

DOCUMENTO DEL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

REGIONAL
ARGENTINA, URUGUAY

MODERNIZACIÓN DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO BINACIONAL SALTO GRANDE

(RG-L1124)

ANEXO TÉCNICO: ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE PRESAS

CONTENIDO

Introducción

- A. Análisis del estado general de las obras de hormigón y presa de tierra.
 - Obras de Hormigón
 - Presa de Tierra
 - Tableros y Compuertas
- B. Plan de mejoras de la instrumentación de la central
- C. Revisión del plan de acción durante emergencias y plan de operación y mantenimiento y del equipamiento hidromecánico.

Introducción

Este documento presenta un compendio de los estudios realizados en relación con la seguridad de la presa asociada al Complejo Hidroeléctrico Salto Grande (CHSG), aplicando las mejores prácticas internacionales en este ámbito siguiendo la Norma Ambiental y Social Anexo I del Banco Mundial.

El primer estudio denominado “Análisis del estado general de las obras de hormigón y presa de tierra”, elaborado por la firma consultora IATASA Ingeniería, contiene una evaluación de la situación actual de las obras de hormigón incluyendo: el vertedero, el lecho disipador de vertedero, el puente internacional, el puente de servicio, la esclusa de navegación, y las galerías de inspección y drenaje. También contiene la evaluación de la situación actual de las obras correspondientes a la presa de tierra incluyendo: el coronamiento, la presa agua abajo, los taludes, y otros aspectos como la cuneta de pie de presa, la protección vegetal, el contacto con esclusa de navegación y la galería de inyección y el drenaje. Como parte del estudio se analizaron el estado y comportamiento de las obras en eventos especiales como los casos en que se tuvo que operar por encima de la cota de diseño. También se incluye un capítulo donde se evaluaron los procedimientos para la inspección, mantenimiento y control de las obras asociadas a la presa y se presentan recomendaciones para su mejoramiento para alcanzar los estándares internacionales. Finalmente incluye una serie de recomendaciones para la inspección, mantenimiento y control de las intervenciones que se realizarán como parte del Proyecto de Modernización del CHSG, en particular las relacionadas con las compuertas radiales, las compuertas planas de las obras de toma, las compuertas planas del descargador de fondo, las rejas de las obras de toma y la instalación de una barrera flotante aguas arriba de la central.

El segundo estudio referido a los sistemas de instrumentación, elaborado por la misma firma, se analiza la información relacionada con el sistema de auscultación de la presa y obras de hormigón y se presentan las recomendaciones para la mejora de los sistemas y sus eventuales modificaciones.

El tercer estudio elaborado por la firma STANTEC presenta primero una revisión integral del PADE (Plan de Acción de Emergencia) incluyendo las mejoras requeridas considerando la situación actual de la central y las intervenciones a realizar mediante el proyecto de modernización. Segundo, el estudio presenta los aspectos relacionados con la actualización de los planes de operación y mantenimiento del equipamiento hidromecánico de la presa.

Los anteriores estudios complementan y hacen referencia al los “Estudios para el diagnóstico y modernización de la central hidroeléctrica Salto Grande”, concluidos en el 2016 y elaborados por las firmas IATASA y STANTEC (antes MWh), mediante el cual realizó un diagnóstico integral del estado del CHSG, que incluyó además de las obras asociadas a las presas de hormigón y de tierra y de su equipo electromecánico, todos los equipos e instalaciones de las dos casas de maquinas y del cuadrilátero de transmisión de 500 kV.

BORRADOR – OBRAS DE HORMIGÓN

Tabla de contenido

OBJETO DEL INFORME.....	2
RESUMEN EJECUTIVO.....	3
INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES	4
EL CONTRATO SN1.....	4
EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OBRAS DE HORMIGÓN QUE INTEGRAN EL CHSG.....	4
GALERÍAS DE INSPECCIÓN Y DRENAJE	5
CENTRALES	7
VERTEDERO	9
LECHO DISIPADOR DE VERTEDERO	11
ESCALA DE PECES	12
PUENTE INTERNACIONAL.....	12
PUENTE DE SERVICIO	12
ESCLUSA DE NAVEGACIÓN	13
DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES DE LAS OBRAS DE HORMIGÓN.....	14

OBJETIVO DEL INFORME

El presente informe tiene como objetivo describir, preliminarmente, el estado actual de la conservación de las obras de hormigón y presa de tierra, de acuerdo con la información disponible, principalmente el Contrato SN1, de informes y registros que el personal de CHSG elabora cuando realiza el mantenimiento y control operacional de la Central.

El contrato SN1 tenía dentro de sus obligaciones el evaluar el estado de conservación de las obras civiles del CHSG, incluyendo el sistema de auscultación y vigilancia de las obras de retención, entre otros, que resultó de la colaboración entre IDB y CTM con el objetivo de obtener un Plan de Acción Estratégico de Mediano y Largo Plazo para la modernización de la Central Hidroeléctrica Salto Grande.

RESUMEN EJECUTIVO

Este Informe tiene por objetivo hacer un recordatorio de todo lo indicado en el Informe SN1 en todo lo concerniente al estado de las obras de Hormigón y la Presa de Tierra.

En una primera parte se realiza una descripción de las distintas partes de las obras de hormigón, describiendo sucintamente sus características y las anomalías encontradas durante la redacción del informe SN1, incluyendo fotografía y datos sobre los aspectos operativos relatados por el personal de mantenimiento, que permite en primera instancia, entender las razones de la ocurrencia de éstos.

Seguidamente se incluye un Diagnostico y Recomendaciones, que fueron realizadas con el objetivo de que CHSG tuviera una guía para que se realizaran las correcciones correspondientes.

Con la finalidad de evaluar el estado actual de las obras, estas descripciones serán complementadas con visitas de inspección a las obras y reuniones con el personal profesional del CHSG, en las que se evaluarán los aspectos desarrollados anteriormente y se determinará si existen algunas otras cuestiones a tener en cuenta en relación con el estado de conservación de las obras.

Sobre la base de toda la información obtenida se evaluarán las posibles tareas necesarias a desarrollar para alcanzar una adecuada conservación y mantenimiento de las obras que integran el CHSG.

Posteriormente estos estudios serán incluidos para la elaboración del Informe Final.

INTRODUCCIÓN

Este informe describe el estado de conservación actual de las obras de hormigón y presa de tierra de la CHSG. Éste se estructurará presentando en primer lugar una descripción del estado de conservación de las obras de hormigón y en segundo lugar se una descripción de la presa de tierra y del estado de ésta.

ANTECEDENTES

EL CONTRATO SN1

A solicitud de CTM, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) a través de un acuerdo de cooperación se contrató a las consultoras MWH-IATASA para el desarrollo del contrato SN1 orientado al diagnóstico integral del equipamiento e infraestructura y la optimización de la generación de energía; con el propósito de estudiar la modernización del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande (CHSG) con miras a dar continuidad a su operación confiable durante los próximos 30 años.

Con tal fin se efectuaron estudios integrales en diferentes áreas, que incluyeron los equipos de generación principal y auxiliar de la central, el sistema de transmisión y la infraestructura del complejo en general.

El contrato SN1 tuvo un enfoque específico con miras a la operación por los próximos treinta años del CHSG. Se analizaron desde sus diferentes enfoques las necesidades y cambios a introducir a efectos de lograr el objetivo y además, mejorar la operación del mismo por dicho tiempo. También se consideró los aumentos de la capacidad de generación en forma conjunta con una reducción de los costos de operación y mantenimiento dentro de las posibles opciones

El estudio efectuado dentro del marco del contrato SN1 incluyó tres fases bien diferenciadas y particularmente en la Fase I se realizó un diagnóstico del estado de conservación infraestructura civil del complejo, efectuado un pormenorizado relevamiento in-situ y análisis de la información disponible, desarrollado durante los primeros seis meses del estudio. Este informe constituye uno de los antecedentes principales a tener en cuenta, referente al estado de conservación de las obras de hormigón y presa de tierra del CHSG. Los aspectos que se desarrollan en este documento son tomados en cuenta como datos de partida para determinar una línea de base del estado de las obras.

EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OBRAS DE HORMIGÓN QUE INTEGRAN EL CHSG

Las obras de hormigón de la CHSG están integradas sectorialmente por:

- Margen Derecha
 - Muro de Contención Aguas arriba

- Muro de Contención Aguas Abajo
 - Bloque de Transición
 - La Salas de Montaje - Descargadores de Fondo
 - Centrales
 - Escala de Peces
- Vertederos
- Margen Izquierda
 - Escala de Peces
 - Centrales
 - La Salas de Montaje - Descargadores de Fondo
 - Bloque de Transición
 - Muro de Contención Aguas arriba
 - Muro de Contención Aguas Abajo

Para realizar la evaluación de la situación actual del estado de conservación de las obras de hormigón, se partirá de la línea base determinada por los estados de obra descritos en la documentación antecedente. A partir de esta línea de base, la nueva información aportada por el personal encargados de la operación y mantenimiento del CHSG e inspecciones a las obras que se prevé realizar, se podrá completar una descripción preliminar del estado actual de conservación de cada una de las obras de hormigón que forman parte del CHSG.

GALERÍAS DE INSPECCIÓN Y DRENAJE

De acuerdo con la información antecedente, las galerías de inspección y drenaje de ambas centrales y del vertedero, las cuales se encuentran conectadas, no poseían fisuras de importancia; todas las galerías en general estaban secas, salvo en algunos lugares muy particulares donde había pequeñas filtraciones, muchas obturadas por la carbonatación originada por la lixiviación.



Vista de un tramo de la galería de drenaje

El agua que fluía por los drenes era mínima, apenas perceptible a nula. La limpieza de éstos se encontraba programada cada 5 años. Existían aforos en los pozos de bombeo de los caudales provenientes de los drenes y filtraciones en general. Además se aforaban los 350 drenes, individualmente una o dos veces por año. Las canaletas de drenaje contaban con un divisorio de aguas para discriminar las zonas de aporte a cada aforador. En la galería de drenaje de la Central Uruguaya, se observaron drenes con abundante flujo de agua.

En la galería de drenaje de la Central Uruguaya, dos drenes ubicados en el extremo de MI, se observó abundante flujo de agua, en los adyacentes, el drenaje era menor y en los siguientes el flujo se hacía mínimo en consonancia con la situación general descrita anteriormente.

En la galería de drenaje del vertedero se observaron algunas lixiviaciones carbonatadas, en su mayor parte secas.



Galería de drenaje del vertedero.

Se observan algunas filtraciones con lixiviación



Galería de drenaje del vertedero

Se observa una filtración menor

CENTRALES

De acuerdo con la información antecedente el estado de las estructuras de hormigón de las Centrales no presentaban problemas de importancia y no requerían, soluciones de urgencia, solo normales y eran solucionados con los mantenimientos normales que se realizan en las Centrales. Las observaciones principales son las siguientes:

- No se observaban anomalías en los muros en contacto con el agua ni fisuras en los muros.
- En los losa de techo de las galerías existían algunas fisuras carbonatadas y secas.
- También se notaron algunas filtraciones de agua proveniente del embalse a través de una junta de contracción.
- Cuando la filtración era pequeña y no se había obturado por la carbonatación se la recogía y conducida por canaletas de chapa galvanizada adosada a la losa y a una cañería vertical.
- No se observaban fisuras en los muros.
- En la Cámara Espiral y la Obra de Toma de la Unidad 13 se la pudo recorrer y en ambas, no se observaron fisuras ni otros daños en el hormigón, pero existía una erosión incipiente de la superficie expuesta al flujo de agua.

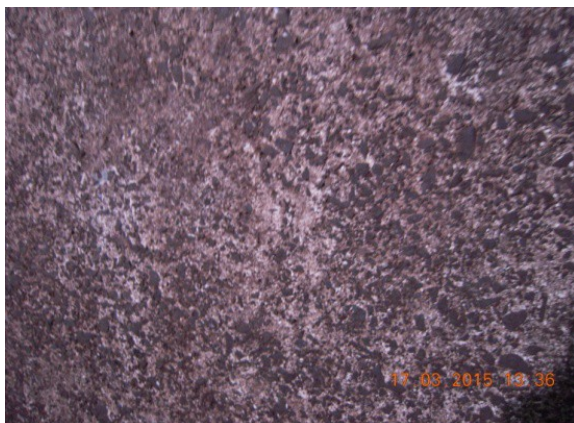


Junta de contracción entre las U1 y U2.

No se observan anomalías



Unidad 1 y unidad 2



U13. Vista de un sector de la cámara espiral donde se aprecia la erosión superficial.



Entrada a la U13



U13. Vista de un sector de la cintura conjugada. Se aprecian los puntos de soldaduras de los anclajes a la chapa de revestimiento

VERTEDERO

De acuerdo con la información antecedente en general el vertedero no presentaba daños significativos. En las pilas no se detectaron daños consistentes en fisuraciones de importancia ni manchas de lixiviación en las juntas de construcción ni en otras zonas.

En la Cresta en general se observaban oquedades menores sobre la superficie, con alguna filtración mínima en las juntas de contracción entre módulos del vertedero. Estas requerirán reparación.

Las vigas Gorrón de apoyo de las Compuertas Radiales no presentan signos de deterioros ni fisuras de importancia, salvo las vigas de presentaban los signos de las

reinyecciones en la zona de los anclajes activos realizados en 1998. En dichas zonas había aparecido importantes muestras de lixiviación. En una de las vigas inyectadas se observaba que nuevamente se está produciendo una incipiente lixiviación.



Vertedero. Pila 1U.

Se aprecia la lixiviación en una junta horizontal entre tongadas



Cresta de un vano de vertedero donde se observa una

filtración menor a través de una junta constructiva.



Viga Gorrón del Vertedero



Viga soporte de gorrón con incipiente lixiviación

LECHO DISIPADOR DE VERTEDERO

Existían erosiones al pie de las pilas del veredero. Según los profesionales de CTM, no se apreciaba un avance de dicha erosión en el tiempo.

ESCALA DE PECES

Se recomendó inspeccionar el estado de la superficie del conducto y en caso de ser necesario, reparar con mortero epoxi, tarea que ya fue realizada en algunas oportunidades con dicho material según indicó CTM.

PUENTE INTERNACIONAL

De acuerdo con la documentación antecedente, no se detectaban anomalías.

