

Junta de Vigilancia del Río Copiapó y sus Afluentes.

Dirección: Salas n° 310

Teléfono: 211574

www.jvrc.cl

Copiapó - Tercera Región de Atacama



Protocolo Operación Embalse Lautaro



Cristian González Álamos.
Ingeniero Civil Industrial
Gerente General, JVRCopiapó y sus Afluentes

Reseña Histórica Embalse Lautaro

El embalse está ubicado en el valle del río Copiapó, unos 20 Km aguas abajo del lugar denominado Juntas, punto de confluencia de los ríos Jorquera, Pulido y Manflas, afluentes del río Copiapó. Se encuentra aproximadamente a 90 Km al sureste de la ciudad de Copiapó. Su objetivo básico era regular el caudal del río y asegurar el riego potencial de unas 6.000 ha del valle y fue construido entre los años 1928 y 1942.

Es una Presa de tierra con núcleo central de arcilla seleccionada y cortina impermeable de hormigón con tablestacado parcial fundado en roca y sus características son las siguientes:

- Capacidad de almacenamiento : 37,3 Hm³(Hoy 27.3 Hm³)
- Longitud del muro en el coronamiento : 812 metros
- Ancho del coronamiento : 10 metros
- Altura máxima del muro : 30 metros
- Revancha de coronamiento sobre vertedero : 3,25 metros
- Talud de aguas arriba : 3/1
- Talud aguas abajo : 2/1
- Superficie inundada a la cota del vertedero : 326 ha
- Superficie hoya hidrográfica : 6.700 Km
- Precipitación media anual : 50 milímetros

Además cuenta con un muro cubierto con enrocado de 0,50 metros de espesor arreglado a mano en el paramento de aguas arriba y botado en el de aguas abajo, cuyas características son las siguientes:

- Volumen de muro: 1.120.000 m³
- Capacidad de evacuación: 300 m³/s

Vertedero de tipo libre, frontal de 110 metros de longitud con umbral en arco. Torre cilíndrica de hormigón armado de 1,50 metros de diámetro y 22 metros de altura sobre la roca de fundación. Tres series de dos válvulas c/u descargan por tres cañerías un máximo de 10 m³/s con carga máxima. El túnel de desviación tiene 105 metros de longitud por 5 metros de ancho y 4,50 metros de altura. Una compuerta tipo Caterpillar permite desaguar, en caso de emergencia, a razón de 60 m³/s a la carga máxima.(fuera de servicio, bajo embanque).

El embalse Lautaro entró en funciones en 1938, llenándose en 1942, año en que tuvo que vaciarse por desperfecto en la compuerta Caterpillar. Superado el problema logró llenarse el mismo año. En 1944 funcionó por primera vez el vertedero, destruyéndose parcialmente el canal de rebalse por la mala calidad de la roca. El muro, en tanto, permitía filtraciones muy abundantes, disminuyendo paulatinamente a valores normales.

Entre los años 1945 y 1946 se efectuaron en la presa las siguientes reparaciones:

- Reconstrucción casi total del vertedero y del canal de descarga.
- Reconstrucción parcial del radier de los muros laterales del túnel de desviación y canal de salida.
- Reconstrucción del túnel de acceso a las válvulas.
- Revestimiento con hormigón del talud del muro hacia aguas arriba, entre la torre de toma y la compuerta Caterpillar.

Después de estas reparaciones, la obra fue declarada en explotación provisional a contar del 1° de junio de 1948.

Las filtraciones en el embalse continuaron en forma permanente, lo que determinó que en el año 1966 la Dirección de Riego encomendara a la firma CELZAC la realización de un reconocimiento a base de sondajes y de estudios geológicos que permitieran lograr la impermeabilización. Los trabajos mismos de impermeabilización se efectuaron entre 1968 y 1970, en relación únicamente a la zona del vertedero. Los trabajos consistieron, fundamentalmente, en la ejecución de una cortina de lechada de cemento inyectada en la roca por unos 200 metros de longitud y 40 metros de profundidad. Tales trabajos no han dado los resultados esperados por lo que no ha sido posible llevar una estadística de su comportamiento. Posteriormente a estos trabajos, se han realizado otros que han contado con la experiencia de empresas extranjeras, pero el embalse continúa sin prestar muchos beneficios, más aún por efectos de un aluvión originado en el valle del río Manflas su capacidad bajó a sólo 27.3 Hm³.

El embalse Lautaro ha presentado diversos problemas durante su vida útil lo cual ha obligado a la Dirección de Obras Hidráulicas a efectuar estudios y trabajos de normalización en el vertedero, muro, sistema de entregas de agua y otros.

En las últimas décadas, el embalse se ha llenado en 3 oportunidades con vertimientos sin que se hayan observado deterioros o situaciones visibles de riesgo, salvo las filtraciones que afloran al pié de la presa de unos 300 lt/s y aquellas que escurren en forma subterránea. Obviamente estas filtraciones tienen directa relación con los volúmenes almacenados

FUENTE: EL RIEGO EN CHILE- JULIO SANDOVAL JERIA. GOBIERNO DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS 2003

Procedimiento de Operación descarga.

Tal como se señala su historia, tras quedar inhabilitada la compuerta de Caterpillar, el embalse Lautaro solo es operado por su torre, en donde se aloja un juego de válvulas con sus respectivas guardias.

