

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
CONSTRUCCIÓN PRESA Y OBRAS ANEXAS

CAPÍTULO 16

SUMINISTRO Y MONTAJE DE EQUIPOS ELECTRO MECÁNICOS DE LA DESCARGA DE FONDO

TABLA DE CONTENIDO

16.	EQUIPO HIDROMECAÁNICO PARA LA DESCARGA DE FONDO.....	2
16.1	ALCANCE.....	2
16.2	GENERALIDADES.....	2
16.2.1	Diseño y cálculo.....	2
16.2.2	Materiales.....	2
16.3	DISEÑO Y CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	3
16.3.1	Válvula Howell-Bunger.....	3
16.3.2	Blindaje de acero aguas abajo de la válvula Howell-Bunger.....	4
16.3.3	Válvula Mariposa.....	4
16.4	ESPECIFICACIONES DE OBRA.....	4
16.4.1	Válvula Howell-Bunger.....	4
16.4.2	Válvula Mariposa.....	5
16.4.3	Herramientas y repuestos para las válvulas.....	7
16.4.4	Unidades de control oleohidráulico y eléctrico.....	8
16.4.5	Sistema de lubricación a alta presión.....	12
16.4.6	Blindajes de la descarga de fondo. Secciones aguas arriba, intermedia y aguas abajo.....	12
16.4.7	Ensayos sobre modelo.....	15
16.5	MEDIDA Y PAGO.....	16
16.6	ÍTEMS DE PAGO.....	16

16. SUMINISTRO Y MONTAJE DE EQUIPOS ELCTROMECÁNICOS DE LA DESCARGA DE FONDO

16.1 ALCANCE

El Contratista deberá diseñar, suministrar e instalar los equipos para la descarga de fondo en la presa Misicuni conforme a lo que se especifica más adelante. La instalación de todos los equipos será realizada en seco, desviando las aguas del río a través de dos tuberías ubicadas debajo de la cámara de válvulas.

La instalación de todos los equipos de la descarga de fondo y su empotramiento con hormigón deberá coincidir con la última temporada seca del contrato.

Los rubros principales del equipo para la descarga de fondo consisten en:

- Una válvula de servicio Howell-Bunger de 1,50 m de diámetro.
- Una válvula de guarda de mariposa de 2,0 m de diámetro con válvula de bypass.
- Un blindaje de acero de sección circular para el túnel aguas arriba de las válvulas.
- Una tubería de acero a instalarse entre las válvulas.
- Un blindaje de acero a instalarse aguas abajo de las válvulas.
- Equipos eléctricos e hidráulicos y otros de operación y control.

16.2 GENERALIDADES

16.2.1 Diseño y cálculo

El diseño y el cálculo se efectuarán según las Normas (Alemanas) DIN 19704 y 19705 y las referencias allí mencionadas.

Además de las cargas de diseño dadas en la norma DIN 19704, se considerará una aceleración sísmica:

$$y = 0,22 \text{ g}$$

Los esfuerzos admisibles en las partes metálicas deben ser aquellos especificados en las Normas DIN 19704 y 19705.

El Contratista podrá reducir los esfuerzos admisibles, si él lo considera necesario de acuerdo con la mejor práctica de ingeniería o por algún otro motivo.

16.2.2 Materiales

Para las partes de acero estructural y para las pruebas y ensayos de materiales se deberá aplicar la Norma DIN 17100.

El acero inoxidable deberá estar de acuerdo con la Norma DIN 17440.

Además de los requisitos generales mencionados anteriormente, el acero para propósitos específicos deberá ser suministrado según lo siguiente:

Acero en planchas para compuertas y marcos:

Partes en tensión o compresión debido a cargas o pesos	DIN 17100 ST 37-3 ó 52-3
Partes secundarias	DIN 17100 ST 37-2
Acero inoxidable	DIN 17440 x 12 Cr Ni S18-8 o equivalente
Tubos de acero para los servomotores	DIN 2448/1629-3
Biela del pistón para los servomotores:	
• En acero inoxidable	DIN 17440
• En acero ordinario	DIN 17200
Tuberías hidráulicas:	
• En acero inoxidable	DIN 17440 x Cr Ni 18-9 o equivalente
• En acero ordinario	DIN 2391
Acero fundido	DIN 1681
Sellos de compuertas	Neopreno resistente contra el envejecimiento

Los materiales deberán ser suministrados con sus correspondientes certificados de fabricación de acuerdo con la norma DIN 50049-2.3.

16.3 DISEÑO Y CONDICIONES DE OPERACIÓN

16.3.1 Válvula Howell-Bunger

La válvula Howell-Bunger se diseñará para cumplir con los siguientes requisitos:

- Todos los componentes se diseñarán de manera tal que los esfuerzos de trabajo bajo una cabeza bruta máxima de 103 m y una descarga máxima de 50 m³/s no excedan los valores especificados de los materiales utilizados.
- La válvula se diseñará para operación continua bajo todo el rango de cabeza y descarga, hasta la condición de trabajo máxima, tal como se mencionó atrás, sin vibración, ruido u oscilación excesiva, y sin picadura o deterioro excesivamente rápidos de los componentes.
- La válvula se diseñará para una descarga máxima de 50 m³/s bajo una cabeza bruta máxima inicial de 69 m. En estas condiciones el cilindro de la válvula estará abierto en un 75% (75% de la carrera de los servomotores).
- El sistema de control de la válvula será tal que bajo el rango de cabeza bruta entre 69 m y 103 m, la descarga de la válvula no exceda 50 m³/s.
- La válvula se proporcionará de tal forma que cuando esté totalmente abierta, el área de descarga no exceda el 90% de la sección transversal neta de los conductos de agua de la válvula, teniendo en cuenta el área ocupada por la espina central, si la hay, y las aletas de soporte.
- Se suministrarán seis aletas de soporte.
- El tiempo de operación de la válvula para apertura en el punto de carrera máxima, tanto abriendo como cerrando, será del orden de 5,0 minutos.