PUENTE DE SERVICIO

El puente de servicio, originalmente construido para ser utilizado en la etapa de la construcción y por lo tanto preparado para su desmontaje, fue finalmente dejado como parte de la obra definitiva por su utilidad en la fase operativa de CHSG.



Puente de Servicio

Los apoyos de los tramos, sobre cada pila del vertedero, están conformados por ménsulas prefabricadas, sustentadas por puntales metálicos y un sistema de cables pretensados.

El sistema de pretensado, según se indica en las memorias de cálculo originales, consiste en 4 cables postesados, integrados por 23 alambres de 7.9mm (BS 23Ø7.9) con una precompresión de 360 t.



Sistema de pretensado – Anclajes activos

Igual sucede con el sistema de pretensado que se utiliza en las vigas transversales del tablero. Este sistema preveía el desmontaje de la viga ubicada aguas arriba para colocar los stop-blocks entre las pilas del vertedero, cuando fue necesario completar la construcción de las crestas de éstos.



Puente de Servicio – Vigas Transversales – Sistema de pretensado

ESCLUSA DE NAVEGACIÓN

De acuerdo con la documentación antecedente, no se observaron daños significativos. Sólo se apreció lixiviación generalizada en las juntas de construcción.



Esclusa de navegación, muro izquierdo. Se observan las lixiviaciones en las juntas horizontales entre tongadas

DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES DE LAS OBRAS DE HORMIGÓN

De acuerdo a las observaciones realizadas en el momento de la elaboración del documento SN1 se efectuaron Diagnósticos y Recomendaciones que a continuación se sintetizan:

Patologías por reacciones deletéreas

La observación de las obras de hormigón de Salto Grande no reveló evidencias de patologías debidas a reacciones químicas y/o fenómenos físico-químicos entre sus componentes. En la actualidad no existían señales de una reacción entre los álcalis del cemento y los agregados utilizados.

Fisuras por contracción

Se inspeccionaron todos los lugares con acceso posible. Ello incluyó las galerías de inspección y drenaje, las salas de máquinas, la cámara espiral y parte del interior de la toma de la Unidad 13, el interior de la esclusa y los dos puentes. En ningún caso se observó la existencia de fisuras por contracción del hormigón, ya sea de origen térmico, por secado o autógeno.

Erosión y otros daños provocados por el agua en escurrimiento.

En la Cámara espiral inspeccionada, solo existe una erosión incipiente de la superficie expuesta al flujo de agua. Se recomienda observar el estado de situación de las

superficies similares en las distintas unidades, cuando las paradas de mantenimiento de las turbinas lo permitan.

En las pilas y crestas del vertedero no existe erosión generalizada sobre las superficies de las crestas del vertedero. Solo se observan daños puntuales.

En el lecho dissipador del vertedero existe erosión en algunos lugares del lecho dissipador, que se describe en el numeral 4.10.1.II D del Informe SN1.

Lixiviación de hidróxido de calcio [Ca(OH)₂]

En distintos lugares de las obras de hormigón se observan lixiviaciones de hidróxido de calcio que se ha depositado sobre la superficie expuesta del hormigón y posteriormente se ha carbonatado.

En términos generales podemos afirmar que la lixiviación observada no es importante. Se ha producido en juntas de construcción entre tongadas (retomas), algunas juntas de construcción verticales y en defectos constructivos puntuales.

Para las lixiviaciones existentes en las distintas estructuras son de aplicación los conceptos generales que se formulan a continuación.

- Cuando la lixiviación esté carbonatada y seca, y no provoque inconvenientes estéticos, conviene dejarla. Ella ha sellado las vías de escurrimiento y el proceso está detenido.
- Si la lixiviación está húmeda o se observa agua libre sobre su superficie, se recomienda seguir su evolución en el tiempo, pues de persistir deberá en algún momento futuro inyectarse con resina epoxi.
- En los casos en que se observe escurrimiento de agua importante que impida el depósito de hidróxido, se recomienda realizar una inyección con resina epoxi en un futuro inmediato.
- Cuando la lixiviación tenga las características mencionadas anteriormente pero por razones estéticas se deban eliminar los depósitos carbonatados, previamente se deberán sellar las vías de escurrimiento mediante su inyección con resina epoxi.

Sin perjuicio de lo expuesto precedentemente conviene enfatizar que, al presente las lixiviaciones señaladas no afectan a la seguridad de las estructuras ni al funcionamiento de la CHSG. Las recomendaciones anteriores apuntan a la sustentabilidad de las obras de hormigón.

Daños en la superficie de la cresta del vertedero

Los daños en las superficies de los vertederos deben repararse ya que el continuo pasaje de agua tenderá a incrementarse en el tiempo y afectará al hormigón adyacente.

Para la reparación de estos daños, en el informe SN1 Tomo II, página 361, se recomienda un procedimiento.

Situación de los drenes de la fundación, ubicados en las galerías de inspección y drenaje.

Durante la inspección realizada en ocasión del SN1 se observó que en general, el agua que fluye por los drenes es mínima, apenas perceptible a nula, aunque no se pudo correlacionar dicho flujo con el estado de mantenimiento de los drenes.

En el Informe SN1 – Tomo II, páginas 361, 362, existe un pormenorizado detalle de lo informado sobre estos aspectos por el personal de CHSG encargados del seguimiento y mantenimiento de los drenes.

Las recomendaciones realizadas fueron las siguientes:

- Continuar con las tareas de mantenimiento realizadas en 2007/2014 las que son adecuadas.
- Continuar con la limpieza futura, la que es adecuada.
- Continuar con el aforo total del agua de drenaje, sobre todo las de mayor caudal y observar se comportamiento futuro

Cámara espiral. Reparación del revestimiento de acero de la cintura conjugada

En la actualidad se deben haber realizado nuevas intervenciones en las cinturas conjugadas de otra Máquinas. Se podrá apreciar a partir de los trabajos realizados los resultados de los procedimientos utilizados para resolver el problema de la separación del revestimiento del hormigón de respaldo.

Erosión en el lecho disipador del vertedero

En el Informe SN1 – Tomo II, páginas 363 al 365, existe detalle de lo informado sobre estos aspectos por el personal de CHSG encargados del seguimiento y mantenimiento de de lecho amortiguador, que involucraba:

- Pilas de Vertedero.
- Datos del lecho disipador.
- Muro umbral.

La inspección ha se realizado en general mediante buzos, bajo la dirección del equipo técnico del Área Civil de CTM.

Puente Internacional

Se recomendó realizar una inspección global de la estructura del puente, examinando el estado de las vigas principales, vigas de arriostramiento, las ménsulas soporte del puente y los apoyos de neopreno.

Puente de servicio

Durante la inspección realizada en ocasión del SN1 decía lo siguiente:

- La superestructura del puente, vigas prefabricadas pretensadas con un tablero de hormigón armado y vigas transversales, se encuentran en perfectas condiciones estructurales. Los puntales, conformados por cajones metálicos, presentan un buen aspecto, aunque con cierto deterioro de la pintura de protección.
- Los anclaje activos del sistema de pretensado que conforman el sistema de las ménsulas de apoyo se encuentran sin una protección adecuada y con signos de deterioro en la pintura de protección y con aparentes signos de una corrosión insipiente. Los sistemas no son todos de idénticas características y existen tres tipos de anclajes activos diferentes indicado
- El anclaje Tipo 1 que muestra los cables con cabecitas remachadas y la tuerca del anclaje como se indica en siguiente Fotografía, que es el pretensado normal.



Anclaje Tipo 1

- El anclaje Tipo 2 que muestra la utilización de barras rígidas de acople y dos tuercas, una en la barra con rosca y otra tuerca que completa anclaje activo como se indica en la Fotografía siguiente.



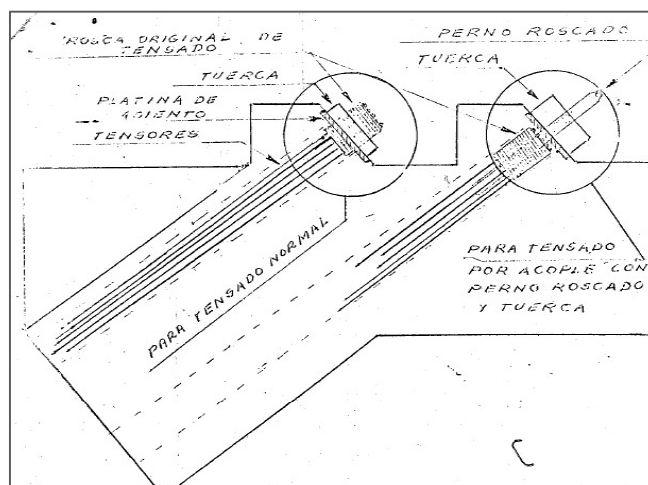
Anclaje Tipo 2

- El anclaje Tipo 3 que muestra la utilización de barras rígidas de acople con una sola tuerca que completa el anclaje activo, como se indica en la fotografía siguiente.



Anclaje Tipo 3

Los dos últimos anclajes se utilizaron en los casos que la longitud de las varillas con cabecitas remachadas no tenían la longitud suficiente y fue necesario realizar empalmes.



Esquemas de los anclajes activos

Con relación a las inyecciones solamente en los anclajes Tipo 1 se observa, en muchos de ellos, que las vainas donde se alojan los cables han sido inyectadas. En los otros tipos de anclajes no se puede observar el grado de inyección que ha sido realizado.

Lo importante de las observaciones anteriores es que los anclajes activos del sistema de pretensado que conforman el conjunto de las ménsulas de apoyo, se encuentran sin una protección adecuada y con signos de deterioro en la pintura de protección y con aparentes signos de corrosión incipiente.

Esto sucede porque el puente no fue proyectado como una estructura permanente sino provisoria. Por esta razón la protección de sus anclajes no es la adecuada para una vida en servicio prolongada como la que corresponde a la CHSG.

Las recomendaciones como necesarios deberían tener en cuenta:

- Se investigue el estado actual de las armaduras pretensadas (cables y/o barras de acero) y de los cabezales de anclaje activos, expuestos.
- Se deberá limpiar los cabezales de anclaje y protegerlos con una pintura anticorrosiva.
- Teniendo en cuenta lo mencionado en el punto anterior, deberá establecerse un protocolo de revisiones y mantenimiento periódico del puente de servicio

Vigas soporte de los gorriones de las compuertas.

En el informe SN1 se detallan los problemas acaecidos en algunos de las Vigas con las filtraciones arrastre de hidróxido de calcio que se visualizaban en la superficie de aguas abajo de algunas de las vigas soporte de los gorriones correspondientes a las Pilas 2, 3, 4 y 19.

Después de estudios que se realizaron a través de la firma VSL Losinger, que había suministrado el sistema de pretensado en el año 1993, se reinyectaron con resina epoxi vainas de las pilas 2 (5 vainas), 3 (4 vainas), 4 (2 vainas) y 19 (3vainas), que eran las que tenían filtraciones.

Situación actual

En la actualidad existe solamente una nueva filtración con incipiente lixiviación en alguno de los cables de la viga soporte del gorrón de pila 4, la que ya había sido reinyectada en oportunidad de realizarse los trabajos en el año 1993.

- En la pila 4 donde se deberá nuevamente realizar las investigaciones para detectar los lugares por donde ingresa el agua para luego realizar las inyecciones correspondientes

Con relación a este tema las recomendaciones que se realizaron SN1 eran las siguientes:

“Realizar una investigación sobre la viga soporte del gorrón de la Pila 4 para determinar la importancia de las filtraciones que se están produciendo y en caso de ser necesario volver a inyectar.

En el resto de las vigas soporte de gorrón hacer un seguimiento y observar si se producen filtraciones.

En alguna intervención futura conviene verificar el estado de pasivación de los cables que han tenido las mayores filtraciones. Para verificar el estado de pasivación de cables de pretensado, en situaciones similares a las existentes en las pilas del vertedero, no son de aplicación las técnicas habituales en otras estructuras de hormigón. Ello se debe a las condiciones de acceso a los cables y a los espesores de hormigón existentes entre los cables y las superficies expuestas de la estructura.

La verificación aconsejada requiere la participación de especialistas en corrosión y aplicación de técnicas novedosas. Estas últimas podrán enriquecerse con nuevos desarrollos y nuevos equipos, que vayan surgiendo durante la vida remanente de las estructuras afectadas.

En Argentina existen antecedentes de ocurrencias de problemas similares, en el Aprovechamiento Hidroeléctrico de Piedra del Águila, donde también se dieron filtraciones en la zona de cables, que se observaron en las vigas gorriones. Los estudios fueron realizados por especialistas en corrosión de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Las técnicas aplicadas y los resultados obtenidos fueron volcadas por sus autores en la publicación que se adjunta en el Anexo III.

Establecer un protocolo de revisiones y mantenimiento periódico de los soportes de los gorriones. Dichas acciones deben ser registradas en forma tal de que, en el futuro se pueda seguir la evolución histórica de las filtraciones y el estado de pasivación de los cables.”

SN1-Informe Final - Tomo VI Anexo III - 3

MONITOREO DEL ESTADO DE PASIVACIÓN DE CABLES DE PRETENSADO

ESCLUSA DE NAVEGACIÓN

La esclusa de navegación se encuentra inconclusa, solo se construyó la estructura de hormigón de la esclusa aguas arriba y los tableros para el cierre aguas arriba de ésta.

La galería ubicada en el nivel +17.00 que se encuentra en el bloque 2 solo tiene acceso desde los túneles de cables ubicado en la cota +35.00, sin escaleras para acceder. Esta galería se encontraba inundada al igual que los pozos de acceso hasta el nivel del embalse y se desconocen las razones por las cuales se ha producido esta inundación.

Se debería encontrar las razones por las que esto ocurrió a lo largo de los años y poder así eliminar las causas que originó esta situación.

Para llevar a cabo esta tarea se recomendó vaciar la galería y los pozos de acceso, para luego detectar los lugares de filtración y actuar en consecuencia eliminando los lugares por donde se produce el ingreso del agua que genera la inundación.