- 1 Válvula de Chorro Hueco. *
- 2 válvulas de Compuerta (on /off)

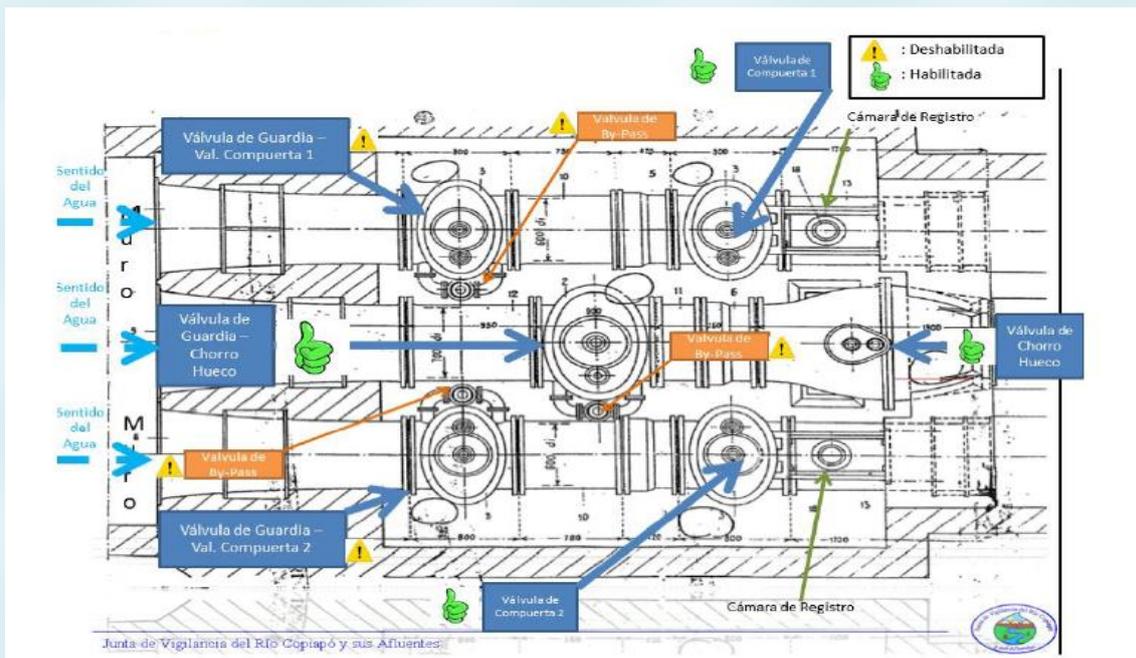
La valvula de chorro hueco: es la única capaz de entregar el gua de forma graduada, entre los 0 a los 3.200 [l/s]. Esta puede manejar de forma mecánica como eléctrica, in situ o a distancia, su accionar se realiza desde el fondo de la torre o de la parte superior.

La válvula (s) de compuertas laterales (on/off).

Estas válvulas son de operación abierto /cerrado, la capacidad de porteo de estas no esa bien definida, se han realizado pruebas con el embalse a una altura de 14 metros o sea a un 15% de la máxima capacidad de descarga en donde ambas válvulas fueron capaces de descargar 5.000[l/s] aproximados, provocando además una vibración constante en la torre. Estas son usadas cuando en Embalse se encuentra próximo o esa completamente seco, para desaguar la totalidad de las aguas y a la vez proteger la válvula principal.

Existe además un antecedente además que data del año 1987 -1988 en donde para aumentar la descarga se utilizaron dichas válvulas laterales en apoyo a la principal, no pudiendo después cerrar estas válvulas hasta que el embalse perdió su capacidad.

Esquema de válvulas Lautaro



Escenario de escasez.

Ante escenarios de caudal menores a 1.500 [l/s] y sumado a un embalse sin acopio, o sea cuando queda completamente seco, se procede a cerrar al 100% la válvula de chorro hueco (para evitar daño en sus componentes, debido al flujo más espeso y con materiales de arrastre tales como troncos, palos, otras basuras, etc., con objeto de evitar que algo se obstruya en la válvula principal, y se procede a la apertura de las dos válvulas laterales por completo, estas en su conjunto son capaces de descargar el caudal un caudal máximo de 5.000[l/s], Al no tener carga de agua el Embalse Lautaro, la operación de estas válvulas no genera vibración en la torre.

Escenario de Normalidad.

Ante escenarios donde no existe un *:estado de alerta por crecidas, emitido por la Dirección General de Aguas*, y estando el Embalse Lautaro con capacidad de acopio, la regulación de la descarga se realiza solo a través de su válvula de chorro hueco, la cual nos permite regular la entrega de agua de acuerdo al requerimiento de agua descargando caudales desde los 200[l/s] a 3.200 [l/s], A su vez las válvulas laterales permanecen en su posición off (completamente cerradas), evitando todo tipo de vibración en la torre.

Escenario de Emergencia Ante Crecidas de Río.(lluvias o deshielos)

En caso de que el volumen acopiado en el embalse Lautaro sea inferior a los 20,5 millones de metros cúbicos Es decir el embalse este entre los 8 y hasta los a los 22,40 metros, el embalse seguirá operando como si se tratase de un escenario de normalidad, es decir su descarga será regulada por la válvula de chorro hueco, cuando el embalse llegue a los 22,4 metros a la cota 1.137 m.s.n.m, de acuerdo a la batimetría realizada el 2007, el volumen acopiado es de aproximados 20,5 millones de metros cúbicos, y a su vez es decretado *el estado de alerta por crecidas , emitido por la Dirección General de Aguas*, la JVRC deberá resguardar por mantener el denominado: *Volumen requerido de Amortiguación* en el embalse ante eventuales crecidas, velando no solo por resguardar los intereses de sus socios, sino que además prever y tomar con la debida anticipación, esta medida como mitigación que permita disminuir el riesgo de amenaza de la vida humana hacia las localidades que se encuentran bajo el embalse Lautaro. *El volumen requerido de Amortiguación en caso de eventuales crecidas es de 5,2 MM m³ equivalente a un 20% de la capacidad máxima de acopio del Embalse Lautaro.*