Se debe anotar que la cabeza bruta final de 103 m corresponde a la etapa final de Misicuni, con un nivel máximo normal de embalse a la elevación 3774 msnm. La cabeza bruta inicial máxima de 69 m corresponde al desarrollo de la primera etapa de la presa con un nivel máximo normal a la elevación 3740 msnm, tal como está definido en el presente contrato. Durante la construcción futura de la segunda etapa de la presa (no incluida en el presente contrato), la descarga de fondo será usada para controlar los niveles del embalse y, por lo tanto, la válvula Howell-Bunger deberá ser capaz de operar continuamente durante períodos prolongados.

16.3.2 Blindaje de acero aguas abajo de la válvula Howell-Bunger

El sector a blindar aguas abajo de la válvula Howell-Bunger es de sección circular con diámetro variable, hasta un máximo de unos 4,0 m. El sector de blindaje se diseñará para disipar las altas velocidades de las descargas de la válvula Howell-Bunger. El esquema geométrico del blindaje será tal que prácticamente toda la energía cinética del agua sea disipada, con poca o nula velocidad residual en sentido paralelo al eje del túnel. El Contratista deberá demostrar la efectividad de su diseño por medio de un modelo hidráulico, tal como se describe más adelante.

16.3.3 Válvula Mariposa

La válvula mariposa será diseñada para satisfacer los siguientes requerimientos:

- La válvula mariposa se diseñará para apertura normal bajo condiciones de igualdad de presión con la válvula de bypass abierta y la válvula Howell-Bunger cerrada.
- La válvula mariposa será capaz de cerrarse contra una cabeza máxima, a saber, una cabeza bruta de 103 m y descarga máxima de 50 m³/s.
- Todos los componentes de la válvula serán diseñados de manera que los esfuerzos de trabajo durante el cierre, bajo las condiciones descritas atrás, no excedan los valores especificados para los diferentes materiales utilizados.
- La válvula mariposa estará normalmente en posición abierta. Se cerrará únicamente para efectos de mantenimiento de la válvula Howell-Bunger.

16.4 ESPECIFICACIONES DE OBRA

16.4.1 Válvula Howell-Bunger

16.4.1.1 Cuerpo de la válvula

El cuerpo de la válvula será construido con lámina de acero rolado de al menos 50 mm de espesor, hasta conformar su diámetro interno de diseño, y se soldará a una brida para pernado en acero forjado en el extremo de aguas arriba, un cabezal cónico en el extremo de aguas abajo, y seis costillas radiales extendiéndose a lo largo de la válvula. La brida para pernado en el extremo de aguas arriba será mecanizada con una cara plana y una ranura rectangular para albergar un empaque de caucho y será estructuralmente adecuada para soportar todo el conjunto de la válvula bajo cualquier condición de operación, al estar pernada a la brida compañera.

De acuerdo con el diseño del fabricante, la válvula podrá o no estar provista de una espina central. La longitud total de la válvula deberá ser la menor posible, consistente con un diseño hidráulico suave, garantizando máxima rigidez y el menor voladizo posible.

La sección transversal del borde de ataque de las costillas deberá tener un perfil hidrodinámico adecuado. Las costillas y la cabeza del deflector deberán proyectarse más allá del extremo de aguas abajo del cuerpo de la válvula en una distancia suficiente para permitir la capacidad máxima de descarga entre el extremo del cilindro y el extremo del cono. El cuerpo de la válvula será mecanizado en su exterior para recibir una camisa cilíndrica de acero inoxidable de al menos 10 mm de espesor, sobre la cual se deslizará la compuerta de la válvula, y los bordes de las costillas radiales a lo largo de los puertos de descarga deberán recubrirse con una capa de acero inoxidable de al menos 3,0 mm de espesor para quedar a la par con la superficie de la camisa cilíndrica. La unión entre la camisa de acero inoxidable y el cuerpo de la válvula deberá sellarse, donde se requiera, para prevenir acumulación de presión entre estos elementos. Después de la instalación del cuerpo, la camisa cilíndrica y las costillas revestidas en acero inoxidable serán suavemente torneadas y pulidas a lo largo de sus superficies expuestas.

La brida en el cuerpo de la válvula deberá ser de un espesor adecuado para resistir las fuerzas de cantilever y la cabeza hidrostática. Ambas bridas deberán tener caras planas y lisas, y el acabado de la brida compañera deberá ser compatible con el sello elástico. Los pernos de brida deberán suministrarse con la válvula.

16.4.1.2 Válvula de compuerta

La válvula de compuerta será fabricada mediante un proceso de soldadura y hecha de acero al carbono revestido con acero inoxidable, con un revestimiento no inferior a 3,0 mm de espesor, o bien, de lámina sólida en acero inoxidable, soldada junto con un anillo rigidizante en acero pesado en cada extremo, y con anillos rigidizantes intermedios, si se requieren, para evitar deformaciones cíclicas del círculo de la camisa durante las descargas. La compuerta deberá construirse para deslizarse en dirección aguas arriba sobre la camisa de acero inoxidable en el cuerpo de la válvula para abrirse, y en dirección aguas abajo sobre los puertos de la válvula para cerrarse. La superficie interior de la válvula de compuerta será mecanizada totalmente para lograr un ajuste adecuado para su deslizamiento sobre la camisa de acero inoxidable en el cuerpo de la válvula y las costillas revestidas con acero inoxidable. El extremo aguas abajo de la compuerta deberá tener una superficie en acero inoxidable, la cual deberá ser mecanizada con precisión para lograr asentar perfectamente contra un anillo de asiento de acero con superficie de contacto de acero inoxidable biselada y soldada. El anillo de asiento deberá estar adherido al cuerpo mediante los pernos y empaques que sean necesarios. El sello resultante, cuando nuevo, no deberá permitir fuga alguna al ser sometido a la cabeza máxima. Si es preciso, se puede utilizar un sello de caucho en el diseño para lograr estanqueidad. El sello de caucho deberá quedar fuera del torrente de agua y deberá poder quitarse y reemplazarse sin desmantelar la válvula de compuerta o el cuerpo. Para tal fin, se deberá instalar un retenedor pernado al cono y deberá retener el sello de caucho. El extremo de aguas arriba de la compuerta deberá perforarse para alojar los anillos y la empaquetadura de caucho entre ésta y la camisa de acero inoxidable, formando así un sello efectivo en este extremo para cualquier apertura de la compuerta. La empaquetadura deberá ser presionada en su sitio por medio de un anillo prensa-empaque de acero inoxidable.