BORRADOR – PRESA DE TIERRA

Tabla de contenido

EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OBRAS QUE INTEGRAN EL CHSG, CORRESPONDIENTES A LA PRESA DE TIERRA.....	2
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	2
<i>PRESA ALTA MARGEN IZQUIERDA.....</i>	<i>2</i>
<i>PRESA BAJA MARGEN IZQUIERDA.....</i>	<i>3</i>
<i>TRANSICIÓN ENTRE “PRESA ALTA Y PRESA BAJA”.....</i>	<i>4</i>
<i>PRESA DE TIERRA MARGEN DERECHA, ENTRE OBRAS DE HORMIGÓN Y ESCLUSA.....</i>	<i>4</i>
<i>CONTACTOS DE LA PRESA CON LA FUNDACIÓN</i>	<i>4</i>
<i>CONTACTO DE LA PRESA CON LAS OBRAS DE HORMIGÓN.....</i>	<i>5</i>
<i>PRESA BAJA MARGEN DERECHA</i>	<i>5</i>
OTRO ASPECTOS.....	6
<i>CORONAMIENTO.....</i>	<i>6</i>
<i>PRESA AGUA ABAJO - INMEDIACIONES.....</i>	<i>6</i>
<i>TALUDES</i>	<i>6</i>
<i>ZANJA DE PIE DE PRESA.....</i>	<i>7</i>
<i>PERDIDAS DEL EMBALSE</i>	<i>8</i>
<i>PROTECCIÓN VEGETAL</i>	<i>9</i>
<i>CONTACTO CON ESCLUSA DE NAVEGACIÓN</i>	<i>9</i>
<i>GALERÍA DE INYECCIÓN Y DRENAJE</i>	<i>9</i>
ESTADO Y COMPORTAMIENTO DE LAS OBRAS, EN ESPECIAL, EN PERIODOS QUE POR DIVERSAS RAZONES SE TUVO QUE OPERAR POR ENCIMA DE LA COTA DE DISEÑO.	9
EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LAS OBRAS, LAS INTERVENCIONES REALIZADAS Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE ÉSTAS	10
RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS OBRAS, SU MANTENIMIENTO Y CONTROL PARA ALCANZAR LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE SEGURIDAD DE PRESAS	10
ANTECEDENTES	11

EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OBRAS QUE INTEGRAN EL CHSG, CORRESPONDIENTES A LA PRESA DE TIERRA

Con el objetivo de conocer preliminarmente el estado de la presa de tierra, se efectuó la revisión del documento antecedente Informe SN1. Los aspectos desarrollados en el éste aportan una primera aproximación sobre el estado de la obra, esta información, mas la existente en el INFORME DE AUSCULTACIÓN 2017, será complementada con la inspección en el sitio y con cualquier otra información nueva con la que cuente el personal del CHSG.

La inspección en el sitio constituye una fuente de información muy valiosa en tanto que permite comprobar las condiciones aparentes en las que se encuentran las presas y detectar particularidades que, por su naturaleza, o simplemente por los constantes cambios que sufren las estructuras a lo largo del tiempo, no se encuentran detalladas en la documentación oficial escrita.

En una primera apreciación, se considera que el INFORME DE AUSCULTACIÓN 2017, muestra un seguimiento bien ordenado y cuidadoso del comportamiento de la obra, con resultados del sistema de auscultación procesados y procurando encontrar las explicaciones correspondientes. También se expresa que *“...su objetivo, el cual trasciende su carácter informativo alcanzando su función de “manual y antecedentes” sobre el cual se realizan consultas durante las actividades cotidianas del Sector.”* permite entender que está en evolución.

A continuación se desarrollan los aspectos antecedentes más relevantes, como geometría de las presas, materiales y fundación.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Se realiza una breve descripción de las características geotécnicas de la presa, extractadas del Informe SN1 – Tomo II.

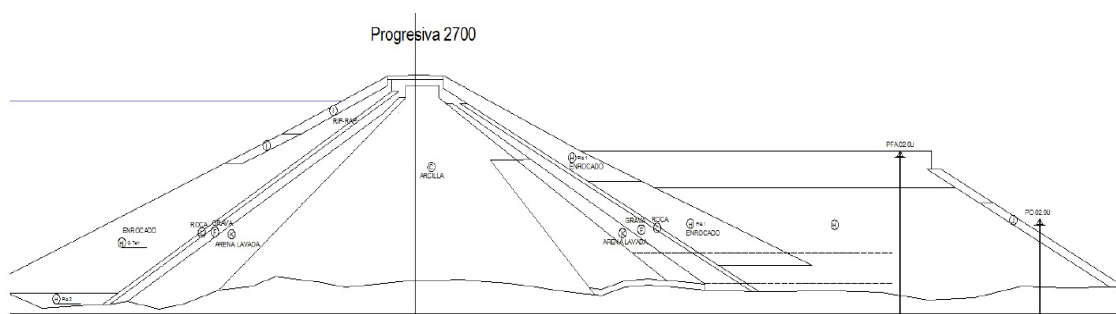
La presa de tierra está subdividida en los sectores que se detallan a continuación:

PRESA ALTA MARGEN IZQUIERDA

Contigua al Muro de Ala y denominada como “Presa Alta”, se extiende en una longitud de aproximadamente 400 m y está cimentada en roca basáltica. Su cota de coronamiento es 39 m. Tiene un “núcleo central ancho” con taludes 1:1,25 aguas arriba y 1:1,6 aguas abajo, constituido por suelos cohesivos. La cubierta externa está constituida por un escollero de rocas seleccionadas de “basaltos de alta estabilidad” con un espesor normal al talud no menor de 2,5 m. Entre ambas zonas – enrocado y núcleo – se colocaron materiales con granulometrías de transición incluyendo filtros de arenas medianas y en el talud de agua abajo material de dren de gravas. Los taludes externos son: aguas arriba 1(V):2,5(H), pero en correspondencia con una gran berma agua abajo, contigua a la Sala de Control, la pendiente del talud es 1(V):2(H). La Sala

de Control de la Central del lado uruguayo – en voladizo - está cimentada sobre el muro de ala de aguas abajo.”

Esquema de Sección típica – Extraído del informe general de auscultación vol. (I) 2017

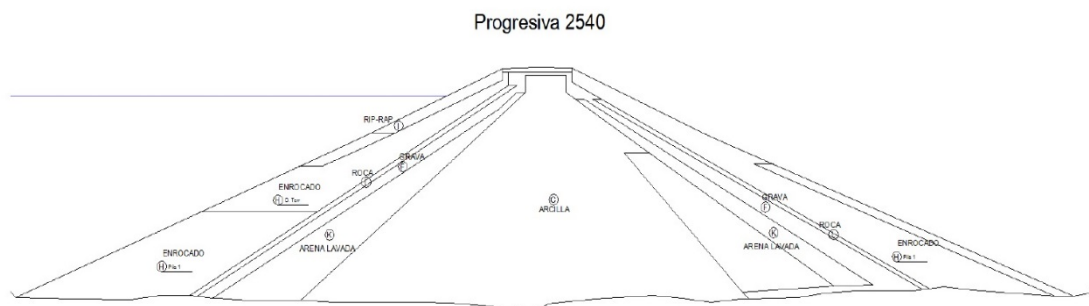


La roca basáltica de apoyo de la presa tiene una configuración muy irregular, con importantes zonas de material muy intemperizado que fue removido totalmente. En correspondencia con el apoyo del núcleo y filtro fino, la superficie fue intensamente tratada con limpieza de agua a presión, con la incorporación de “hormigón dental”. En continuidad con la solera de hormigón integral de contacto en la zona del núcleo, se ejecutó una fila de inyecciones de cemento con presión equivalente al peso total de “la tapada” para asegurarse contra la existencia de oquedades y/o grandes discontinuidades de la roca basáltica de fundación. La superficie de apoyo de enrocados y escolleros solamente fueron tratadas eliminando los basaltos alterados y/o microfisurados.

PRESA BAJA MARGEN IZQUIERDA

Su sección es prácticamente “homogénea” apoyada en suelos naturales finos, según progresivas crecientes y con alturas decrecientes a partir de unos 10 m al fin de una transición. Previamente se removieron los suelos superficiales, se colocaron materiales de transición de los suelos gruesos de los taludes exteriores de los espaldones - aguas arriba, 1(V):3(H) – y se ejecutó un “diente” en la trinchera central debajo del materiales de núcleo. Además, se dispuso una solera drenante integral de apoyo del talud aguas abajo.

Esquema de Sección típica – extractado del informe general de auscultación vol. (I) 2017



TRANSICIÓN ENTRE “PRESA ALTA Y PRESA BAJA”

Entre la “presa alta” apoyada totalmente en la roca basáltica y la “presa baja” totalmente apoyada sobre los suelos arcillo limosos naturales, la presa se desarrolla como una transición cimentada en suelos naturales, progresivamente de mayor espesor, cuyo plano de cimentación se aleja de los basaltos. La transición se desarrolla longitudinalmente con una pendiente sistematizada de aproximadamente 1(V): 6(H) con cambio de pendientes en las transiciones y taludes.

PRESA DE TIERRA MARGEN DERECHA, ENTRE OBRAS DE HORMIGÓN Y ESCLUSA

La longitud total de esta porción de la presa es de aproximadamente 400 m. El perfil estratigráfico natural mostró la presencia de una capa de unos 30 cm de espesor de suelos superficiales con contenido de materia orgánica, seguidos por limos arcillosos con regular cantidad variable de arenas en un espesor de unos 4 a 6 m. Subyacentes se presentan gravas arenosas en general mal graduadas de espesor variable entre 0,5 y 2 m que se apoyan en la roca basáltica apreciablemente descompuesta en los primeros metros y fragmentados en profundidad, en un espesor total del orden de los 5 m . La pila litológica muestra luego basaltos con diaclasamiento predominantemente sub-vertical hasta el máximo de la profundidad explorada.

CONTACTOS DE LA PRESA CON LA FUNDACIÓN

Tratamiento de la fundación en el contacto con el núcleo: En todas las zonas en donde la fracturación de la roca resultó notoria se procedió de igual manera que en el dique de margen izquierda colocando una capa de mortero plástico. Se procedió al tratamiento de consolidación de la roca debajo de la totalidad del área de contacto del núcleo con la fundación. En general se procedió como en el dique de margen izquierda en lo que respecta a limpieza de roca, relleno de oquedades, sistematización de pendientes máximas, utilización de lechadas de cemento, mortero, arena-cemento u hormigón.

Los espaldones se apoyan sobre roca o sobre gravas arenosas que se encuentran sobre los basaltos V.

CONTACTO DE LA PRESA CON LAS OBRAS DE HORMIGÓN

Para el contacto entre el núcleo y el elemento de transición del dique de hormigón, se colocó una pantalla flexible con imprimación asfáltica que penetra en el núcleo y permite los movimientos diferenciales, para reducir el gradiente de percolación. Para este último caso y durante la construcción, los niveles a ambos lados del material que se compactaban en capas, no diferían en más de 25 cm.

PRESA BAJA MARGEN DERECHA

Entre la esclusa y hacia el extremo de la presa la obra se extiende unos 500 metros, con alturas decrecientes a medida que aumentan las progresivas. La estratigrafía bajo la presa puede describirse en forma simple de la siguiente manera:

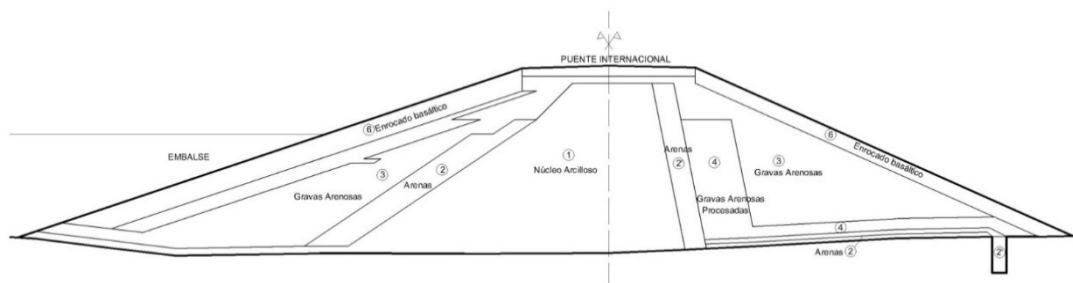
Una capa de unos 30 cm de espesor de suelos superficiales con contenido de materia orgánica.

Arenas arcillosas medianamente densas y densas en espesores crecientes con las progresivas de unos 7 a 15 metros.

Un estrato de transición constituido por gravas arenosas o arenas con gravas densas, de espesores variables entre 1 a 3 m, algo cementadas.

La roca basáltica. Se pueden diferenciar estratos o lentes de arcillas o limos plásticos de 4 a 7 m de espesor dentro de la formación general areno-arcillosa, con techo a unos 7 a 9 m de profundidad respecto del terreno natural. Los valores de permeabilidad de las arenas arcillosas y/o limosas son menores a 5×10^{-4} cm/s. Para las gravas arenosas puede también adoptarse este valor aun cuando los ensayos de campo muestran en general magnitudes menores.

Esquema de Sección típica – extractada del informe general de auscultación vol. (I) 2017



OTRO ASPECTOS

CORONAMIENTO

La siguiente descripción fue extractada del informe SN1-TOMOII. Se aprecian diferencias de nivel entre el contacto de la obra de hormigón y el arranque de las presas de tierra. La diferencia más notable es del orden de los 3 a 4 cm. No se aprecia reparación alguna. No se observan dificultades en la circulación de vehículos; tampoco diferencias entre tramos de rieles que pudieran obstaculizar el tránsito ferroviario. El alineamiento de los "flex-beam" es bueno indicando que no existen corrimientos en horizontal del coronamiento.

Recomendación: continuar con la evaluación del asentamiento diferencial entre presa y obras de hormigón y su evolución en el tiempo.

PRESA AGUA ABAJO - INMEDIACIONES

La siguiente descripción fue extractada del informe SN1-TOMOII No se observan problemas. Se aprecia que de ejecutarse una limpieza y sistematización al pie del talud en un ancho de unos 10 m, para ejecutar una colectora de control de filtraciones, deberán realizarse trabajos más complejos sobre la margen argentina que sobre la margen uruguaya, pero en todos los casos relativamente simples.

Recomendación: Se deberá confeccionar un proyecto para la sistematización del pie del talud en un ancho de unos 10m y la construcción de la colectora de control de filtraciones

TALUDES

La siguiente descripción fue extractada del informe SN1-TOMOII .En el talud de aguas abajo se aprecia desniveles respecto de lo que sería la línea original de talud. Sí se aprecian en zonas localizadas deterioro de los fragmentos de basalto por meteorización. En los extremos de las presas en donde la protección basáltica es somera o no existe, no se observan cárcavas en el tapiz vegetal de recubrimiento.