Escenario de Emergencia tras un evento (lluvias o deshielos)

En caso de haberse producido un evento, y en donde el Volumen requerido de Amortiguación sea igual o menor a los 5.2 millones de metros cúbicos o sea la altura del Embalse Lautaro supere los 22,4 metros de Altura y se mantenga *decretado el estado de alerta por crecidas u otra por la Dirección General de Aguas*, la JVRC deberá velar por tratar de recuperar dicha capacidad de amortiguación, abriendo al máximo la válvula de Chorro hueco o sea descargando aproximadamente 3.200 [l/s], con ello se es capaz de evacuar 276.480 metros cubico día hasta llegar a la cota 22,4 metros.

Ley 20304:

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Título: SOBRE OPERACIÓN DE EMBALSES FRENTE A ALERTAS Y EMERGENCIAS DE CRECIDAS Y OTRAS MEDIDAS QUE INDICA

La capacidad de amortización esta normada, en el decreto ley 138 del ministerio de obras Públicas, titulado Apruébese Reglamento de la ley n° 20.304, sobre la operación de Embalses frente a alertas y emergencias de crecidas y otras.

Artículo 1°.- La presente ley norma la operación de los embalses de control que, por su capacidad de regulación o por su cercanía a lugares habitados, permita, en casos de crecidas inminentes de caudales de agua, evitar o mitigar los riesgos para la vida, la salud o los bienes públicos y privados, junto con otros derechos y obligaciones que indica.

Artículo 2°.- Para todos los efectos de esta ley, se entenderá por:

a) Crecida: aumento significativo de los caudales de los cauces que puede provocar su desborde.

b) Embalse: es toda obra que tenga un muro por sobre el nivel del terreno y que acopie aguas.

c) Embalse de control: es todo embalse que contribuya a la regulación de las crecidas, declarado como tal por la Dirección General de Aguas, en adelante DGA. Para calificarlo como de control, la DGA deberá considerar, entre otras características, el volumen de regulación del respectivo embalse y la localización de éste respecto de la cuenca hidrográfica, y que aquél permita regular las crecidas de los caudales de agua, con el objetivo de evitar o mitigar las situaciones de peligro para la vida, la salud o los bienes de la población.

d) Emergencia: grave alteración de las condiciones de vida de un colectivo social determinado, que pueda dañar los bienes físicos o ambiente, provocada por un fenómeno natural o acción humana, voluntaria o involuntaria, susceptible de ser controlada con los medios previstos en el territorio, espacio o colectivo social afectado.

e) Estado de alerta de crecidas: conjunto de disposiciones, medidas y acciones destinadas a establecer un estado de vigilancia sobre las condiciones y situaciones de riesgo, que se activan por la autoridad correspondiente para prevenir, mitigar o mejor controlar y reducir los impactos de emergencias, producto del aumento significativo, actual o futuro, de los caudales de los cauces que puede provocar su desborde.

f) Manual de operación: conjunto de normas técnicas que regulan la operación de cada embalse de control, elaboradas por el operador y autorizadas por la DGA, las que deberán velar, entre otras, por la seguridad de las presas y buenas prácticas, tanto en www.bcn.cl - Biblioteca del Congreso Nacional de Chile la ingeniería de las obras civiles como en su operación, conforme al procedimiento que establezca el reglamento. El mencionado Manual de Operación deberá contener un Plan de Contingencia de

Crecidas. En los casos en que se trate de un embalse de control de generación hidroeléctrica, se requerirá la opinión previa de la Comisión Nacional de Energía, la que deberá ser emitida por ésta dentro del plazo de treinta días contado desde la fecha en que reciba la solicitud. Dicha opinión no será vinculante para los efectos de la aprobación del Manual de Operación.

g) Operador: toda persona natural o jurídica, de derecho público o privado, que bajo cualquier título administre un embalse.

h) Plan de contingencia: procedimientos operativos específicos de coordinación, movilización y respuesta, que el operador de un embalse de control deberá implementar ante la declaración del estado de alerta de crecidas.

i) Reglamento: el dictado para la ejecución de esta ley, conforme a su artículo 19. Artículo 3°.- Todo embalse y su respectivo operador, deberán registrarse en el Inventario Público de Obras Hidráulicas perteneciente al Catastro Público de Aguas, establecido en el artículo 122 del Código de Aguas. El registro deberá solicitarse a la DGA, dentro del plazo de 30 días, contado desde la notificación de la resolución que aprueba las obras a que se refiere el artículo 294 del Código de Aguas y, respecto de las demás obras, desde que comience el acopio de aguas. Una vez registrado un embalse y su operador en el Inventario Público de Obras Hidráulicas, la Dirección General de Aguas calificará en el plazo de 30 días, mediante resolución, si corresponde

TÍTULO IV. DE LA RESPONSABILIDAD DE LOS OPERADORES

Artículo 15.- El operador de un embalse de control deberá indemnizar los perjuicios ocasionados a terceros, si éstos provinieren del incumplimiento de las normas contenidas en la presente ley, en su reglamento, en el manual de operación o en las instrucciones impartidas por la autoridad respectiva. Se presumirá el incumplimiento de las normas e instrucciones a que se refiere el inciso anterior, con el solo informe fundado emitido por la Dirección General de Aguas que así lo declare, a requerimiento del tribunal respectivo.