16.4.1.3 Mecanismo de operación

El sistema usado para operar la válvula de compuerta consistirá de dos servomotores, colocados en cada lado de la compuerta, a lo largo del diámetro horizontal de la válvula. Cada servomotor consistirá en un cilindro de lámina rolada en acero del tipo doble acción; un pistón de acero pesado provisto de anillos cromados para pistón, y un vástago de pistón de acero inoxidable provisto de una caja de empaquetadura ajustable, limpiadores de vástago y sellos contra polvo y agua en el sitio por donde pasa el vástago por la cabeza del cilindro. Se deberá asegurar bien el vástago a la válvula de compuerta por medio de un atenuador de vibraciones diseñado para impedir que vibraciones no deseadas lleguen a la caja de empaquetadura y el pistón. El cuerpo del cilindro deberá estar provisto con una brida pesada para fijación a soportes para montaje soldados al cuerpo de la válvula. Todas las tuberías y conexiones hidráulicas, al igual que el anillo prensa-empaque alrededor del vástago del pistón, deberán estar protegidos de salpicaduras de agua por medio de escudos y deflectores adecuados. Las conexiones para enviar presión de aceite al cilindro se deberán hacer por medio de tuberías rígidas de alta presión. No se deberá utilizar manguera flexible.

La presión de aceite para los servomotores deberá ser suministrada por el sistema que alimenta tanto la válvula Howell-Bunger como su válvula mariposa de guarda.

16.4.2 Válvula Mariposa

16.4.2.1 Cuerpo de la válvula

El cuerpo de la válvula deberá estar hecha de acero fundido y/o secciones de lámina de acero soldadas entre sí. Deberá ser de construcción robusta y adecuadamente acostillada para resistir, de manera segura y sin deflexiones inadmisibles, las fuerzas hidráulicas actuando directamente sobre el cuerpo y aquellas resultantes del empuje del disco de la válvula. La válvula deberá estar diseñada para transmitir el empuje hidráulico al lado aguas arriba del cuerpo de la válvula y al blindaje de acero embebido. Las carcasas de alojamiento de los

cojinetes de los muñones deberán formar parte integral del cuerpo de la válvula. El cuerpo de la válvula estará provisto de bridas para conexión con pernos a bridas similares en los extremos de aguas arriba y aguas abajo, tal como se indica en los planos.

El cuerpo de la válvula deberá estar provisto de patas integrales de soporte diseñadas para transmitir toda la carga vertical, incluyendo el peso de la extensión de la brida y del agua albergada, además del empuje de los cilindros para operación de la válvula, a la placa de base asegurada en los pedestales de hormigón. Las placas de base, junto con sus pernos de anclaje, deberán ser suministradas con la válvula. Las patas de soporte de la válvula deberán tener orificios para los pernos de anclaje u otro sistema de guías para permitir cualquier movimiento longitudinal que puede ocurrir debido a la elongación de la parte expuesta del conducto, inmediatamente aguas arriba de la válvula durante el cierre; las superficies correspondientes deberán tener un acabado suave para facilitar este movimiento.

16.4.2.2 Disco de válvula y eje

El disco de la válvula deberá fabricarse en acero fundido o en lámina de acero soldada o una combinación de ambos, robustamente diseñada y fuertemente acostillada internamente para soportar la máxima presión diferencial posible a través del disco de válvula cerrado, con deflexión mínima. El disco deberá ser moldeado y con un acabado tal que minimice las perturbaciones de flujo y deberá estar provista de huecos de drenaje en la cara del lado de la descarga. El disco deberá estar adecuadamente mecanizado en el borde y provisto con un revestimiento o capa de acero inoxidable en su periferia para protección contra la corrosión y abrasión.

Si el disco de la válvula es de tipo lenticular, el eje de la válvula deberá ser de acero forjado en una sola pieza para extenderse completamente a través del disco de la válvula, con los extremos del eje conformando los muñones a ser soportados por los cojinetes en el cuerpo de la válvula. Si la válvula es de tipo biplanar, se utilizarán medios-ejes firmes fijados al disco. Las zonas del muñón y de sellos deberán estar provistas de capas resistentes a la corrosión no inferior a 3,0 mm de espesor. Se suministrarán sellos en los extremos de los muñones para minimizar fugas. Los sellos de los muñones deberán ser diseñados y construidos de modo que proporcionen confiabilidad, larga vida y reemplazo sencillo. Deberá ser posible cambiar estos sellos con las válvulas sometidas a presión y en su posición abierta; el caudal de las fugas durante la remoción y cambio de los sellos será tal que pueda ser fácilmente evacuado.

16.4.2.3 Sellos de los discos y muñones

El disco de válvula y el cuerpo de la válvula deberán diseñarse y mecanizarse para acomodar los sellos de la válvula. Los sellos serán diseñados y construidos con materiales que proporcionen máxima estanqueidad consistente con su confiabilidad, larga vida, mínimo mantenimiento, y fácil ajuste y reemplazo. El sello será en bronce para asentar contra una banda de acero inoxidable.