En el talud aguas arriba se observa en general cierto grado de degradación de los fragmentos basálticos del rip-rap. El proceso no caracteriza todo el frente de ambas presas, sino en algunas zonas localizadas.

En el talud margen izquierda (lado Uruguayo), se observan en zonas restringidas un cambio de pendiente del talud con desniveles en vertical que podrían estimarse hasta en unos 50-60 cm. Puede deberse a rotación y desplazamiento de fragmentos que han perdido tamaño por intemperización.

En el talud margen derecha (lado Argentino), se aprecian áreas sustancialmente mayores que en el caso anterior, con desniveles en vertical que podrían apreciarse en el

orden del metro. Este aspecto se presenta mayormente en la presa entre la Central y la Esclusa. No se observa material de acopio que en su oportunidad fuera requerido mantener en margen izquierda como reserva.

Recomendación: evaluar el grado de degradación de tamaño de los fragmentos basálticos del escollero (Rip-Rap) y las deformaciones del talud, principalmente en la zona de la presa M.D., entre la Central y la esclusa, con irregularidades locales de niveles en vertical de hasta del orden del metro.

Recomendación: analizar la evolución del Rip Rap en el tiempo a través de perfiles transversales del talud y la disponibilidad de material adecuado (sin que haya sufrido proceso de degradación) para su reposición, de cantera Paso del Terrible.

Se podrían utilizar para la inspección, por encima y por abajo del nivel de agua, nuevas tecnologías disponibles actualmente en el mercado.

Recomendación: analizar la cantidad de material a reponer de escollero para restaurar las líneas originales del talud. En el talud aguas abajo también se realizarán las mismas tareas.

ZANJA DE PIE DE PRESA

La siguiente descripción fue extractada del informe SN1-TOMOII. No está definida una zanja integral de pie de presa. El escurrimiento a través de la presa y fundación entre la esclusa y el extremo de margen derecha de la misma, en margen argentina, se capta al pie de la esclusa y se controla con un aforador tipo Thompson. El agua es límpida. Periódicamente se controla el caudal. En el resto de las presas no hay ningún control, pero tampoco se visualizan pérdidas de agua al pie. Entre esclusa y central se observa escurrimiento pero no se puede aseverar su origen ya que lo que trasvasa el aforador tipo Thompson descarga en el recinto de la esclusa para luego conducirse por el pie hasta la laguna contra la central. No se puede discernir si la presa alta genera aportes a dicho escurrimiento.

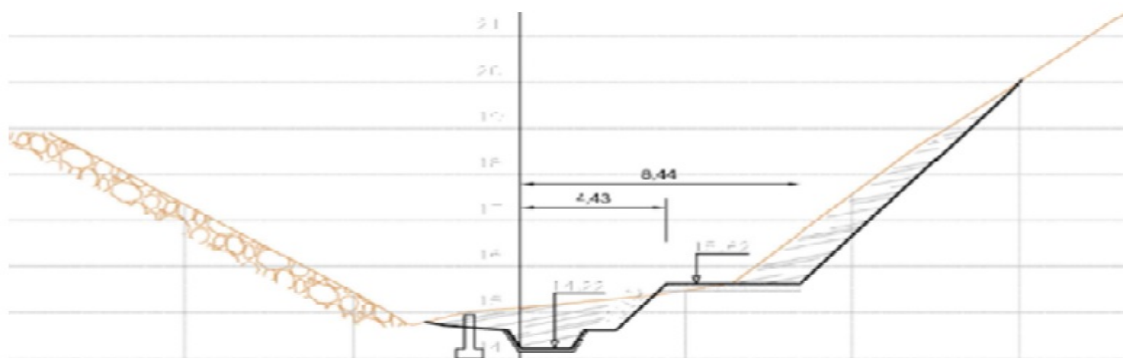
No se visualizan pérdidas en presa de tierra de margen izquierda.

Recomendación: Continuar con la evaluación de las filtraciones en Margen Argentina y el funcionamiento de piezómetros en la zona, los caudales y sistemas de aforos.

Recomendación: la realización de estudios básicos (hidrología, topografía, investigación geotécnica) y el proyecto de detalle para la construcción de la zanja de pie de presa, mencionada y esquematizada en el informe de auscultación 2017.

Recomendación: realizar una red de escurrimiento a través de la presa y su fundación, en función de los parámetros geotécnicos y las mediciones de los instrumentos y dispositivos de auscultación y así apreciar el flujo y el caudal.

Esquema de zanja de pie de presa – extraído de informe general de auscultación 2017



PERDIDAS DEL EMBALSE

En el informe general de auscultación volumen I de 2017 se cita el Estudio técnico, económico y financiero – Acres/Hidrosud (1971): “Punto 13.3.4 – Pérdidas del embalse. Se menciona que la sección más crítica de margen argentina, en lo referente a pérdidas desde el vaso, existe debajo del futuro cierre lateral, donde el nivel freático desciende por debajo de la cota máxima del lago. Las infiltraciones en este sector serán dificultadas por el efecto protector de la cubierta superior, enriquecida en finos, de los depósitos pliocénicos. A pesar de esto se aconseja la construcción de una defensa impermeabilizante que atraviese los terrenos incoherentes y alcance la roca sana del basamento, a fin de asegurar un impedimento mayor a las fugas de agua. Las pérdidas hacia el basamento serán mínimas ya que serán impedidas por la impermeabilidad del conglomerado inferior del plioceno. No se han encontrado evidencias documentadas de que efectivamente se haya construido la defensa aconsejada por el proyectista. En tal caso se podría estar ante una fuga del embalse a través de los depósitos del plioceno (donde se encuentra fundada la presa baja), filtración que es captada por el grupo de piezómetros 10 a 28.”. Se relata en esta cita que hubo una recomendación de construir una “defensa impermeabilizante” aunque sin expresar concretamente a qué se refiere dicha defensa (podría referirse a un cut off mediante inyecciones o una pantalla), también se expresa que no se sabe si se construyó, pero sí resulta claro que se trata de una zona potencial de conflicto.

Recomendación: evaluar el caudal de filtración a través de la fundación de la presa baja ver en los planos conforme a obra, si la “defensa impermeabilizante” finalmente fue construida en el sector.

PROTECCIÓN VEGETAL

La siguiente descripción fue extractada del informe SN1-TOMOII Según lo informado se encuentra en buen estado.

CONTACTO CON ESCLUSA DE NAVEGACIÓN

Recomendaciones:

- Se recomienda evaluar el comportamiento de la galería ubicada en el nivel +17.00 debajo de la esclusa de navegación.
- El seguimiento de posibles movimientos diferenciales entre la obra de la esclusa y la presa.

GALERÍA DE INYECCIÓN Y DRENAJE

La siguiente descripción fue extractada del informe SN1-TOMOII, se observaron a lo largo de las galerías de drenaje que los sistemas de piezómetros de cuerda vibrante no funcionan. Los que se encuentran funcionando son las celdas de carga (piezómetros hidráulicos).

Recomendaciones

- Considerar la instalación de nuevos piezómetros para que se pueda realizar las mediciones de las subpresiones y la comparación de los niveles piezométricos medidos con los niveles piezométricos que surgen de la red de escurrimiento, en presa y en las fundaciones de las obras de hormigón.
- Evaluar los límites de alerta ante posibles cambios de niveles piezométricos en la presa y en las fundaciones de las obras de hormigón.

ESTADO Y COMPORTAMIENTO DE LAS OBRAS, EN ESPECIAL, EN PERIODOS QUE POR DIVERSAS RAZONES SE TUVO QUE OPERAR POR ENCIMA DE LA COTA DE DISEÑO.

Luego de una situación extrema donde la presa esté solicitada por una crecida extraordinaria, resulta necesario realizar un relevamiento expeditivo que permita alertar sobre cambios que pudieran haber ocurrido.

Recomendaciones

- Realizar el análisis de los valores indicados por los instrumentos de auscultación en ese momento y evaluar el comportamiento de la presa bajo las solicitaciones originadas por un nivel de embalse por encima del de la cota de diseño.

- Evaluar la fiabilidad de los órganos de desagüe ya que tiene una gran importancia en la seguridad de la presa. El efecto sobre la seguridad de la presa de la fiabilidad de los órganos de desagüe es indirecto: una baja fiabilidad hace que la probabilidad de alcanzar niveles de embalse altos (o incluso sobrevertidos) durante una avenida sea mayor, lo cual aumenta la probabilidad de rotura.

EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LAS OBRAS, LAS INTERVENCIONES REALIZADAS Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE ÉSTAS

De acuerdo con la documentación antecedente disponible, no se cuenta aún con un manual de operación, mantenimiento y vigilancia (MOMV).

Según los requerimientos de Lineamientos de Seguridad de Presas ORSEP | 2014:

Los procedimientos deben quedar documentados en Manuales de Operación, Mantenimiento y Vigilancia (MOMV), deben ser elaborados durante la construcción de las obras y posteriormente actualizados periódicamente durante la explotación de las mismas.

En el caso que estos documentos no existieran debe procederse a su elaboración.

La evaluación se realizará sobre la base del informe SN1, del último informe de auscultación 2017, visitas a la obra y reuniones con personal del CHSG.

RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS OBRAS, SU MANTENIMIENTO Y CONTROL PARA ALCANZAR LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE SEGURIDAD DE PRESAS

De acuerdo con los lineamientos de seguridad de presas del ORSEP, el objetivo fundamental de la Seguridad de la Presa es proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente, de los efectos perjudiciales de una operación inadecuada o del eventual colapso de las obras.

El objetivo mencionado se logra mediante la retención del embalse y el control de los flujos de salida de agua dentro de límites adecuados. Para lo mismo deberán implementarse todas las medidas razonablemente posibles tendientes a prevenir una falla de la obra, así como tomar las previsiones para actuar en caso de emergencias.

Como operación inadecuada se entiende todo apartamiento de las normas de diseño para la operación segura de las obras o de sus sistemas de seguridad. Los límites especificados, resultan de los procesos de aprobación y habilitación establecidos por el Organismo Regulador o la autoridad competente.

El objetivo de Seguridad de la Presa debe estar presente durante todo el ciclo de vida de las obras. Por tal motivo se debe elaborar una planificación, tanto para el mantenimiento como para la operación y así lograr una sustentabilidad a largo plazo hasta la eventual desactivación de la obra.

Dado que la presa es una infraestructura crítica cuyo fallo puede producir importantes consecuencias sociales y económicas:

Recomendación: realizar un **estudio de riesgo** para luego evaluar cómo gestionarlo y mitigarlo. De acuerdo con los requerimientos de:

- **Lineamientos de Seguridad de Presas ORSEP | 2014**
- Surveillance: Basic Elements in a “Dam Safety” Process – Bulletin 138
- CIGB – ICOLD – 2009 y del Boletín técnico N° 130 de ICOLD «Risk Assessment In Dam Safety Management» (2005)

El Análisis de Riesgo como herramienta de análisis cuantitativa integra la información disponible sobre las amenazas, vulnerabilidad y consecuencias, permite calcular el nivel de seguridad de la presa estimando no sólo el riesgo actual, sino el impacto de diferentes medidas correctivas.

Recomendaciones

- De acuerdo con la documentación antecedente, se cuenta con un PADE (2011), si no se contará con versiones más recientes del mismo, este debería ser actualizado anualmente y ajustado.
- La elaboración de un manual de operación, mantenimiento y vigilancia (MOMV), que cumpla con los requerimientos del ORSEP, en el que se describan las actividades de operación, mantenimiento y control del comportamiento de la presa.

ANTECEDENTES

- INFORME ENE -RG – T2256 -SN1 – TOMO I A VIII (AGOSTO 2016)
- INFORME GENERAL DE AUSCULTACIÓN – SECTOR AUSCULTACIÓN Y VIGILANCIA SALTO GRANDE (2017)
- INSPECCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE LAS OBRAS Y ASPECTOS VINCULADOS A LA SEGURIDAD DE LA PRESA ING. ALEJANDRO PUJOL (FEBRERO 2015)
- Clasificación de instrumentos por su importancia y definición de umbrales de alerta y alarma para los instrumentos detectores ING. JAVIER ALGORTA (JUNIO 2013)

- Lineamientos de Seguridad de Presas ORSEP | 2014
- MANUAL PADE – V0 - Noviembre 2011
- Surveillance: Basic Elements in a “Dam Safety” Process – Bulletin 138
- CIGB – ICOLD – 2009
- Boletín técnico Nº 130 de ICOLD «Risk Assessment In
- Dam Safety Management» (2005)

BORRADOR – TABLEROS Y COMPUERTAS

Tabla de contenido

RECOMENDACIONES PARA LAS OBRAS DE RENOVACIÓN, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL.	2
INTRODUCCIÓN	2
DIAGNÓSTICO INTEGRAL TABLERO Y COMPUERTAS	2
REJAS DE LAS OBRAS DE TOMA.....	3
LIMPIARREJAS.....	4
BARRERA FLOTANTE.....	5
TABLEROS AUXILIARES DE LA CENTRAL.....	6
COMPUERTAS DE TOMA	6
COMPUERTAS DEL DESCARGADOR DE FONDO.....	7
COMPUERTAS RADIALES DEL VERTEDERO.....	8
COMPUERTAS PLANAS DEL VERTEDERO.....	9
COMPUERTAS ESCALA DE PECES	9
PIEZAS FIJAS.....	10
CONCLUSIONES	12
RECOMENDACIONES	13
RECOMENDACIONES COMPLEMENTARIAS.....	16

RECOMENDACIONES PARA LAS OBRAS DE RENOVACIÓN, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace una recopilación de las características principales de los componentes de los cierre de los pasajes de agua a través de las centrales, descargadores de fondo y vertederos. Éstos requieren de una inspección, mantenimiento, control y eventual renovación, que garanticen el funcionamiento operativo de la central, sin inconvenientes y que cumplan con las recomendaciones de la ORSEP referidas a los Programas de Seguridad de Presas (PSP).

DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE TABLERO Y COMPUERTAS

Dentro de las obligaciones del informe SN1 fue el de efectuar una evaluación completa del estado de la infraestructura de la CHSG, con el fin de mejorar su seguridad en la operación y además, identificar las acciones para su mantenimiento y reemplazos necesarios con el propósito de estudiar la modernización de la Central y dar continuidad a una operación confiable durante los próximos 30 años.