En este caso el Operador del Embalse es la Junta de vigilancia del río Copiapó y sus Afluentes, RUT: 70.344.400-8 domiciliada en Copiapó, región de Atacama calle Salas 310, representada por el señor: Timothy Taffe Rodrigo rut: 9.003.063-9

Volumen requerido de Amortiguación:

El Volumen requerido de Amortiguación: se define como el volumen que de acuerdo al hidrograma esperado, mínimo y máximo y la capacidad de vaciamiento del embalse de control, permite minimizar el caudal de vaciamiento y el volumen total de vaciamiento por sobre el caudal Umbral.

Para los aluviones del 2015, el embalse Lautaro cumplió sin mayor dificultad, y funciono como protección del valle, la comuna de Tierra amarilla y la propia Ciudad de Copiapó, reteniendo un volumen que oscila entre los 4 a los 6 millones de metros cúbicos en tan solo 5 días, reteniendo un caudal máximo ente los 29.000 y los 47.000 litros por segundo por lo menos durante 24 horas el día de la máxima precipitación, ya que se encontraba a una cota de 8.5 metros o sea casi a un 1% de su capacidad, con ello se evitó el aumento del flujo de agua a la que bajo por el valle a través de las distintas quebradas produciendo un daño humano y material sin precedente en la Región.

Para las recientes lluvias del 2017, el embalse Lautaro nuevamente cumplió, y funciono como protección del valle, la comuna de Tierra amarilla y la propia Ciudad de Copiapó, reteniendo un volumen que oscila entre los 5.7 a los 8 millones de metros cúbicos en tan solo 5 días, reteniendo un caudal máximo entre los 47.000 a 71.000 litros por segundo por lo menos durante 24 horas el día de la máxima precipitación, ya que se encontraba a una cota de 22.10 metros o sea casi a un 78 % de su capacidad, con ello se evitó el aumento del flujo de agua a la que bajo por el valle a través de las distintas quebradas produciendo nuevamente daños en la infraestructura en la Región.

Si se toman como referencia estos dos últimos sucesos, el limitado caudal máximo de descarga que el embalse Lautaro posee, el caudal Peak de ingreso y principalmente el estado actual de la caja del Rio Copiapó, el **Volumen requerido de Amortiguación**, preventivo y responsable es trabajar con el Embalse a un 80% de su máxima capacidad, mientras exista *el estado de alerta por crecidas emitido por la Dirección General de Aguas*.

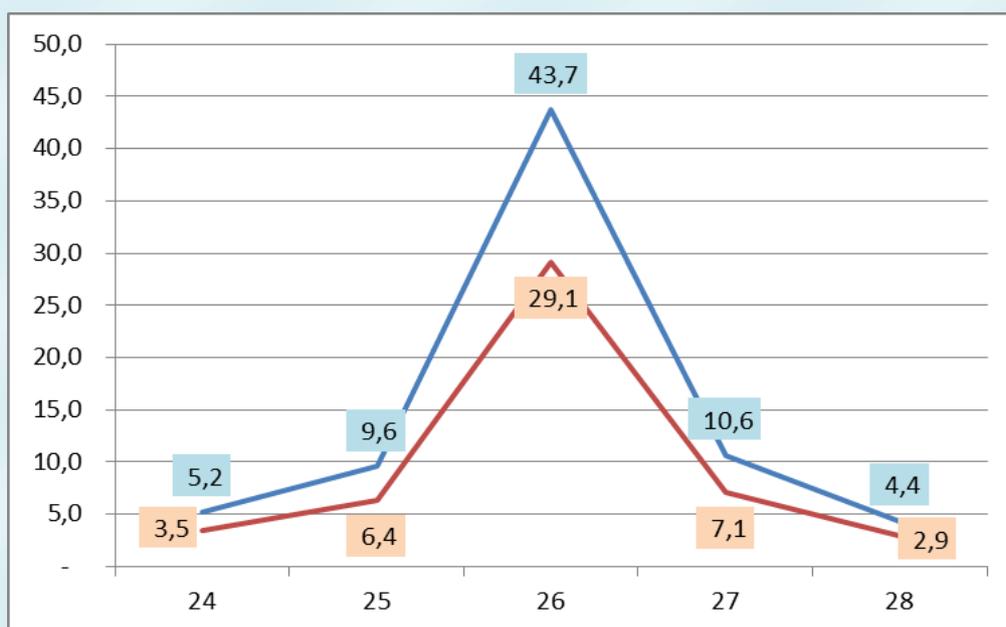
Es decir se mantendrá a una cota: Altura limite 22,40 metros, a una cota 1.137 m.s.n.m
Con ello el Volumen teórico de Amortiguación es de: 5.200.000 [m3]

Estadísticas precipitaciones y comportamiento del E. Lautaro, marzo 2015.
Fuente JVRC

<i>sin considerar infiltracion del Embalse</i>							
prec [mm]	altura Embalse	dia	volumen inicial [m3]	volumen final [m3]	volumen dia [m3]	Q estimado [m3/s]	
18,5	9,45	24	385.831	686.114	300.284	3,5	Q Max 29,1
19,5	9,96	25	686.114	1.237.137	551.023	6,4	Qmin 2,9
26	10,64	26	1.237.137	3.753.087	2.515.950	29,1	Q Prom 9,8
6	13	27	3.753.087	4.365.778	612.691	7,1	
0	13,5	28	4.365.778	4.616.958	251.181	2,9	
70					4.231.128		