Los retenedores de sello y dispositivos de ajuste serán fabricados de metal resistente a la corrosión.

16.4.2.4 Muñón del disco

El cojinete del muñón del disco principal deberá tener su soporte en el cuerpo de la válvula. El cuerpo de la válvula deberá estar provisto de cojinetes de bronce auto-lubricantes impregnados en aceite, tales como manguitos LUBRITE fabricados por Merriman Inc., Massachusetts, USA, para los muñones del disco de la válvula. Los cojinetes deberán diseñarse y construirse para efectuar ajustes desde el exterior de la carcasa. Las camisas de los cojinetes deberán diseñarse de manera que la deflexión del disco e inclinación del muñón generados por la carga de agua sobre el disco en la posición cerrada, no resulte en la unión entre los muñones y los cojinetes. Las carcasas de los cojinetes deberán construirse como parte del cuerpo de la válvula y deberán transmitir las cargas al cuerpo de ésta.

16.4.2.5 Válvula y tuberías de bypass

Se deberá suministrar una línea de bypass junto con la válvula de mariposa, la cual deberá suministrarse completa, con una válvula de aguja operada hidráulicamente y las válvulas de guarda operadas manualmente mediante engranajes a ambos lados de la válvula de aguja, para las condiciones de presión especificadas. El diámetro nominal de la válvula y tuberías del bypass será de 200 mm. Las válvulas de guarda deberán ser de acero fundido, tipo compuerta, con cuñas sólidas y acabado en bronce. La línea de bypass será utilizada para rellenar el volumen aguas abajo de la válvula de mariposa para igualar las presiones aguas arriba y aguas abajo, antes de abrir la válvula.

La tubería de bypass será tubería de acero sin costuras con uniones de brida pernadas. Se deberán suministrar los pernos, tuercas y empaques necesarios para una instalación completa. Se instalará un acople adecuado en la línea aguas abajo de la válvula de aguja para ayudar en el montaje y desmantelamiento.

La válvula de bypass será de tipo aguja, con anillo de asiento de acero, y será operada hidráulica o manualmente. El operador hidráulico operará desde el sistema de suministro de presión de aceite de la válvula mariposa y deberá ser capaz de abrir o cerrar la válvula del bypass bajo una cabeza de presión diferencial de 125 m. Se deberá implementar un mecanismo de manivela para operación manual, con un sistema para impedir la operación manual cuando esté operando hidráulicamente, con interruptores de "abierto" y "cerrado", cada uno con dos circuitos de contacto independientes para ejercer las funciones de control especificadas.

16.4.2.6 Mecanismo de operación

El mecanismo de operación de la válvula mariposa constará de un conjunto de cilindro de operación hidráulico con bases y pernos de anclaje, uniones de conexión y dispositivos de cierre. El mecanismo de operación deberá tener suficiente capacidad para accionar suavemente el disco de la válvula a lo largo del recorrido completo de apertura y cierre, en un tiempo no superior a dos minutos, bajo las condiciones especificadas, con la presión mínima de aceite de operación.

El cuerpo del cilindro de operación será fabricado de acero forjado, acero fundido o soldada a partir de lámina de acero y estará adecuadamente perforada para recibir el pistón. El vástago del pistón que conecta el pistón a la conexión de la palanca de operación deberá tener recubrimiento de cromo. Se suministrarán limpiadores de vástago y sellos guardapolvo. La palanca será de acero la cual deberá fijarse al muñón de la válvula.

Las conexiones para la presión de aceite al cilindro hidráulico se harán mediante tubería rígida de alta presión para permitir el giro de uniones en el muñón del cilindro. No se permitirá el uso de mangueras flexibles.

El mecanismo de operación incluirá topes adecuados para limitar el recorrido del disco en las posiciones de máxima apertura y cierre, y un mecanismo de bloqueo manual para mantener el disco en posición cerrada. El bloqueo deberá ser capaz de resistir toda la fuerza de operación del mecanismo de operación a fin de impedir la apertura de la válvula cuando esté en mantenimiento, o bajo cualquier otra condición, independientemente de la operación de los controles. Se implementará un dispositivo mecánico indicador de posición para indicar la posición del disco de la válvula.

16.4.3 Herramientas y repuestos para las válvulas

16.4.3.1 Herramientas especiales

Se suministrarán las siguientes herramientas, equipo misceláneo para montaje y mantenimiento y dispositivos, los cuales se deberán incluir en el precio de las válvulas en la oferta.

- Un juego completo de llaves inglesas de acero de alta resistencia, identificadas y colgadas en un tablero de llaves.

- Un juego completo de pernos de cáncamo, gatos de tornillo, conexiones de engrase, dispositivos de lubricación, empaques y demás aditamentos para cada válvula suministrada que se requiera para hacer de cada válvula una unidad integral lista para operación.
- Un juego de dispositivos de izamiento para acoplar, manejar, ensamblar e instalar las válvulas o sus componentes.
- Todas las herramientas especiales y equipos o dispositivos requeridos o que puedan ser de utilidad para lograr el más expedito ensamble o desmantelamiento de cualquier parte de las válvulas.

Se presentará una lista de ítems de herramientas especiales y equipos suministrada con las válvulas.

16.4.3.2 Repuestos

El fabricante suministrará y remitirá un juego de los siguientes repuestos para cada válvula y sus aditamentos:

- Un juego completo de sellos y empaques para cada válvula, válvula de bypass y válvula de control.
- Un juego completo de anillos de sello y anillos de asiento para cada válvula.
- Un juego completo de anillos prensa-empaque para cada válvula.
- Una aguja de acero inoxidable para cada válvula de bypass.
- Un juego de anillos para cada válvula de bypass.
- Un juego completo de repuestos para los mecanismos de operación.
- Un juego completo de repuestos para el sistema de suministro de presión de aceite.
- Un juego completo de repuestos para las bombas y motores.
- Un juego completo de repuestos eléctricos para el tablero de control de la válvula, tales como fusibles, tapas de color, luces piloto, medidores e instrumentos.