En este Informe se considerarán solo aquellos aspectos referidos a los Tableros Auxiliares y Compuertas. En el Informe SN1 – Fase I, con relación a lo señalado anteriormente, dice lo siguiente:

“A través de las inspecciones efectuadas durante las diferentes visitas efectuadas al CHSG para desarrollar el Informe SN1, fue posible establecer el estado o condición de la, infraestructura y destacan como acciones relevantes de éstas las siguientes acciones:

- 1. Se hace indispensable la instalación de un dispositivo limpia rejas, para el cual se encuentra sugerido dentro del informe de Fase I, alternativas de instalación y diseño.*
- 2. Al mismo tiempo se recomienda la instalación de una barrera para reducir la acumulación de suciedad frente a las tomas, principalmente en períodos de crecida.*
- 3. Dentro de estas acciones se sugiere efectuar una batimetría y el eventual dragado del frente de toma a fin de remover los depósitos acumulados durante varios años de operación.*
- 4. Considerando que existirían condiciones de operación del embalse con niveles superiores a 35m es recomendable reforzar y extender la estructura de la compuerta radial de vertedero para condiciones de operación por encima de este nivel, por lo que esta necesidad ha sido considerada dentro de la Fase I.*
- 5. Las piezas fijas de las compuertas de la toma presentan un proceso de corrosión importante, combinado con la presencia de molusco bivalvo asiático, siendo el umbral y la pista de rodadura de las ruedas de compuerta la que presenta este fenómeno en forma más acentuada. Si bien las compuertas tienen en un proceso de mantenimiento*

y pintado general, es necesario atender en el mediano plazo el problema de corrosión citado.”

REJAS DE LAS OBRAS DE TOMA

Las rejas instaladas en las Obras de Toma de las Centrales consisten en una serie de tres juegos de paneles de 6.5m x 18.8m de barras verticales de 22mm, éstas se deslizan por guías amuradas en las paredes extremas y partidores interiores. Son extraídas a través de la viga pescadora, mediante el pórtico grúa de aguas arriba.

Los vegetales y camalotes que arrastra el río, principalmente durante las crecidas, obstruyen las rejas, produciendo una pérdida de carga con la consecuente disminución de la generación de energía. A esta obstrucción hay que agregarle los mejillones que se adhieren a los barrotes. Las inspecciones realizadas, en ocasiones del mantenimiento por personal de la Central, indicaban la necesidad de estudiar una solución más acorde con lo que sucedía, sobre todo porque no se limpiaban las rejas, sino se compactaba la basura hacia fondo que una vez que superaban el umbral comenzaban a obstruir la entrada al pasaje de agua.

En ocasión del Informe se recomendó una inspección mediante algún procedimiento que permitiera tener una visión más clara del volumen de los residuos vegetales, espesores y las calidades de éstos, con el fin de poder realizar mejor una planificación para extraer y limpiar las rejas.

Para solucionar estos problemas lo recomendable debía ser la instalación de:

- Un limpiarejas que estuviera con capacidad de recoger todo tipo de residuos vegetales ya sea estén sumergidos o en superficie.
- Una barrera superficial, en el embalse, que proteja de la llegada de los vegetales simeflotantes a las Obras de Tomas.
- Proteger los barrotes contra la adherencia de los mejillones con pinturas especiales.



REJAS

Nota: en el Informe SN1 existe una referencia para los tratamientos superficiales para la eliminación de los mejillones.

SN1-Informe Final - Tomo IV Anexo III – 1

TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE REJAS

LIMPIARREJAS

En el Informe SN1 se recomendaba para la instalación de un limpiarejas lo siguiente:

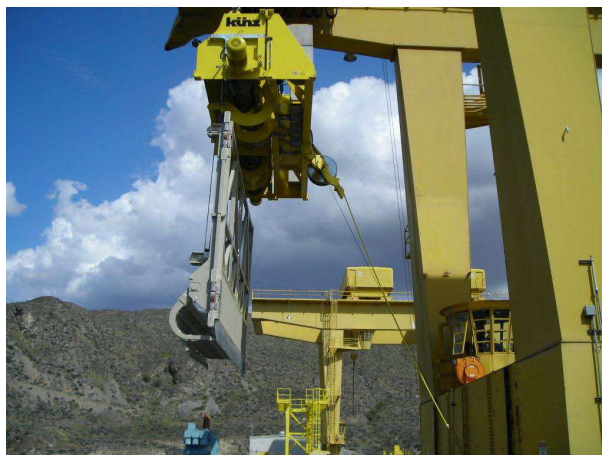
“Debido a la simplicidad y menor instalación necesaria recomendamos el tipo de limpia-rejas trasladado con la grúa pórtico existente. Este tipo de limpia-rejas permitiría efectuar la limpieza aún con la unidad en operación. Para condiciones de operación severa no es necesario detener la unidad. Eventualmente puede reducirse la potencia generada por la turbina, reduciendo el caudal de ingreso para permitir el descenso del limpia-rejas sobre las superficies del agua con importante cantidad de desechos.

Además para mitigar la incrustación de bivalvos en las rejillas se recomienda aplicar alguno de los sistemas recomendados por USACE (Corp of Engineers), que pueden ser pinturas de acabado a base de vinilo o bien el uso de metalizado con zinc.”

De las inspecciones efectuadas, en zona próxima a las rejillas de toma, la cantidad estimada de sedimentos y material depositado frente a las rejillas de cada unidad es de consideración, estimándose un depósito de al menos dos metros de altura acumulada. Es muy posible que este sedimento se extienda a toda la presa. Se menciona que en algún caso se han medido pérdidas de carga de hasta 2 mca.

Esto hace pensar que la zona cercana a los descargadores de fondo también presente una situación similar en cuanto a la basura acumulada. Se recomendó se efectuó una inspección

mediante un vehículo submarino (ROV) que permitan el registro fotográfico de estas zonas sumergidas. Estas imágenes pueden permitir establecer una batimetría de la presa y determinar las áreas de mayor acumulación de sedimentos, determinando el volumen útil de la misma y la reducción del volumen desde la construcción.



Limpiarejas

Nota: en el Informe SN1 existe una referencia a los equipos para el monitoreo submarino y de dispositivos posibles de instalar en las Obras de Tomas.

SN1-Informe Final - Tomo VI Anexo III - 3

INSPECCIÓN SUBMARINA CON VEHÍCULO OPERADO REMOTAMENTE (ROV)

SN1-Informe Final - Tomo V Anexo III - 2

DISPOSITIVO DE LIMPIEZA DE REJAS

BARRERA FLOTANTE

En el Informe SN1 se recomendaba la instalación de una barrera flotante, y se decía lo siguiente:

“Como medida complementaria al limpia-rejas, recomendamos la instalación de una barrera flotante para contener la basura superficial. Dichas barreras comprenden de secciones unidas de un cuerpo flotante, una reja sumergida adosada, y en algunos modelos, una protección al personal que camina por la pasarela.”

Para definir cuál es el tipo de barrera más conveniente es necesario realizar un estudio teniendo en cuenta la velocidad del flujo, el tipo y cantidad del material arrastrados, esfuerzos involucrados en la barrera, facilidad de recolección de la basura acumulada, etc.

Nota: en el Informe SN1 existe una referencia a algunas alternativas para la instalación de barreras flotantes y recomendaciones para su instalación.



SN1-Informe Final - Tomo V Anexo III - 2

BARRERA FLOTANTE DE CONTENCIÓN

TABLEROS AUXILIARES DE LA CENTRAL

Los Tableros Auxiliares (Ataguías) de la Central están compuestos por los correspondientes a las Obras de Toma, ubicadas aguas arriba y a los de los Tubos de Aspiración, ubicados aguas abajo. Éstos son operados por los pórticos grúas de aguas arriba y aguas abajo de la Central y permiten el cierre de los pasajes de agua por la central.

Estos tableros se encontraban en buen estado para la operación de la central y tenían los mantenimientos habituales realizados por el personal de estas tareas consistente en la revisión periódica del estado estructural, así como de las ruedas y sus ejes, la condición de los sellos y el estado de la protección superficial

COMPUERTAS DE TOMA

Las compuertas de las obras de toma, 42 en total y son operadas por los sistemas de oleohidráulico, compuesto por un servo que permite, para protección del grupo turbina generador, la caída controlada de la compuerta ante una situación de emergencia. Una central electrohidráulica de comando atiende el servicio de las compuertas de las 7 máquinas de cada central.

Las compuertas se encontraban en buen estado para la operación y el personal de planta efectúa un mantenimiento preventivo de las compuertas, incluyendo la reparación de la superficie con pintura, y recambio de los rodillos cuando no se encuentran en condiciones apropiadas.

Nota: en el Informe SN1 existe una referencia a pinturas.

SN1-Informe Final - Tomo IV Anexo III – 1

PINTURA PARA COMPUERTAS

COMPUERTAS DEL DESCARGADOR DE FONDO

Los Descargadores de Fondo, dos módulos uno por cada margen, sobre los cuales se encuentra las Salas de Montaje. Cada módulo consta de tres conductos que componen los descargadores de fondo. El equipamiento está compuesto por un conjunto de Compuertas corta flujo aguas arriba y Tableros Auxiliares aguas arriba y aguas abajo, con idénticas características que los Tableros Auxiliares de la Obra de Toma y Tubo de Aspiración.

Al igual que las Compuertas y Tableros Auxiliares de las Centrales tienen un plan de Control y mantenimiento que regularmente lo realiza el personal encargado de estas tareas.

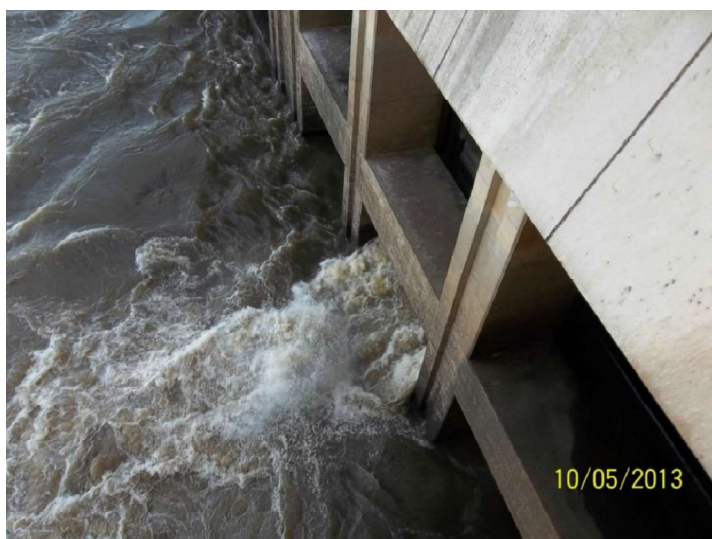
Con relación a la forma de operar de las compuertas en el Informe SN1 se decía lo siguiente:

“Por otra parte se recomienda la elaboración de un plan de acción que tenga como meta final a largo plazo la posibilidad de efectuar periódicamente (con periodicidad a determinar) un ensayo operativo de los descargadores de fondo. Puesto que nunca se han abierto los descargadores, existen dudas e incógnitas a resolver antes de intentar tal operación de apertura como un ensayo funcional periódico”.

Teniendo en cuenta estos aspectos, también se indicaba en el Informe:

“El mando de las compuertas de cierre de los descargadores de fondo se opera mediante la grúa pórtico de 2x 75t de aguas arriba y su correspondiente sistema de barras de izado, de manera tal que resulta de la mayor importancia el estado de mantenimiento y operatividad de dicho pórtico pues suponiendo que hubiera sido necesario abrir un descargador de fondo, su cierre se deberá efectuar con la compuerta cortando flujo operada con la grúa pórtico que es un dispositivo que no tiene la robustez y capacidad de absorción de esfuerzos dinámicos de un servomotor hidráulico como el de las compuertas de guardia de las unidades.”

Estos aspectos deben ser considerados a los efectos de contar con todas las posibilidades asegurar de operar los descargadores.



Inicio de la apertura de la compuerta con un tablero de aguas abajo sin colocar

COMPUERTAS RADIALES DEL VERTEDERO

La CHSG cuenta con 19 vertederos equipados con Compuertas Radiales de 15.3m de ancho por 19.5m de alto con accionamiento hidráulico y además, cuenta con la posibilidad de colocar aguas arriba tableros auxiliares corta corriente que permiten aislar las compuertas radiales para su mantenimiento.

No existen inconvenientes con el funcionamiento de las compuertas en la operación de los vertederos y tampoco se han detectado problemas con la estructuras de éstas. El personal de la CTM indicó haber detectado diferencias en la compresión de los sellos laterales contra sus pistas de deslizamiento entre uno y otro lado del vano.

Durante el desarrollo del Informe SN1 se analizó la viabilidad de incrementar el nivel del embalse para mejorar la generación, pero esto requiere aumentar la altura del escudo de las compuertas. Estudios realizado con anterioridad mostraron la necesidad de realizar un refuerzo en la estructuras de la compuertas debido a las mayor carga hidráulicas que debían soportar.

A los efectos de verificar esos antecedentes se realizó un análisis mediante un modelo de elementos finitos de la compuerta, considerando a ésta como una estructura espacial, que permitió visualizar los lugares donde se concentraban los mayores esfuerzos.

Estos análisis, resultados y conclusiones, se encuentran en forma detallada entre las páginas 119 a la 174 del Tomo II.

Algunos de resultados y recomendaciones de estos análisis fueron los siguientes:

“Del análisis efectuado se desprende que en ninguno de los casos de carga considerados para la estructura se presentan condiciones de rotura catastrófica para la misma. No obstante operar la compuerta en los niveles EL37 y EL38 es someter a la estructura de la misma a condiciones de carga diferentes a las de diseño no solo en cuanto al valor de la carga, sino también en cuanto a la dirección donde actúa, exponiendo la estructura a niveles de tensión por encima de los valores para los que fue proyectada.

Si excepcionalmente la misma debiera operar en esos niveles en una condición de emergencia que justifique asumir el riesgo, esta situación debería ser de duración muy limitada, en lo posible en condiciones estáticas, es decir reducir al mínimo la acción de cargas variables o el movimiento de la compuerta o la aplicación de la carga de los servomotores, para evitar solicitar aún más la estructura.

Es recomendable después de una operación de estas características someter a una inspección general a la compuerta, en particular aquellas zonas determinadas más críticas en esta modelación. La inspección no solo es inspección visual sino que puede contemplar medios más exhaustivos como PT o MT a efectos de descartar posibles fisuras incipientes, sobre todo en zonas singulares de transición de espesor o de cruces de soldaduras o chapas.”