<i>considerando 50% infiltracion del Embalse</i>							
prec [mm]	altura Embalse	dia	volumen inicial [m3]	volumen final [m3]	volumen dia [m3]	Q estimado [m3/s]	
18,5	9,45	24	385.831	686.114	450.425	5,2	Q Max 43,7
19,5	9,96	25	686.114	1.237.137	826.534	9,6	Qmin 4,4
26	10,64	26	1.237.137	3.753.087	3.773.924	43,7	Q Prom 14,7
6	13	27	3.753.087	4.365.778	919.036	10,6	
0	13,5	28	4.365.778	4.616.958	376.771	4,4	
70					6.346.691		

Grafica Peak de caudal: calculadas de acuerdo al volumen acopiado E.Lautaro
Fuente JVRC



Estadísticas precipitaciones y comportamiento del E. Lautaro, mayo 2017.
Fuente JVRC

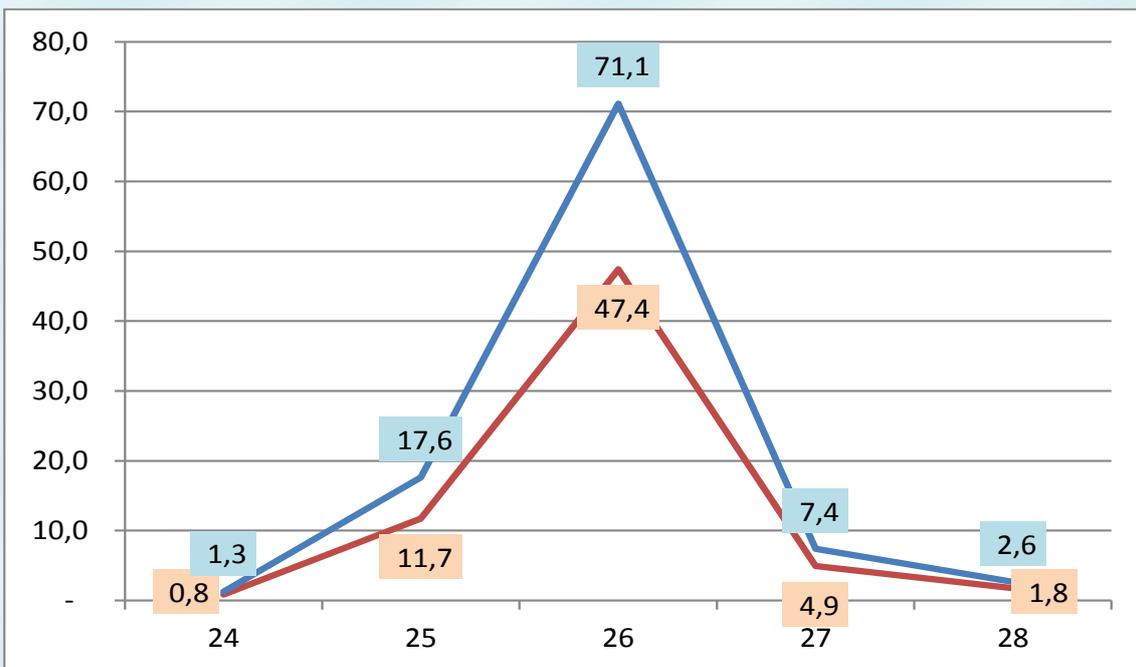
<i>sin considerar infiltracion del Embalse</i>						
prec [mm]	altura Embalse	dia	volumen inicial [m3]	volumen final [m3]	volumen dia [m3]	Q estimado [m3/s]
	22,12	10	19.809.721	19.882.563	72.842	0,8
9	22,15	11	19.882.563	20.897.360	1.014.798	11,7
14	22,56	12	20.897.360	24.994.358	4.096.998	47,4
54	24	13	24.994.358	25.419.195	424.837	4,9
	24,14	14	25.419.195	25.571.389	152.194	1,8
77					5.761.668	

Q Max	47,4
Qmin	0,8
Q Prom	13,3

<i>considerando 50% infiltracion del Embalse</i>						
prec [mm]	altura Embalse	dia	volumen inicial [m3]	volumen final [m3]	volumen dia [m3]	Q estimado [m3/s]
-	22,12	10	19.809.721	19.882.563	109.263	1,3
9	22,15	11	19.882.563	20.897.360	1.522.196	17,6
14	22,56	12	20.897.360	24.994.358	6.145.497	71,1
54	24,00	13	24.994.358	25.419.195	637.255	7,4
-	24,14	14	25.419.195	25.571.389	228.291	2,6
77					8.642.502	

Q Max	71,1
Qmin	1,3
Q Prom	20,0

Grafica Peak de caudal: calculadas de acuerdo al volumen acopiado E.Lautaro
Fuente JVRC



*Es importante hacer notar, que si bien el embalse Lautaro **no es un embalse regulador de crecidas**, conforme a la ley n° 20.304, su rol ha sido fundamental para regular las crecidas de los años 1987, 2015 y 2017, siendo capaz de retener toda la crecida aguas arriba del muro y con esto reducir los daños aguas abajo, actuando como la primera y única obra de defensa de la cuenca y Ciudad de COPIAPÓ, y que de no haber estado operativo el Embalse, los daños, sin lugar a dudas, hubieran sido mucho mayores a los ya conocidos, al retener y regular aproximadamente 6 millones de metros cúbicos de agua, más los sedimentos asociados a estos.*

Durante la vida operacional del Embalse Lautaro, ha retenido todas las grandes crecidas y/o aluviones que han afectado la cuenca del Río Copiapó (solo registra vertimiento menores), entregando una seguridad adicional a todo el Valle, esta seguridad ha tenido un costo significativo para el Embalse que es la sedimentación y reducción del volumen útil del Embalse por embancamiento, con la reducción del: volumen útil, la seguridad frente a aluviones y competitividad de todo el Valle del Río Copiapó.

