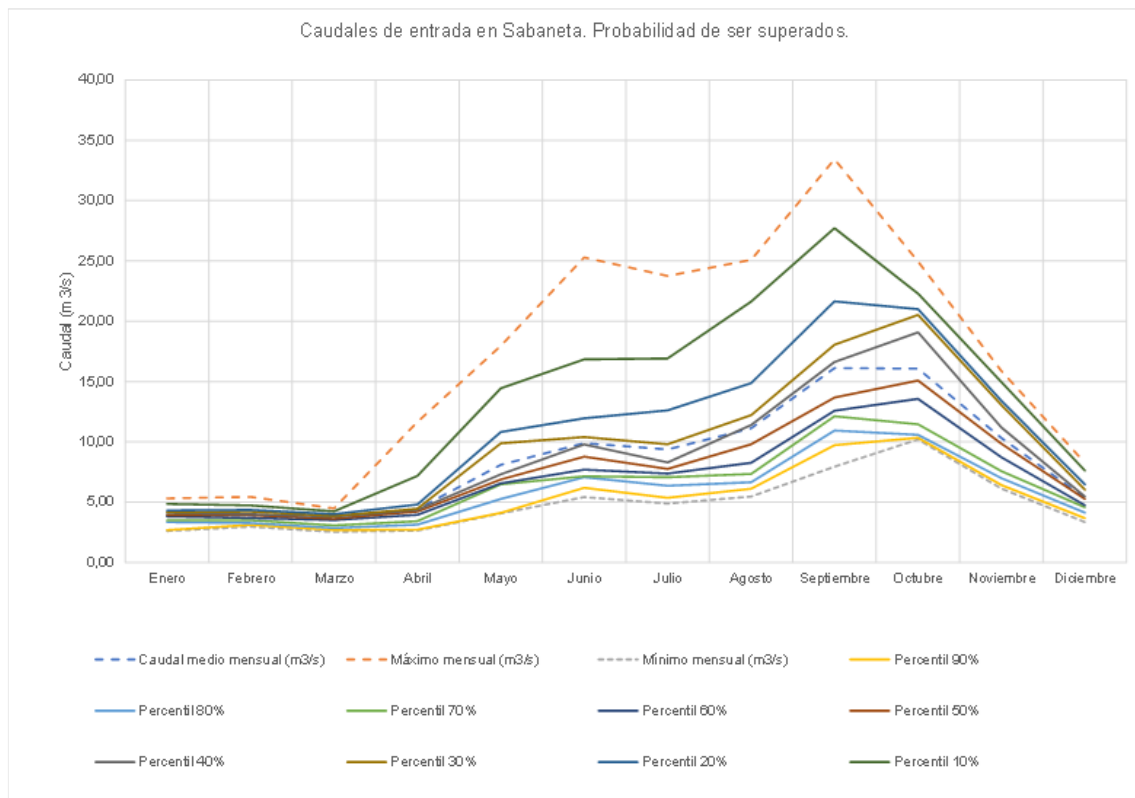


Figura N° 22. Caudales de entrada en Sabaneta. Probabilidad de ser superados

Por tanto, al abrigo de la ataguía se continuará con las siguientes actividades de esta fase, la cual se desarrollará toda ella en la época de lluvias, de mayo a noviembre (ambos inclusive):

- c. Excavación de la cimentación de las tomas inferiores, que queda ligeramente por debajo de la cota de la plataforma excavada en la anterior subfase.
- d. Excavación de los túneles de aspiración desde aguas abajo hacia los pozos de la central, pero sin llegar a alcanzar los tramos ya construidos. Se dejará un pequeño tramo por seguridad frente a una posible avenida por encima de la ataguía de protección

A continuación, en sentido contrario, desde dentro hacia afuera, se procederá al revestimiento de los mismos.

- e. Construcción de la estructura de las tomas inferiores.