Nota: en el Informe SN1 existe detalle del análisis dinámico de las compuertas.

SN1-Informe Final - Tomo III Anexo I y II

COMPUERTA RADIAL DEL VERTEDERO - ANÁLISIS MODAL

COMPUERTAS PLANAS DEL VERTEDERO

Las compuertas planas que permiten el cierre aguas arriba del vertedero, están compuestas por tableros de cierre de 16,24 m de ancho, con tres secciones, la inferior, la intermedia y la superior. Los paneles de compuertas planas son operados mediante la grúa pórtico de aguas arriba equipada con la correspondiente viga pescadora.

Las compuertas planas del vertedero, se encuentran en buen estado general de operación y se continúan con el plan de mantenimiento que contemple la revisión periódica del estado de la estructura, así como de las ruedas y sus ejes, la condición de los sellos y el estado de la protección superficial.

Estos Tableros fueron utilizados para el completamiento de las crestas de los vertederos en una de las etapas de la construcción de éstos

COMPUERTAS ESCALA DE PECES

En CHSG existen dos escalas de peces tipo Borland, una a cada lado del vertedero en sus módulos extremos. El funcionamiento de la escala es cíclico y se regula automáticamente mediante la operación de dos compuertas, una en cada extremo del túnel, una aguas arriba (compuerta superior) y otra aguas abajo (compuerta inferior).

En el diseño original presentó problemas de vibraciones y requirieron modificaciones y adaptaciones, en ocasión del SN1 las modificaciones de la compuerta superior se encontraban en etapa de ejecución.

Se verificará en que estado están estas adaptaciones y cuáles fueron los resultados de haberse concluido los trabajos.

Además se recomendó: que se *“efectuados los estudios ictiológicos y medioambientales correspondientes se debe revisar el proyecto original de la escala de peces tipo Borland y las posteriores modificaciones incorporadas, así como los estudios existentes al respecto, para si fuera posible, optimizar tales proyectos, sobre todo en lo referente al mando de la válvula mariposa de 14" de aguas abajo”*

PIEZAS FIJAS

Durante las paradas programadas de las Máquinas, para realizar las inspecciones y mantenimientos de éstas, se detectó un problema de corrosión insipiente en los umbrales y guías laterales de los Tableros y las Compuertas, y esto se debe a que estas piezas no fueron construidas con aceros inoxidables.

Si bien el problema detectado no parecía grave en el momento del Informe SN1, se había manifestado con alguna importancia en el umbral de los tableros auxiliares de uno de los vanos.

En el Informe SN1 se decía, con referencia a este tema, lo siguiente:

“Teniendo en cuenta que las consultas previas efectuadas por el personal de la CTMSG con una empresa especializada en sistemas de protección catódica arrojaron resultados negativos, resultando que no sería posible incorporar tal sistema a las guías y umbral de las ataguías y como el fenómeno de la corrosión es esencialmente progresivo, recomendamos implementar dentro del programa de mantenimiento un control sistemático (por ejemplo semestral) del avance de la corrosión sobre las piezas sumergidas no factibles de recibir alguna protección superficial, sobre todo en los umbrales cuya corrosión afecta el sellado de las ataguías, registrando los resultados de dicho avance por medio de mediciones de la profundidad del ataque y registros fotográficos en puntos preestablecidos para evaluar el avance del fenómeno en vista de futuros cursos de acción. En la medida que se observe que la evolución de la corrosión pudiere interferir con la operación de las ataguías, efectuar las correcciones respectivas, ya sea con recargue de soldadura o la sustitución de la pieza.”

Además con relación a las compuertas el Informe SN1 decía:

“... para las compuertas (dado que dichas compuertas pueden dejarse en seco por colocación de los tableros de cierre) existe además la posibilidad de que, si en el futuro el avance de la corrosión lo justificara, se reemplace, durante una parada de maquina prolongada, la pista de rodadura y el umbral de acero al carbono de la compuerta por otro de acero inoxidable, Por lo anterior recomendamos implementar el control del avance de la corrosión mencionado, con el fin de evaluar la oportunidad de efectuar el estudio y ejecución de las intervenciones antes citadas.

Se recomienda elaborar un plan de acción que tenga como meta efectuar periódicamente, ensayos operativos de las compuertas de toma. Como ejemplo, se cita las prácticas que efectúa el US Bureau of Reclamation”

Estos cometarios sobre la oxidación de la piezas fijas no son específicos de las Obras de Toma, sino que es general para toda la CHSG, por lo que deben observarse el avance de este fenómeno en otra guías y umbrales como Descargares de Fondo y Vertederos.



CONCLUSIONES

Las conclusiones que aquí se sintetizan, realizadas en ocasión del Informe SN1, fueron consideradas como necesarias para mejorar el funcionamiento de la Central.

En relación al tema se pueden extraer de lo siguiente:

1. Los Tableros auxiliares de la Obra de Toma, Tubos de Aspiración, Descargadores de Fondo y Vertedero, Compuertas de Operación de las Obras de Toma y Descargadores de Fondo:

El estado de los Tableros y Compuertas se las encontró en buen estado para la operación y además, poseen un programa de mantenimiento llevado a cabo por el personal encargado de esta tarea, siguiendo protocolos habituales de los Programas de Seguridad de Presas (PSP).

2. Compuertas Radiales de los Vertederos.

Se recomendó continuar con el plan previsto de repintado de las compuertas de vertedero, debido a que se observaron signos con un marcado deterioro de la protección superficial en general en todas ellas. Esto debería hacerse removiendo la pintura existente y aplicando un nuevo esquema de protección a través de granallado.

Durante el repintado de la compuerta puede procederse también a la renovación de los sellos de la misma.

Adicionalmente se sugirió que durante el mantenimiento se efectúen inspecciones externas de los bujes de las articulaciones de las compuertas siguiendo los procedimientos habituales para estas inspecciones.

También se podrá en estas inspecciones renovar los sellos de goma del muñón e inspeccionar el estado de los sellos de los servomotores de accionamiento de las compuertas para detectar fugas incipientes de aceite a través de éstos.

No se deberían operar las compuertas por encima del nivel de operación en periodos prolongados y si esto sucediera, se deberán revisar la estructura, después de estos eventos, de aquellas partes de la estructura más solicitadas.

3. Las compuertas planas del vertedero

Estas compuertas se encuentran en buen estado general de operación

En general para todas estas piezas, de las cuales depende la seguridad y la operación del CHSG, se deberá continuar con el plan de mantenimiento y revisión periódica del estado estructural, así como de las ruedas y sus ejes, la condición de los sellos y el estado de la protección superficial. Estas consideraciones y previsiones hacen al PSP.

4. Piezas Fijas

Con relación a las piezas fijas de CHSG, es necesario decir que los umbrales, dinteles y guías laterales fueron fabricadas con acero al carbono en lugar de acero inoxidable y por

lo tanto están sujetas a que se produzcan oxidaciones que pueden en el futuro dificultar el funcionamiento adecuado de los Tablero o las Compuertas. Esta situación requiere tener un programa para la solución de estos problemas, los cuales pueden ser sencillos para el caso de las Compuertas de Operación, pero no así con los Tableros Auxiliares, para cuyas guías u umbrales no hay previsto procedimientos para que queden accesibles para su reparación. Para las guías y umbrales de las Compuertas esto se logra colocando los Tableros que dejan en seco los recintos y permiten las tareas de reparaciones o reemplazo.

RECOMENDACIONES

De lo anteriormente indicado, se pueden hacer las siguientes recomendaciones en el marco de prolongar su vida útil de la infraestructura del CHSG integrada por las compuertas y tableros. Además con el propósito de dar continuidad a una operación confiable durante los próximos 30 años.

Dentro de las principales preocupaciones que debieran atenderse, aparte de mantener todos los programas de mantenimientos preventivos y las necesarias actualizaciones que deben realizarse, están algunos temas que requieren de un estudio muy particular por las complejidades que va implicar su ejecución.

Estas recomendaciones están realizadas en el marco de este Informe preliminar, cuando se realice la visita a CHSG éstas podrán ser verificadas y/o podrán ampliarse.

Dentro de estos temas los detectados son:

- El estudio para la reparación de las piezas fijas consistentes en guías y umbrales construidas en acero al carbono y con oxidaciones incipientes pero que forzosamente avanzarán en el tiempo y van a requerir su solución.
- El estudio de los refuerzos estructurales de las compuertas incluyendo la extensión del escudo, estas son necesarias si se piensa en recrear el nivel de operación normal del embalse.
- La instalación de un limpiarejas
- La instalación de una barrera flotante aguas arriba para detener los vegetales que arrastra el río durante las crecidas.
- Plan de acción para efectuar periódicamente un ensayo operativo para la apertura y cierre de los descargadores de fondo
- Mejorar la capacidad de Pórtico Grúa que opera las compuertas de los descargadores de Fondo

Complementariamente se adjunta las recomendaciones completas realizadas en el Informe SN1- Tomo II – pág. 413

Informe Preliminar RG-T2923-P002
Modernización del Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande
Estudios Complementarios - Estado de la Presa

Cap	Componente	Recomendación
4.3.1	Compuertas radiales del vertedero	<p>Validar los resultados del modelo de elementos finitos por medio de ensayos. Hasta tanto, se recomienda evitar la operación de las compuertas con niveles +37.00 y +38.00. Se recomienda continuar con el plan previsto de repintado de las compuertas de vertedero, analizando nuevamente los esquemas de pintura a utilizar puesto que pinturas de última generación ofrecen idéntico grado de protección con ventajas respecto a su facilidad de aplicación.</p> <p>Durante el repintado de la compuerta puede procederse también a la renovación de los sellos de la misma.</p> <p>Se sugiere que durante el mantenimiento de las compuertas se efectúe una inspección externa de los bujes de articulación de las compuertas y renovar el sello de goma.</p> <p>Se recomienda inspeccionar el estado de los sellos de los servomotores de accionamiento de las compuertas para detectar fugas incipientes de aceite a través de los mismos.</p>
4.3.2	Compuertas planas del vertedero	<p>Continuar con el plan de mantenimiento que contemple la revisión periódica del estado estructural, así como de las ruedas y sus ejes, la condición de los sellos y el estado de la protección superficial.</p> <p>Se recomienda implementar dentro del programa de mantenimiento, un control sistemático (por ejemplo semestral) del avance de la corrosión sobre las piezas sumergidas no factibles de recibir alguna protección superficial para evaluar el avance del fenómeno en vista de futuros cursos de acción. Cuando la evolución de la corrosión interfiera con la operación de las compuertas planas, efectuar las correcciones respectivas.</p>
4.3.4	Rejas	<p>Se recomienda una inspección sub-acuática para verificar el estado de las mismas, previo al proyecto de la instalación del limpia-rejas.</p> <p>Se recomienda elaborar un plan de acción que tenga como meta extraer todos los paños de rejas, incluyendo la S-1 que al día de la fecha, se encuentra atascada en algunas tomas.</p> <p>Se recomienda la instalación de barreras flotantes superficiales en complemento con un limpia-rejas que sea operado a través de la grúa pórtico de aguas arriba. Deberá tenerse en cuenta para la especificación del mismo la capacidad máxima de la grúa y el espacio disponible entre el puente internacional y la estructura de la toma. Para mitigar la adherencia de bivalvos se recomienda aplicar alguno de los sistemas recomendados por USACE a base de zinc o de pinturas a base de vinilo.</p> <p>Se sugiere construir un juego de rejas de respaldo de una unidad.</p>

Informe Preliminar RG-T2923-P002
Modernización del Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande
Estudios Complementarios - Estado de la Presa

Cap	Componente	Recomendación
4.3.4	Compuertas del descargador de fondo	<p>Si bien CTM ha decidido iniciar un proceso de dragado y limpieza se recomienda efectuar una inspección extendida a todo el frente de la presa, la que puede hacerse con un vehículo submarino (ROV).</p> <p>Se recomienda la elaboración de un plan de acción que tenga como meta final a largo plazo la posibilidad de efectuar periódicamente ensayos operativos de los descargadores de fondo. Antes de poner en práctica dichos planes es necesario verificar los sistemas de mando y control de sus órganos de cierre, determinando su correcta operatividad.</p>
4.3.5	Ataguías de toma y del tubo de aspiración	<p>Se recomienda implementar dentro del programa de mantenimiento, un control sistemático del avance de la que el avance de la corrosión interfiera con la operación, efectuar las correcciones respectivas. corrosión sobre las piezas sumergidas no factibles de recibir alguna protección superficial para evaluar el avance del fenómeno en vista de futuros cursos de acción. En la medida</p>
4.3.6	Compuertas de toma	<p>Se recomienda implementar dentro del programa de mantenimiento, un control sistemático (por ejemplo semestral) del avance de la corrosión sobre las piezas sumergidas no factibles de recibir alguna protección superficial para evaluar el avance del fenómeno en vista de futuros cursos de acción. Existe la posibilidad de reemplazo durante una parada programada de maquina prolongada, por piezas de acero inoxidable. Evaluar la oportunidad de efectuar el estudio y ejecución de las intervenciones citadas.</p> <p>Se recomienda elaborar un plan de acción que tenga como meta efectuar periódicamente, ensayos operativos de las compuertas de toma.</p>
4.3.8	Compuertas del descargador de fondo	<p>Si bien CTM ha decidido iniciar un proceso de dragado y limpieza se recomienda efectuar una inspección extendida a todo el frente de la presa, la que puede hacerse con un vehículo submarino (ROV).</p> <p>Se recomienda la elaboración de un plan de acción que tenga como meta final a largo plazo la posibilidad de efectuar periódicamente ensayos operativos de los descargadores de fondo. Antes de poner en práctica dichos planes es necesario verificar los sistemas de mando y control de sus órganos de cierre, determinando su correcta operatividad.</p>

RECOMENDACIONES COMPLEMENTARIAS

Todos los temas anteriormente señalados requieren de estudios muy especializado y pueden escapar a las tareas habituales del personal de operación y mantenimiento de CHSG. Algunos de ellos, por su complejidad, requieren de un proyecto que incluirá varias tareas y principalmente de tiempo. Por eso las recomendaciones son que deben ser encargados a empresas de ingeniería que tengan los antecedentes necesarios para el desarrollo de estos proyectos muy específicos.