TÍTULO II

OBLIGACIONES DE LOS OPERADORES DE EMBALSES DE CONTROL

Artículo 4°.- Los operadores de embalses de control deberán instalar y mantener sistemas de monitoreo de sus caudales de afluentes y efluentes, según los estándares establecidos por la DGA para la construcción y operación de estaciones de redes hidrométricas. Asimismo deberán, a lo menos, medir caudales y niveles de cotas y generar sistemas de información que permitan a la autoridad respectiva adoptar las medidas contempladas en los artículos 9° y siguientes, sin perjuicio de los requerimientos específicos que para cada caso la DGA determine, en la resolución en que se califique al respectivo embalse como de control, conforme al inciso segundo del artículo 3°. En caso de incumplimiento de la obligación señalada en el inciso anterior, la DGA denunciará la infracción ante el juez de letras respectivo, quien deberá requerir el cumplimiento dentro del plazo de 15 días hábiles, contado desde la fecha de la notificación, bajo apercibimiento de imponer multa a beneficio fiscal por un monto de 50 hasta 500 unidades tributarias anuales. En caso de reincidencia, el juez reiterará el apremio, tantas veces como sea necesario, hasta que se dé pleno cumplimiento a la resolución referida en el inciso precedente. Para los efectos de lo señalado en el inciso primero de este artículo, el operador deberá instalar los referidos sistemas dentro del plazo de 60 días contado desde la notificación de la resolución que califica el embalse de control.

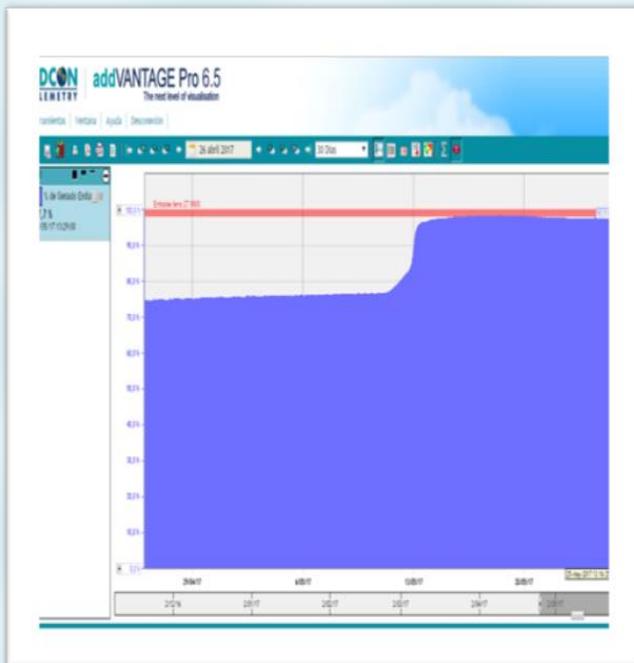
La JVRC desde el 2016 cuenta Sistema de Información en línea Telemetría, mediante radiofrecuencia y comunicación satelital.

El sistema de telemetría del Embalse Lautaro funciona sin ningún problema, gracias a que los datos son transmitidos a través de la propia red de radio frecuencia, al igual que

la excelente labor realizada por el celador de Cordillera, con ambas herramientas la JVRC, pudo entregar información precisa a los regantes y a la comunidad, evitando comentarios infundados sobre riesgos y peligros como los acontecidos en el aluvión del año 2015.

La información está abierta y disponible a todo público en nuestro sitio web.

www.jvrc.cl monitoreo en línea



Generalidades Embalse Lautaro.

Zonas del embalse Lautaro.

- Zona de vertedero
- Zona de cortina.
- Zona de válvulas (interior de la torre)
- Zona de Túnel de descarga.
- Zona de Torre



Zona de Vertedero.