Se suministrará una lista de ítems de repuestos adicionales, incluyendo precios que el fabricante recomiende adquirir junto con las válvulas. En la elaboración de esta lista, se tendrá en cuenta el tiempo muerto inherente, en caso de que se requiera un repuesto por falla de un componente crítico.

Todos los repuestos serán intercambiables y de los mismos materiales y calidad que los originales. Todos los repuestos serán manejados y empacados debidamente para protegerlos contra su deterioro durante su almacenamiento. Se demarcarán las cajas claramente para identificar los repuestos que contienen.

16.4.4 Unidades de control oleohidráulico y eléctrico

16.4.4.1 Generalidades

La unidad oleohidráulica (unidad motobomba) y el tablero de control se encuentran en la cámara de compuertas del desagüe de fondo. Las compuertas serán operadas solamente desde la cámara de compuertas.

16.4.4.2 Unidad oleohidráulica

Las bombas con motor eléctrico serán instaladas sobre un tanque de aceite común, de manera tal que la unidad oleohidráulica completa forme una unidad compacta. El tanque de aceite deberá ser fijado al piso por medio de soportes provistos de amortiguadores capaces de absorber la energía o los choques.

El Contratista deberá suministrar un total de dos bombas hidráulicas (una para cada compuerta). Deberá ser posible operar cada una de las compuertas con la bomba 1 ó 2 pero deberá también ser posible operar cada compuerta con ambas bombas conjuntamente de manera tal que las compuertas puedan abrirse o cerrarse en la mitad del tiempo. Las bombas deberán poderse arrancar y/o detenerse automáticamente por medio de los indicadores de presión tan pronto como la presión máxima haya sido alcanzada.

Las bombas hidráulicas deben ser impulsadas por motores eléctricos trifásicos de 380 V y 50 Hz a través de elementos elásticos. El grado de protección requerido para las componentes eléctricas deberá ser de conformidad con las condiciones tropicales y de acuerdo con IP54 de DIN 40 050.

Adicionalmente a la operación electrohidráulica, todas las compuertas deberán poder ser operadas manualmente. Para tal efecto una bomba hidráulica operada manualmente deberá también ser instalada sobre el tanque de aceite. Deberá ser posible izar o cerrar las compuertas mediante la acción simultánea de cuatro hombres en un período de dos horas.

El tanque de aceite deberá ser equipado con un indicador de nivel, un conmutador eléctrico para dar una señal de alarma para el nivel mínimo del aceite, filtros de succión de flujo invertido, tapa de filtro con colador, válvula de drenaje, etc.

La unidad hidráulica deberá además ser equipada con:

- Dos válvulas solenoides con operación manual de emergencia para el funcionamiento del equipo hidráulico de izado de las compuertas en caso de falta de energía.
- Cuatro indicadores de presión con escalas marcadas con la presión máxima de operación.
- Interruptores de presión para cortar el motor eléctrico cuando las compuertas se encuentran completamente abiertas, cerradas o atascadas en una posición intermedia.
- Varias otras válvulas tales como válvulas de seguridad para alta presión, válvulas de seguridad para las bombas, válvulas de control para las válvulas de regulación actuadas hidráulicamente, válvulas de evacuación, etc.
- El primer llenado con aceite (tipo aircraft) deberá también ser incluido.

16.4.4.3 Tubería de presión hidráulica

La tubería de presión hidráulica debe ser construida con acero inoxidable sin costura. Todas las conexiones serán atornilladas y diseñadas para un mínimo de 250 bars.

Los acoplamientos y todas las conexiones deben ser de acero al carbón y deberán estar protegidos contra la corrosión.

Una vez que el sistema hidráulico completo sea montado, éste deberá ser probado con una presión correspondiente a dos veces la presión máxima de diseño, pero sin exceder 500 bars.

16.4.4.4 Unidad de control eléctrica

La unidad de control eléctrica consiste en los controles para las compuertas y todas las alarmas y deberá estar contenido en dos cajas de acero robustas que formarán parte del tablero de control.

Lo siguiente deberá ser instalado como parte del sistema de control de la compuerta:

- Un conmutador principal (operado con una llave).
- Un conmutador selector de bomba con posiciones: bomba 1 – bomba 2 – bombas 1+2.
- Dos unidades de botón a presión, cada una para “abrir – parar - cerrar”.
- Dos indicadores de posición mostrando “abierta - posición intermedia - cerrada” para la compuerta de regulación y para el diafragma de gaveta.
- Un indicador de posición mostrando “abierta - stand-by - posición intermedia - cerrada” para la compuerta de reserva.
- Varias luces de alarma como:
 - Falla de tensión de mando
 - Falla del motor
 - Sobrepresión aceite
 - Compuerta atascada
- Dos contactores de protección para los motores y fusibles.
- Dispositivos de limitación del tiempo de maniobra de las compuertas regulables según la necesidad.
- Un transformador de aislamiento para la alimentación de los circuitos de mando.
- Calefacción.

Para el control normal se aplica la tensión secundaria del transformador aislador p.e. 110 V o 220 V. Para señalización se preverán contactos libres de potencial para la transferencia de la posición de la compuerta y de las alarmas.

Todos los cables de interconexión “Tablero - Unidad hidráulica” y “Tablero - Contactos fin de carrera” se incluirán en el suministro.

No forman parte del suministro las alimentaciones en 380 V.c.a y 48 V.c.c del tablero a partir de la distribución eléctrica del edificio.

Las órdenes al botón a presión deben ser efectivas solamente cuando el conmutador principal esté conectado. Las operaciones de maniobras de la válvula y de inicio del bombeo deberán ser posibles solamente pulsando el botón.