La etapabilidad de estos procesos se requiere de la elaboración de:

- **Términos de Referencia:** especificar claramente los aspectos técnicos y necesidades que se esperan del proyecto que se encarga y se licita. También tiene que contener los antecedentes necesarios por parte de las empresas que deseen acceder al contrato para la ejecución del proyecto.
- Realizar la convocatoria a empresas de ingeniería, estudiar las ofertas y adjudicar el contrato.
- Realizar el seguimiento del contrato y las aprobaciones de los elaborados de los documentos licitatorios.
- Realizar la convocatoria a empresas con capacidad para ejecutar las obras, estudiar las ofertas y adjudicar el contrato para la ejecución de éstos.
- Inspeccionar la ejecución de las obras, tarea que puede ser realizada por el personal de la CHSG o también llevarlo a cabo, dentro del mismo contrato, por la empresa de ingeniería que elaboró el proyecto.

BORRADOR - INSTRUMENTACIÓN

Tabla de contenido

OBJETO DEL INFORME.....	2
ANTECEDENTES REVISADOS.....	2
INFORME SN1 - DIAGNÓSTICO Y MODERNIZACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SALTO GRANDE.....	3
INFORME GENERAL 2017 – AUSCULTACIÓN, Volumen 1	5
ZONA 1 – PRESA BAJA DE MATERIALES SUELTOS DE MARGEN DERECHA.....	7
ZONA 2 – ESCLUSA DE NAVEGACIÓN.....	14
ZONA 3 – PRESA ALTA DE MATERIALES SUELTOS DE MARGEN DERECHA.....	15
ZONA 4 - PRESA DE HORMIGÓN CORRESPONDIENTE CON LA CENTRAL DE MARGEN DERECHA.....	20
ZONA 5 - PRESA DE HORMIGÓN CORRESPONDIENTE CON LOS VERTEDEROS	22
ZONA 6 - PRESA DE HORMIGÓN CORRESPONDIENTE CON LA CENTRAL DE MARGEN IZQUIERDA	26
ZONA 7 - PRESA ALTA DE MATERIALES SUELTOS DE MARGEN IZQUIERDA	28
ZONA 8 - PRESA BAJA DE MATERIALES SUELTOS DE MARGEN IZQUIERDA	32
CLASIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS POR SU IMPORTANCIA Y DEFINICIÓN DE UMBRALES DE ALERTA Y ALARMA PARA LOS INSTRUMENTOS DETECTORES – ETAPA A2	34
Presa de Tierra de Margen Izquierda	35
Presa de Tierra Alta de Margen Derecha	38
Presa de Tierra Baja de Margen Derecha.....	40
Contactos de la presa de Tierra con la esclusa	42
Presa de Hormigón.....	44
INFORME GENERAL 2013 – INSTRUMENTACIÓN.....	45
ASPECTOS A SER CONSIDERADOS EN LA EVALUACIÓN FINAL DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN	48

OBJETO DEL INFORME

El presente informe tiene como objeto expresar los aspectos más relevantes de la revisión preliminar de la información recibida sobre el sistema de auscultación de la presa y obras de hormigón.

Se analizan los informes citados en el punto 4. ANTECEDENTES REVISADOS en los aspectos vinculados al comportamiento de las distintas áreas de la obra. Se indica, en todos los casos, el curso de acción a seguir para la producción del informe final con recomendaciones sobre los sistemas de auscultación y sus eventuales modificaciones.

ANTECEDENTES REVISADOS

Para el desarrollo del presente informe se han revisado los siguientes informes:

- Informe General 2013 - Instrumentación Gerencia de Ingeniería y Planeamiento, Área Civil - SECTOR AUSCULTACIÓN Y VIGILANCIA, C.T.M. SALTO GRANDE, Volumen 1", 2013.
- "Clasificación de instrumentos por su importancia y definición de umbrales de alerta y alarma para los instrumentos detectores - Etapa A2 - Clasificación de los instrumentos de auscultación por su importancia para el control de la seguridad de las obras civiles - Informe Final" - Ing. Javier Algorta, Montevideo, versión actualizada al 13 de junio de 2013.
- "Estudios para el Diagnóstico y Modernización de la Central Hidroeléctrica Salto Grande - TOMO I, Informe Final - Fase I - Diagnóstico Integral" Preparado por MWH y IATASA, Para Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, Agosto 2016.
- "Informe General 2017 – Auscultación, Gerencia de Ingeniería y Planeamiento, Área Civil - SECTOR AUSCULTACIÓN Y VIGILANCIA, C.T.M. SALTO GRANDE, Volumen 1", 2017.

En los siguientes puntos se desarrollan los de mayor interés de la documentación revisada y que deberán ser particularmente tenidos en cuenta en la siguiente etapa de este trabajo.

INFORME SN1 - DIAGNÓSTICO Y MODERNIZACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SALTO GRANDE

Se revisó el informe de Fase I de Agosto de 2016, correspondiente a la consultoría del contrato SN1 por el diagnóstico del estado de conservación y funcionamiento del equipamiento, instalaciones y sistemas hidro-electromecánicos, eléctricos y electrónicos y de infraestructura civil del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande.

Este informe presenta el resultado de las inspecciones realizadas por los distintos especialistas de MWH e IATASA al CHSG y a su vez los diagnósticos y recomendaciones para cada equipo o sistema particular.

Este informe en su punto 4.10.3 se refiere al capítulo AUSCULTACIÓN Y VIGILANCIA. Primeramente, en 4.10.3.I se presenta un Análisis de la Documentación e Inspecciones.

Así en A) se hace referencia a la Obra de hormigón, describe los sistemas de auscultación consistentes en:

a. Inclínómetros de péndulo directo e invertido. Durante la inspección de las galerías pudo observarse la instalación de los equipos y las mediciones que en ese momento se estaban realizando.

b. Piezómetros: se observaron a lo largo de las galerías de drenaje que los sistemas de piezómetros de cuerda vibrante no funcionan. Los que se encuentran funcionando son las celdas de carga (piezómetros hidráulicos).

c. Sistema de medición de desplazamientos horizontales en juntas de contracción entre módulos de centrales o vertederos.

Al referirse en el punto B) a la Presa de Tierra se describe el instrumental para auscultación de presa y su estado de situación.

En el diagnóstico y recomendaciones se presentan las siguientes conclusiones:

A. Piezómetros de cuerda vibrante

No funcionan.

B. Piezómetros Tubo Abierto, Pozos de Fundación y Freatímetros

En operación. Mediciones; sin novedades significativas, en consideración al cambio periódico en el nivel del embalse, cota de restitución en inmediaciones de las márgenes del río, y a la influencia de lluvias de variable intensidad. Mediciones erráticas y discontinuas durante los primeros años. En piezómetros, no mayores a las máximas

consideradas en el Proyecto. Se ejecuta un programa de limpieza de tubos filtrantes de pie y ejecución eventual de freáticos adicionales.

Los piezómetros de tubo abierto freáticos todos funcionan, no así los piezómetros hidráulicos de presa de tierra, con puntos de control en núcleo y fundación.

En el informe se recomienda:

- Restituir funcionamiento en los instrumentos recuperables y sistematizar lecturas.
- Para los piezómetros hidráulicos de presa de tierra realizar el plan de acción propuesto por CTM para recomponer las plantas des-aireadores y evaluar potencial recuperación de algún piezómetro.

C. Asentímetros de brazos cruzados:

Las mediciones en estos instrumentos son generalmente de interés en los primeros años de la construcción del terraplén.

Dos de los tres instrumentos que están activos, tienen registros con algunos periodos sin lectura.

D. Control de asentamientos mediante jabalinas:

Las existentes, fundamentalmente las dos a los lados de la Esclusa, captaron mediciones desde 1979, pero luego los registros se discontinuaron, habiéndose reiniciado en los últimos años.

Se midieron asientos en el primer año valores del orden de los 4 cm. En el reinicio, se anotaron hasta la fecha un par de centímetros adicionales. Los asentamientos de los terraplenes en relación con el nivel del Puente Internacional no son relevantes para la circulación de vehículos.

E. Medición de caudales

En la obra de hormigón: se aforan caudales del sistema de alivio de supresiones, y filtraciones por las juntas.

En la presa de tierra: se controla caudal localizado al pie de presa en la línea del muro derecho de la esclusa. El caudal mantenido es del orden de 2 l/s; el agua que escurre a través de un aforador tipo Thompson es límpida.

En el informe se recomienda:

- Luego de ejecutada la solera filtrante , localizar afloramientos significativos y conducirlos a un aforador como el actualmente existente, eventualmente

sectorizando los tramos de interés. Controlar mensualmente el caudal sólido eventualmente erogado.

- De la observación practicada “in situ”, no se aprecia ninguna situación visible insatisfactoria para la normal operación del embalse.

INFORME GENERAL 2017 – AUSCULTACIÓN, Volumen 1

Este informe ha sido desarrollado por la Gerencia de Ingeniería y Planeamiento, Área Civil - SECTOR AUSCULTACIÓN Y VIGILANCIA, C.T.M. SALTO GRANDE. En esta versión se han introducido modificaciones respecto a las versiones anteriores que han mejorado la comprensión y el planteo conceptual de algunos apartamientos o singularidades en el comportamiento de las obras. El informe es muy claro en la explicación del seguimiento del sistema de auscultación, se lo transcribe en las partes que se consideran más trascendentes de su desarrollo.

De las versiones anteriores se ha revisado la del 2013 sobre la que en el punto 4.4 se hacen algunos comentarios particulares. Respecto a los cambios introducidos en el informe se dice: *“Atendiendo a una visión general de seguridad de presa, y respondiendo a los cambios que se ha propuesto el Sector sobre ampliar la clásica medición de instrumentos y auscultación para abordar la temática de comportamiento de la obra civil y su seguridad, el informe se realiza por primera vez contemplando los siguientes puntos:*

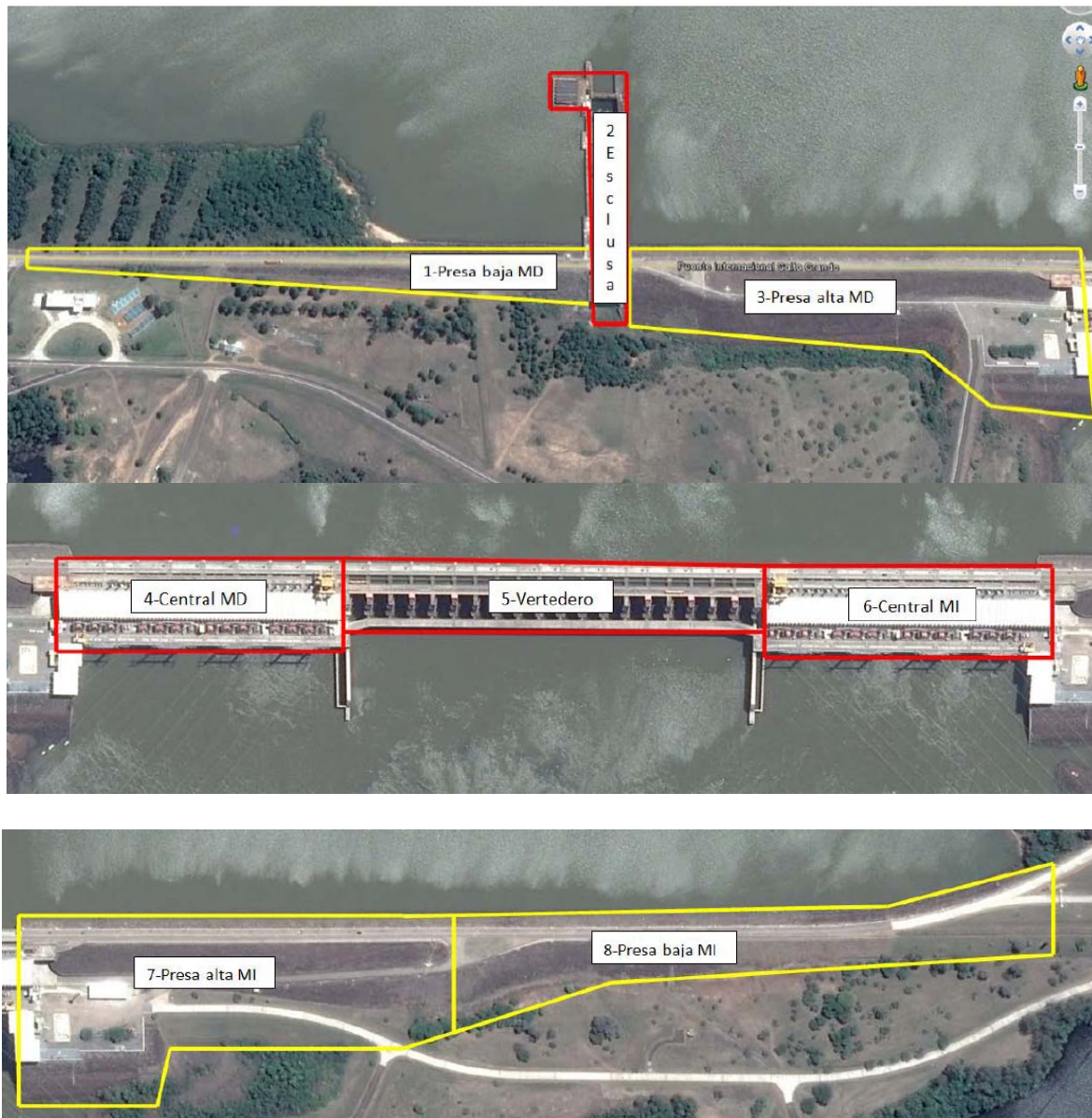
- *Se han establecido zonas de la obra civil en función de su tipología estructural y ubicación*
- *Se analizan los fenómenos medidos con la instrumentación instalada en la zona de estudio de manera integral*
- *Se analizan las observaciones registradas de las inspecciones visuales*
- *Se realiza una evaluación de comportamiento general y se determinan las necesidades de acción para cada zona”*

Son todas medidas adecuadas, a continuación se hacen comentarios sobre los dichos de este informe a partir de los cuales se considera se debe profundizar para emitir las recomendaciones de esta etapa de análisis.