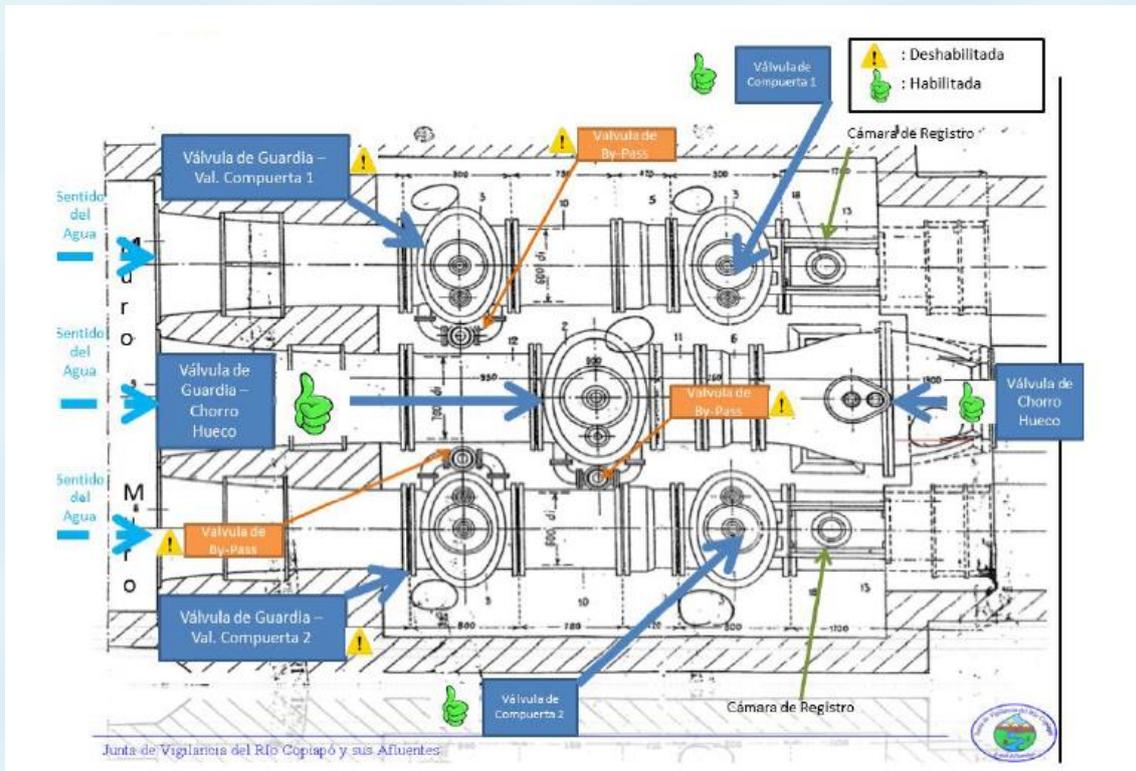
Zona de Cortina.