El tablero de control de la unidad de control eléctrico deberá estar incluido también en el suministro.

16.4.4.5 Sistemas Control Automatizado

La operación de las válvulas deberá ser posible realizarla desde un centro de control interconectado con el PLC o Controlador de bocatoma. Para este objetivo se tiene que contar con un PLC en la cámara de válvulas que permita la operación a distancia de la válvula conjuntamente con el telecontrol de las compuertas de bocatoma.

Así mismo, el contratista deberá instalar un flujómetro que registre de manera continua los caudales que se evacuen por la descarga de fondo. Dicho flujómetro, deberá ser del tipo Ultrasonico y con 4 haces de medición y estar conectado a registradores de datos para un continuo almacenamiento y envío de esta información al centro de control. El pago de este sistema se lo hará de acuerdo a lo indicado en el ítem 24.

16.4.4.6 Herramientas e instrumentos

El Contratista deberá suministrar un juego de herramientas e instrumental para el mantenimiento, incluyendo todas las piezas necesarias tales como llaves inglesas, pinzas, etc (todas de acero inoxidable), así como también una bomba para engrasar. Todas las herramientas tendrán que ser colocadas en un armario de acero cerrado e instalado en la pared. Entre el instrumental necesario se contempla:

1 kit para empalme de fibra óptica

1 medidor de atenuación de señal en fibra óptica

1 calificador de cable de red con capacidad de medición en 10, 100, 1000 y voz sobre IP

3 multímetros industriales, categoría IV a 600 voltios

1 calibrador de Presión, corriente, temperatura.

1 Bomba de presión y 1 o 2 módulos de presión para calibración de los sensores y switches de presión.

1 detector de fases

1 osciloscopio portátil, 20 Mghz.

2 Pinzas de corriente AC/DC 1000 Amperios

1 Medidor de aislamiento

1 medidor de aterramiento

1 Pinza watimétrica

1 Pistola para medir temperaturas puntuales por infrarrojo, rango hasta 600 C

1 Fuente variable de AC (VARIAC, 2 KW, 0 a 250 VAC)

1 Fuente DC, 0 a 50 voltios, voltaje y corriente regulable

3 Juegos de herramientas menores como ser Alicates de fuerza, de corte, de punta, pelacables, destornilladores, etc.

El Contratista deberá suministrar e instalar dos extinguidores de tipo CO₂ y/o del tipo "polvo".

16.4.4.7 Repuestos

Los repuestos siguientes tendrán que ser suministrados para la unidad de control hidráulico:

- Un juego completo de juntas de diversos diámetros para cada elemento.
- 5% de todos los tornillos, pernos, tuercas y arandelas.
- Un juego de cepillos al carbón para motor.
- Un juego de anillos y prensa estopa de bomba manual.
- Una bobina solenoide para cada tipo de válvula.
- Tres uniones para tuberías de aceite.
- Un juego de contactos, lámparas de alarma, relés.

16.4.5 Sistema de lubricación a alta presión

Un sistema de lubricación a alta presión deberá ser suministrado para lubricar las guías y superficies deslizantes en ambas compuertas antes y durante la operación. El sistema de lubricación deberá ser operado por medio de un motor y comprenderá:

- Un dispositivo de lubricación a alta presión con motor eléctrico que será puesto en acción antes y durante el movimiento de la compuerta.
- Un tanque de grasa de lubricación de 10 kg de capacidad e indicador de presión.
- Una válvula de dos sentidos para la lubricación de la compuerta de regulación o de la compuerta de reserva según se requiera.
- Dos distribuidores autorreguladores (uno para cada compuerta), cada uno con un mínimo de ocho ramificaciones, válvulas de control y acoplamientos para conectar con los ductos lubricadores.

El dispositivo de lubricación y los distribuidores deberán ser fijados a las paredes de la cámara de compuertas. Cada uno de los ductos deberá ser conectados a cada lado del marco de la compuerta. Ambos empalmes de cada ducto particular tendrán que ser conectados al marco de la compuerta al mismo nivel en ambos lados; los ductos de lubricación tendrán que ser empotrados en el hormigón a lo largo de los marcos de la compuerta.

Los ductos principales de lubricación entre el elemento de distribución y los marcos de la compuerta deberán ser tubos de acero inoxidable sin costura. Todas las conexiones deberán ser atornilladas, con uniones de acero tipo carbón correctamente protegidas contra la corrosión.

16.4.6 Blindajes de la descarga de fondo. Secciones aguas arriba, intermedia y aguas abajo

16.4.6.1 Generalidades

El Contratista deberá diseñar, suministrar e instalar el blindaje de acero para las secciones aguas arriba de la válvula de reserva de la descarga de fondo y entre las válvulas y aguas abajo de las válvulas, tal como se describe más abajo.

El diseño será realizado de acuerdo con las normas alemanas DIN 19704 y DIN 19705.

16.4.6.2 Blindaje de la descarga de fondo aguas arriba

El blindaje de acero de la descarga de fondo aguas arriba comprenderá dos secciones (partes A y B), diseñadas, fabricadas e instaladas tal como se especifica más adelante.

Parte A. Sección de hormigón

- Características técnicas
 - Longitud 12,45 m
 - Diámetro 2,0 m
 - Calidad del material Min ST 52-3 según DIN 17100
 - Espesor mínimo de la plancha 20 mm
- Criterios de diseño
 - Caso de carga normal NB:

El blindaje de acero, conjuntamente con el hormigón a su alrededor, deberá poder resistir a la presión hidrostática interna y/o externa con vacío en el interior correspondiente al nivel de

agua en el embalse de 3774 msnm (nivel de retención). Un espesor suplementario de 5 mm deberá ser considerado para el blindaje debido a la corrosión y abrasión.