Ya una vez de nuevo en época de estiaje, se finalizará esta fase con las siguientes actividades:

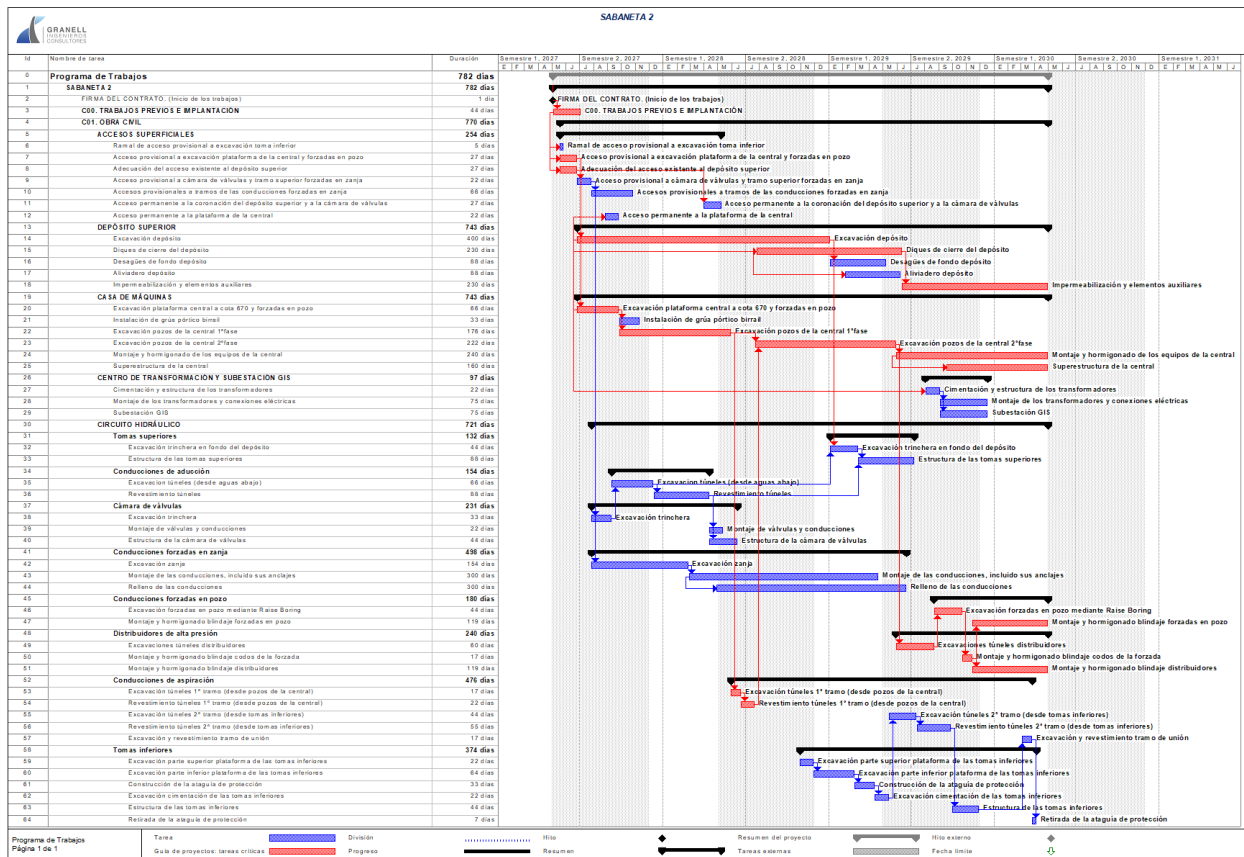
- f. Terminación de los túneles de aspiración, concluyendo la conexión entre los tramos construidos. Se compaginará con la finalización del montaje y hormigonado de los equipos de la central.
- g. Retirada de la ataguía de protección.

Por lo que resumiendo esta fase:

- Coincidiendo con una época de estiaje, de diciembre a abril (5 meses), en la cual coordinadamente con la bajada de nivel usual del embalse, se realiza la excavación de las tomas hasta cota 620 y se culmina la ataguía de protección hasta la cota 635.
- En la época de lluvias siguiente, de mayo a noviembre (7 meses), y pudiendo recuperar parte del volumen del embalse hasta la cota 634, se construyen los túneles de aspiración y la estructura de las tomas inferiores.
- Finalmente, durante la época de estiaje siguiente, en el tiempo de la misma que se considere oportuno, dependiendo de la gestión del embalse que se requiera, y compaginado con la finalización del montaje y hormigonado de los equipos de la central, se realizará el último tramo de los túneles de aspiración y la retirada de la ataguía.

El plazo total estimado para la realización de los trabajos es de 3 años (36 meses). Se incluye a continuación el programa de obra:

**PROYECTO DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA POR
HIDROBOMBEO SABANETA II (PROVINCIA DE SAN JUAN)
ANEJO XX. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**



Como última fase, ya fuera de la propia construcción del hidrobombeo, se debe de considerar un tiempo extra para el comisionado de los grupos de la central y su puesta en marcha. Esta fase incluye repetitivos llenados del depósito superior, que pueden ser parciales o totales.