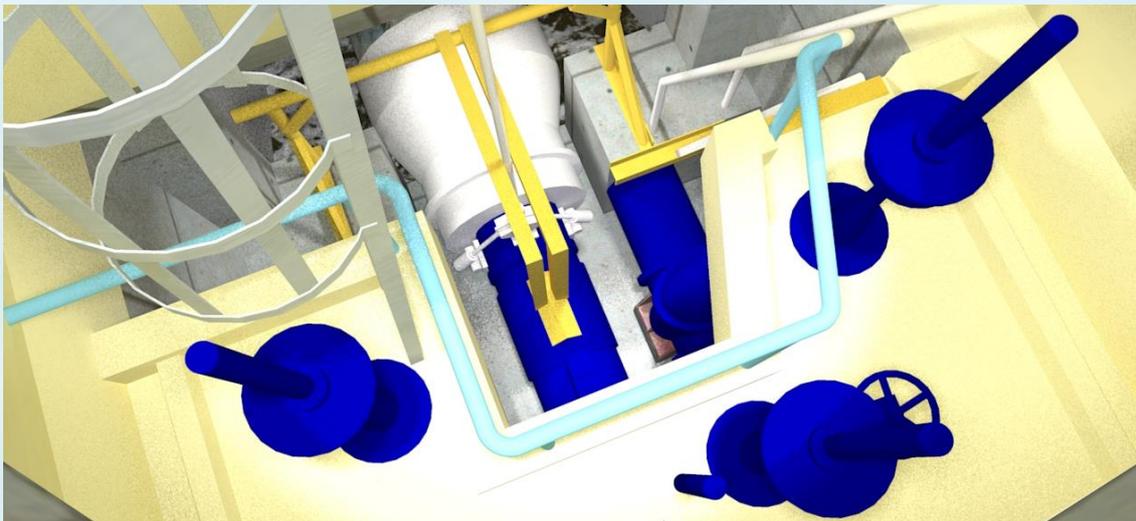
Zona de válvulas

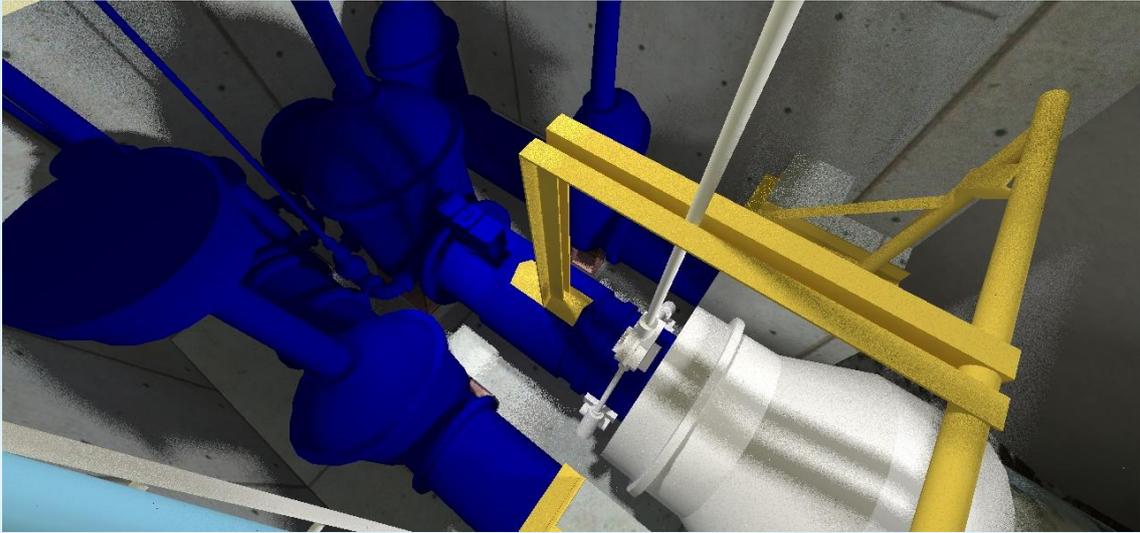
La sala de válvulas

Esquema de válvulas Lautaro



Imágenes de las válvulas



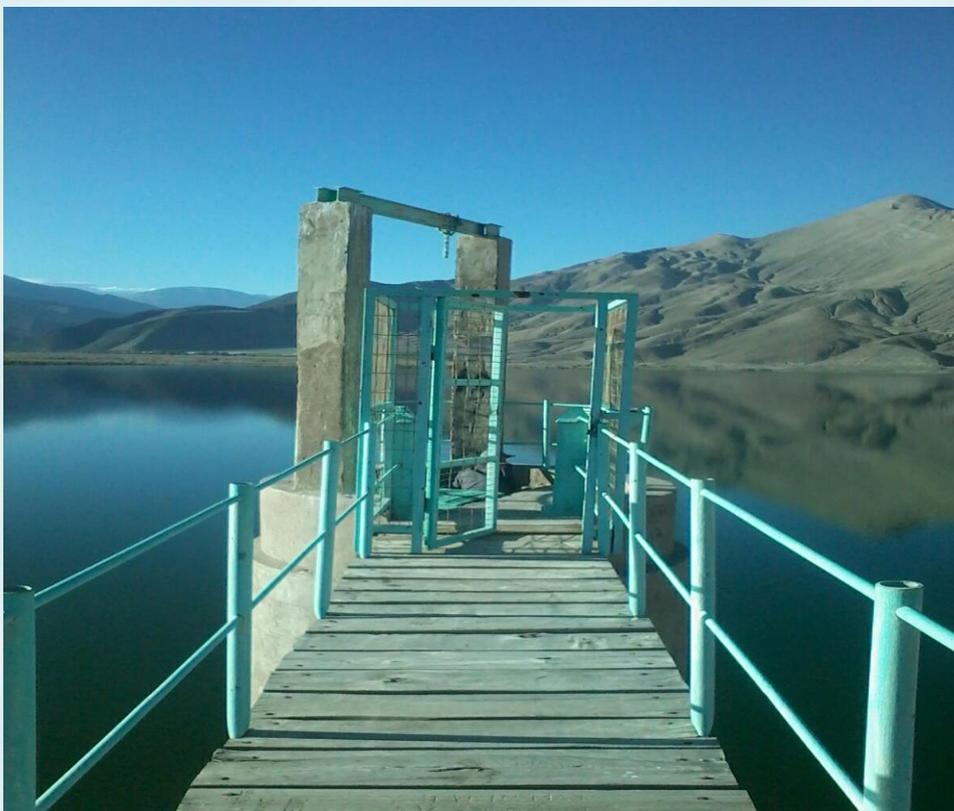
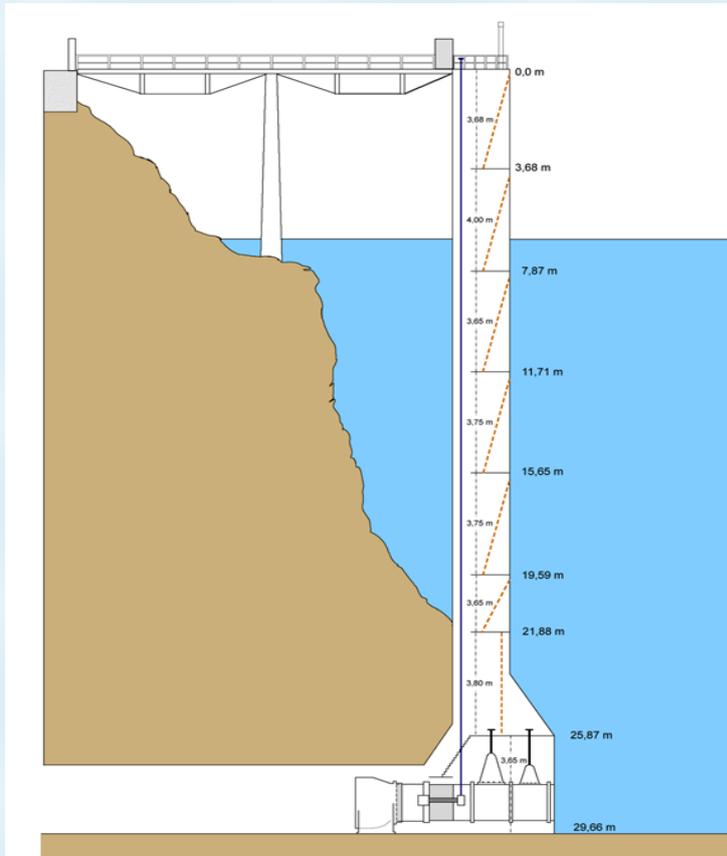


Zona de Túnel de Descarga



Zona de Torre

Esquema de torre



Junta de vigilancia del río Copiapó y sus Afluentes



Estado legal actual del Embalse Lautaro

El 28 de octubre del 2013, tras 43 años de espera, estando en posesión y operación de la Junta de Vigilancia del Río Copiapó y sus Afluentes, el antiguo y deteriorado Embalse Lautaro pasa legalmente a ser propiedad de la Junta de Vigilancia del Río Copiapó y sus Afluentes, Corporación de derecho privado, sin fines de lucro que tiene objeto buscar el bien común de sus 1,120 asociados, teniendo siempre presente que la JVRC es el ente principal en la administración y distribución de las aguas superficiales del Río Copiapó y sus afluentes.