El blindaje deberá ser suministrado con suficientes piezas de refuerzo (puestos transversalmente a la dirección de la corriente) y anclajes para transmitir al hormigón cualquier carga aplicada.

Parte B. Sección en cámara de válvulas

- Características técnicas

➤ Longitud	1,20 m
➤ Diámetro	2,0 m
➤ Calidad del material	Min ST 52-3 según DIN 17100
➤ Espesor mínimo de la plancha	25 mm

- Criterios de diseño

- Caso de carga normal NB:

El blindaje de acero debe poder resistir a la presión hidrostática completa, interna y/o externa con vacío en el interior, correspondiente al nivel de agua en el embalse de 3774 msnm, sin tener en cuenta el hormigón de los alrededores. Deben ser considerados 5,0 mm adicionales por encima del espesor de diseño del blindaje de acero para tener en cuenta la corrosión y la abrasión.

El blindaje deberá ser reforzado con piezas de refuerzo transversales a la dirección de la corriente que deberán ser dimensionadas también sin tener en cuenta el hormigón de los alrededores. Una atención particular deberá ser dada a la redistribución de los esfuerzos en las esquinas, y prever refuerzos de esquina donde sea necesario.

El blindaje de acero también deberá poder transmitir al hormigón alrededor los esfuerzos hidrostáticos actuando sobre las compuertas cuando éstas se encuentren cerradas o parcialmente abiertas.

- Caso de carga con terremoto, caso AL:

La carga de terremoto deberá ser considerada aumentando la presión interna de diseño en un 22%.

16.4.6.3 Tubería intermedia de la descarga de fondo (Parte C entre las válvulas)

La tubería intermedia de la descarga de fondo consistirá en un tubo único blindado tal como se describe más adelante.

Características técnicas

• Longitud	Aprox. 3,90 m
• Sección aguas arriba	1,20 m de longitud x 2,0 m de diámetro
• Sección aguas abajo	1,50 m de longitud x 1,50 m de diámetro
• Sección de transición	1,20 m de longitud
• Calidad del material	Min ST 52-3 según DIN 17100
• Espesor mínimo de la plancha	30 mm

Criterios de diseño

Deberán ser aplicados los mismos criterios de diseño que para la parte B. Los esfuerzos hidrostáticos que actúan sobre las válvulas cuando éstas se encuentren en posición cerrada o parcialmente cerradas serán transmitidos a través del marco de la válvula a la parte B del blindaje aguas arriba y de allá al hormigón de su alrededor.

16.4.6.4 Blindaje de la descarga de fondo aguas abajo

El Contratista deberá suministrar e instalar un blindaje de acero aguas abajo de la válvula Howell-Bunger.

Características técnicas

- Longitud 5,0 m
- Sección Circular con diámetros entre 2,20 y 4,0 m

Estos datos podrán ser modificados de acuerdo con los resultados obtenidos a partir de ensayos sobre modelos a ser realizados por El Contratista

- Calidad del material Min ST 52-3 según DIN 17100
- Espesor mínimo de la plancha 20 mm

Criterios de diseño

- Caso de carga normal NB:

El blindaje deberá ser diseñado para soportar el flujo de alta velocidad de flujo descargado por la válvula Howell-Bunger y para una presión externa de agua o de inyección de 5 bars. Los esfuerzos resultantes deberán ser transmitidos al hormigón de la segunda etapa o alrededor por medio de piezas de refuerzo transversal y de anclajes. El hormigón de la segunda etapa deberá ser anclado en el hormigón de la primera etapa por medio de barras de anclaje que serán colocadas en sitio por El Contratista anteriormente a la instalación del blindaje de acero.

- Fabricación e instalación de los blindajes aguas arriba, en la sección intermedia y aguas abajo

Todos los blindajes de acero deberán ser fabricados con orificios para el hormigonado y las inyecciones de la siguiente manera:

- Un orificio de 200 mm de diámetro deberá ser previsto entre uno de cada tres refuerzos en el umbral para el vaciado del hormigón alrededor del blindaje. Una vez hormigonado, los orificios tendrán que ser tapados por El Contratista soldando discos de un material con espesor idéntico a las chapas del blindaje correspondiente. Los discos tendrán que ser soldados, luego esmerilados y arrasados a la superficie del acero, sin contener ninguna protuberancia después de haber sido soldados.
- Tres orificios de inyección (de aproximadamente 2 pulgadas de diámetro) deben ser previstos entre cada refuerzo, uno en cada pared y uno en el umbral. Los orificios deberán ser provistos con tapas de acero pulidas fabricadas con acero de la misma calidad que el acero del blindaje. Los blindajes serán instalados con las tapas atornilladas en el sitio para el hormigonado. Una vez que los trabajos de hormigonado e inyecciones hayan sido realizados, El Contratista soldará las tapas permanentes en el blindaje de acero y los pulirá a ras de la superficie del blindaje.
- Agujeros que faciliten la evacuación de aire durante el hormigonado.

Como parte de la instalación, El Contratista deberá suministrar lo siguiente:

- Rieles en cantidad suficiente y un vehículo adecuado para el transporte de los diferentes segmentos del blindaje de acero hasta los sitios respectivos de instalación.
- Todos los tirantes, refuerzos, anclajes y soportes necesarios durante el hormigonado y las inyecciones. Los anclajes y soportes deberán poder resistir los esfuerzos laterales y de levantamiento que ocurren alrededor del blindaje durante el hormigonado. Una diferencia de niveles en el hormigón durante las operaciones de hormigonado de 0,4 m entre cada lado del blindaje deberá ser tomado en cuenta.

El Contratista deberá transportar, colocar y fijar en el sitio las diversas secciones del blindaje. Los elementos deberán ser anclados firmemente en su posición y soldados de tal manera que ningún movimiento ocurra cuando los elementos sean rellenos con el vaciado de hormigón.

Las soldaduras longitudinales entre planchas horizontales y verticales consistirán en soldaduras a tope de por lo menos 50% de penetración en el lado de escurrimiento y en ángulo (o a tope) en el lado hormigonado. Todas las soldaduras internas transversales deberán ser esmeriladas a ras de la superficie del blindaje.

El hormigón adyacente al blindaje de acero deberá ser vertido por etapas. La primera etapa será ejecutada sobre una altura de un metro por encima del umbral del blindaje, las etapas subsiguientes no excederán 2,4 m en altura.

Una vez que el período mínimo de tiempo de espera haya pasado, el espacio contenido entre el hormigón de relleno y el blindaje de acero deberá ser inyectado bajo presión. En los lugares donde no se pueda ejecutar con éxito las inyecciones entre el blindaje de acero y el hormigón de relleno, El Contratista deberá perforar orificios adicionales (y suministrar tapas de acero). Se harán los pagos por todos estos trabajos adicionales.

Las tolerancias siguientes sobre el blindaje instalado serán aplicadas para resaltes y protuberancias, así como pendientes de transición en los bordes transversales al flujo y dentro de las planchas.

	Tolerancia	Pendiente
Blindajes aguas arriba	1,0 mm	1:10
Tubería intermedia	0,5 mm	1:50
Blindaje aguas abajo	0,5 mm	1:20

16.4.7 Ensayos sobre modelo

El Contratista deberá llevar a cabo ensayos sobre modelo hidráulico en su propio laboratorio o en un laboratorio independiente debidamente aprobado para confirmar la operación satisfactoria de la descarga de fondo entre la extremidad del blindaje de acero aguas arriba y un punto suficientemente distante (por lo menos 20 m) aguas abajo del extremo de la válvula Howell-Bunger. Las condiciones del caudal de entrada serán debidamente reproducidas. Las pruebas serán lo suficientemente amplias y realizadas con una escala adecuada (no menos de 1:20) para confirmar la exactitud del diseño o para determinar las modificaciones que sean necesarias para asegurar una operación satisfactoria del prototipo.

El Contratista deberá someter con su propuesta una descripción detallada del modelo o de las series de modelos así como de las escalas que prevé adoptar. Se describirá lo anterior con detalle suficiente para que permita determinar la exactitud general del modelo o de los modelos. Antes de realizar los ensayos, detalles completos del modelo o de los modelos y de todas las instalaciones, puntos y medidas, instrumentación, etc. deberán ser sometidos para su respectiva aprobación.

Los ensayos sobre modelo incluirán, pero no serán limitados a ello, las investigaciones siguientes para las series de aperturas de válvulas y para diferentes niveles en el embalse:

- Curvas de descarga (coeficiente de descarga).
- Condiciones de presión en la trompeta de entrada y en los puntos críticos a lo largo del blindaje aguas arriba de las válvulas.
- Condiciones de presión en las zonas de las válvulas.

- Medidas de presión a lo largo del blindaje aguas abajo.
- Variar el sistema de aireadores previstos en la extremidad aguas arriba del blindaje.
- Las condiciones de corriente aguas abajo.
- Estudio de casos operacionales para la válvula de reserva cuando la válvula reguladora esté bloqueada en diversas posiciones intermedias.
- Longitud y configuración del blindaje de acero aguas abajo.
- Alimentación de aire.
- Cualquier otra investigación propuesta por El Contratista y aceptada por LA EMPRESA.

El modelo deberá ser transparente con el fin de permitir estudios visuales. Instrumentos confiables serán instalados para permitir la medición de los fenómenos transitorios tales como vibraciones, etc.

Los resultados de las pruebas deberán ser claramente resumidas en un informe que incluirá todos los resultados de los ensayos, con diagramas y fotografías. Un informe preliminar en dos copias deberá ser entregado una vez terminados los ensayos con el fin de determinar si son necesarios ensayos adicionales. El informe final, que incluirá todos los ensayos adicionales realizados será entregado en cuatro copias.

16.5 MEDIDA Y PAGO

Los ítems incluidos en este capítulo se pagarán globalmente según los precios unitarios cotizados por El Contratista para los rubros indicados en 16.6.

Cada uno de los ítems incluirán todos los costos necesarios para la adquisición de los equipos, instalaciones y accesorios indicados, completos y en perfecto estado de funcionamiento, conforme a los planos y especificaciones, e incluyendo todos los materiales, la mano de obra, el diseño, la fabricación, el transporte, el montaje y la instalación y pruebas de todos los equipos, instalaciones y accesorios. Por tratarse de pagos de sumas globales los ítems de pago no estarán sujetos a medición.

16.6 ÍTEMS DE PAGO

Todo el costo de los trabajos especificados en este capítulo deberá estar cubierto por los precios unitarios cotizados por El Contratista para los siguientes ítems:

Ítem	Descripción	Unidad de medida
16.1	Válvula Howell-Bunger de 1,50 metros de diámetro, y equipos asociados eléctricos e hidráulicos y otros de operación y control, herramientas y repuestos	
16.1.1	Diseño y fabricación	S.G.
16.1.2	Transporte	S.G.
16.1.3	Montaje y pruebas	S.G.
16.2	Válvula de guarda Mariposa de 2,0 m de diámetro y equipos asociados eléctricos e hidráulicos y otros de operación y control, herramientas y repuestos	
16.2.1	Diseño y fabricación	S.G.
16.2.2	Transporte	S.G.
16.2.3	Montaje y pruebas	S.G.
16.3	Blindaje de acero a instalarse aguas arriba y aguas abajo de las válvulas, tubería de acero a instalarse entre las válvulas y accesorios	
16.3.1	Diseño y fabricación	S.G.
16.3.2	Transporte	S.G.
16.3.3	Montaje y pruebas	S.G.