En el informe se dice: *“Por tratarse de un informe con un nuevo enfoque, será considerado como prueba piloto. En virtud de ello y de las potenciales mejoras, el documento estará en tela de juicio desde el punto de vista de su objetivo, el cual trasciende su carácter informativo alcanzando su función de “manual y antecedentes” sobre el cual se realizan consultas durante las actividades cotidianas del Sector”*. Se coincide con que el informe ha mejorado el tratamiento de los datos pero se sugiere incorporar un esquema de manual en donde se describan todos los instrumentos, frecuencias y rangos de operación esperables para los distintos niveles de alerta, tal como están definidos en el PADE.

En la página 7 presentan unos gráficos con niveles de embalse y restitución, etc. Se sugiere mejorar la representación de niveles aguas arriba y abajo y también precipitaciones y representar todo el período registrado en gráficos generales y en períodos de menor duración (por ejemplo, un año) y en forma superpuesta, de manera de poder apreciar la representación con más detalle.

La zonificación incorporada para el análisis de la información (zonas 1 a 8) es adecuada. Se transcribe a continuación para facilitar las referencias de los siguientes comentarios.



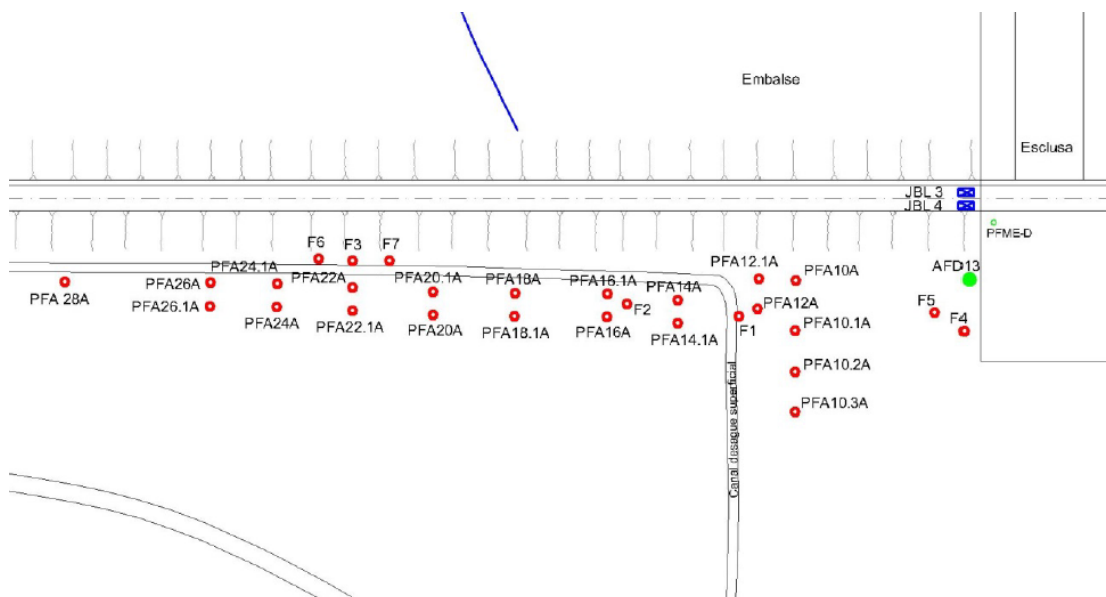
- Zona 1: presa baja de materiales sueltos de margen derecha

- Zona 2: esclusa de navegación
- Zona 3: presa alta de materiales sueltos de margen derecha
- Zona 4: presa de hormigón correspondiente con la central de margen derecha
- Zona 5: presa de hormigón correspondiente con los vertederos
- Zona 6: presa de hormigón correspondiente con la central de margen izquierda
- Zona 7: presa alta de materiales sueltos de margen izquierda
- Zona 8. Presa baja de materiales sueltos de margen izquierda

Se analizan a continuación los comentarios efectuados en el informe para las distintas zonas.

ZONA 1 – PRESA BAJA DE MATERIALES SUELTOS DE MARGEN DERECHA.

En el informe se presenta un esquema, que se transcribe a continuación, con la ubicación de todos los instrumentos colocados en la presa.



En la página 14 se hace referencia a la Microgeodesia. Se expresa: “Microgeodesia y controles altimétricos: se realizó un proyecto para el control planialtimétrico de toda la presa, del cual ya se han ejecutado las bases de nivelación y los puntos fijos altimétricos. En esta zona las bases se encuentran dispuestas en el talud aguas abajo tanto a nivel de coronamiento como a pie de presa”. No se ha observado en el informe el proyecto del sistema de Microgeodesia ni la posición de las bases de nivelación y los puntos fijos. Se sugiere que sean incorporados a la revisión.

Sobre el final de la página 15 se ha indicado un aumento de niveles en los piezómetros PFA 22 A y 22 1A. Por lo que se ve en el informe, tal vez este sea uno de los temas de mayor trascendencia para su seguimiento detallado.

Se sugiere estudiar una nueva densificación de piezómetros (algo que a juzgar por la implantación de los existentes ya se ha realizado a juzgar por la posición de los piezómetros F3, F6 y F7), incluyendo algunos en el espaldón de aguas abajo de la presa para tratar de acotar la hipótesis sobre la procedencia del escurrimiento.

Se sugiere que la representación gráfica en el informe sea más detallada y, tener indicación de cotas. Según se ve en el esquema del 2013 pareciera que el punto de mayor carga muestra una altura de agua en 32 m. El mismo valor se confirma también en el 2017, aunque los valores con mayor altura en este último caso están más extendidos hacia la parte baja del valle. De incrementarse el número de piezómetros podría evaluarse la extensión de la zona con indicación de mayores presiones. Se presentan los dos esquemas que se transcriben con indicación de curvas de niveles pizométricos y su evolución desde 2013 hasta 2017.



Los esquemas están en una escala poco detallada pero a juzgar por el ancho del coronamiento el gradiente superficial en sentido normal al eje de la presa baja 4 m en aproximadamente 10 m lo que implicaría un gradiente de escurrimiento importante ($i = 0,4$). Esta situación se agravó un poco en las lecturas del 2017 respecto a las de 2013.

En el informe también se dice: “Estos últimos marcan un flujo desde el estribo hacia la esclusa.”, lo cual es cierto, pero con gradientes y por tanto velocidades y fuerzas de filtración mucho menores.

En el informe hay varias citas respecto a antecedentes en el sector. Se dice: *“La conformación del cuerpo de la presa en la zona posee algunas particularidades a destacar: se trata de una presa de baja altura, su espaldón de aguas arriba no está soportando directamente el embalse debido a que existe un acordamiento del terreno natural que supera la cota normal del embalse, su fundación no es sobre manto rocoso sino sobre suelos conformados por depósitos del plioceno. Primariamente, tendría mayor fortaleza la idea de que, el origen del flujo captado por la red de piezómetros, se produce por la*

fundación.”, se concuerda con estos dichos, es muy probable que dicho escurrimiento se deba a una filtración desde aguas arriba.



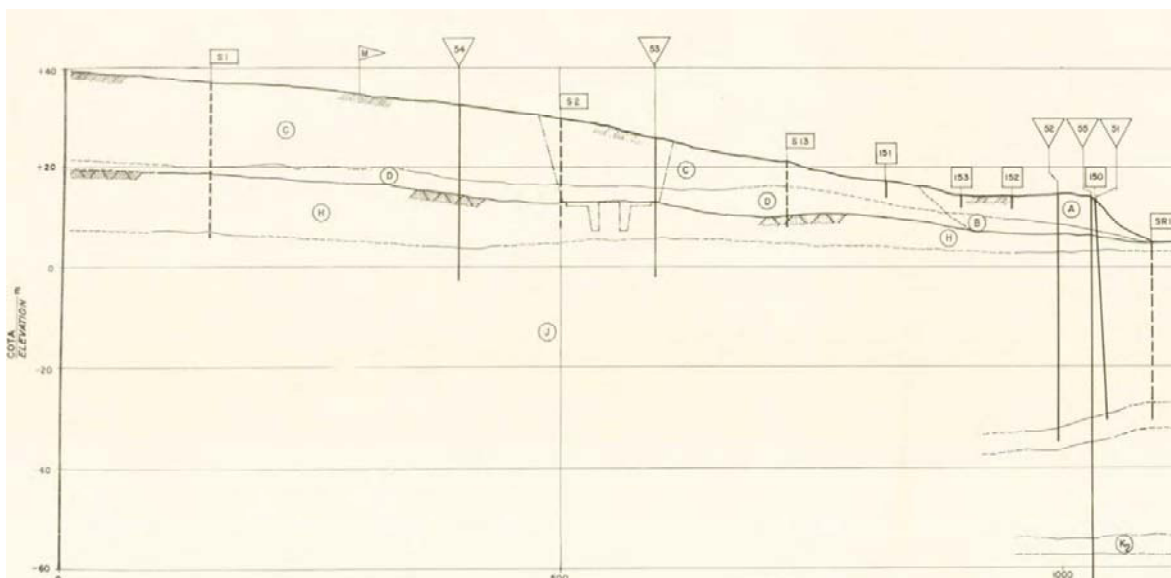
Posteriormente se citan algunas cuestiones de los antecedentes, las mismas se atribuyen a este sector aunque en las citas no está tan claro que no sea una cuestión general: *“Estudios geotécnicos realizados por Rimoldi-Medici (1959): sobre los niveles freáticos, se menciona que del análisis de los sondeos no se pudo inferir que en la zona estudiada no existe un nivel freático uniforme y permanente, ya que en ciertos lugares no se registró evidencia alguna de agua subterránea y en los otros el nivel del acuífero se mantiene muy cerca de la superficie topográfica. Se desprende que la permeabilidad de estos suelos es escasa o nula y que la percolación del agua ocurre a través de fisuras existentes en el terreno y/o por zonas de materiales más permeables dentro del conjunto. Estas zonas, dan lugar a la acumulación de aguas confinadas en capas colgadas. Este fenómeno, característico en los sedimentos del Plioceno, pudo verificarse en pozos y trincheras efectuadas en este estudio.”.* Si bien la cita no resulta muy clara es evidente que, desde los estudios ha preocupado por el tema.

Más adelante se dice: *“Este comportamiento de la piezometría, no uniforme y variable en su distribución en el plano, puede observarse en el grupo de piezómetros que abarca desde el PFA10 al PFA28. Se observan cambios bruscos de nivel piezométrico entre piezómetros de una misma sección y ubicados a escasos metros entre sí”.* Es una correcta observación, a la que podría agregarse que, al menos que se presenten materiales heterogéneos o discontinuidades, estas diferencias de nivel podrían estar vinculadas a *escurrimientos de consideración, por los altos gradientes medidos.*

Sobre el mismo tema hay una cita sobre el Estudio técnico, económico y financiero – Acres/Hidrosud (1971): *“Punto 13.3.4 – Pérdidas del embalse. Se menciona que la sección*

más crítica de margen argentina, en lo referente a pérdidas desde el vaso, existe debajo del futuro cierre lateral, donde el nivel freático desciende por debajo de la cota máxima del lago. Las infiltraciones en este sector serán dificultadas por el efecto protector de la cubierta superior, enriquecida en finos, de los depósitos pliocénicos. A pesar de esto se aconseja la construcción de una defensa impermeabilizante que atraviese los terrenos incoherentes y alcance la roca sana del basamento, a fin de asegurar un impedimento mayor a las fugas de agua. Las pérdidas hacia el basamento serán mínimas ya que serán impedidas por la impermeabilidad del conglomerado inferior del plioceno. No se han encontrado evidencias documentadas de que efectivamente se haya construido la defensa aconsejada por el proyectista. En tal caso se podría estar ante una fuga del embalse a través de los depósitos del plioceno (donde se encuentra fundada la presa baja), filtración que es captada por el grupo de piezómetros 10 a 28.”, Se relata en esta cita que hubo una recomendación de construir una “defensa impermeabilizante” aunque sin expresar concretamente a qué se refiere dicha defensa (podría referirse a un cutt off mediante inyecciones o una pantalla), también se expresa que no se sabe si se construyó, pero sí resulta claro que se trata de una zona potencial de conflicto.

Seguidamente se incorpora un perfil estratigráfico en el que puede observarse la intercalación de un manto descrito como continuo de grava y arena limo arcillosa (D) subyaciendo a la arena limo arcillosa (C). Se sugiere buscar en la documentación del proyecto, si estuviera disponible, en especial en los dos sondeos que parecen estar indicados como S1 y S2. Sería importante también ver en los planos conforme a obra, también si se encontraran disponibles, el proyecto finalmente construido en el sector.



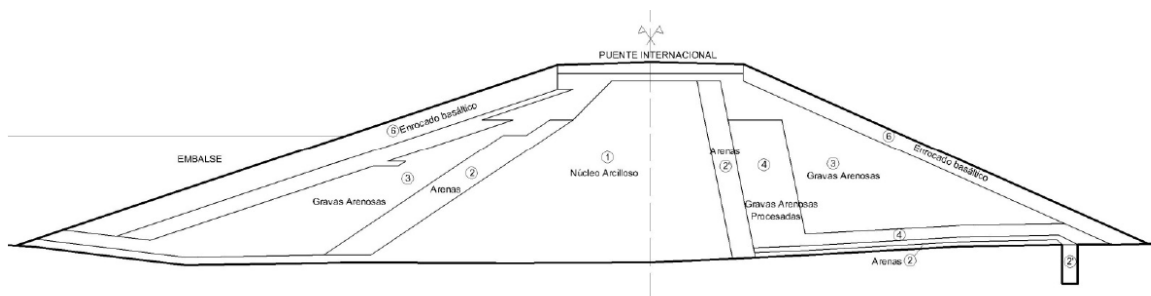
En el informe “Estudios para el Diagnóstico y Modernización de la Central Hidroeléctrica Salto Grande - TOMO I, Informe Final - Fase I”, Agosto 2016, se hace una descripción de

los materiales de fundación detectados en el sector con alguna información adicional: *“Entre la esclusa y hacia el extremo de la presa la obra se extiende unos 500 metros, con alturas decrecientes a medida que aumentan las progresivas. La estratigrafía bajo la presa puede describirse en forma simple de la siguiente manera:*

- *Una capa de unos 30 cm de espesor de suelos superficiales con contenido de materia orgánica.*
- *Arenas arcillosas medianamente densas y densas en espesores crecientes con las progresivas de unos 7 a 15 metros.*
- *Un estrato de transición constituido por gravas arenosas o arenas con gravas densas, de espesores variables entre 1 a 3 m, algo cementadas.*
- *La roca basáltica. Se pueden diferenciar estratos o lentes de arcillas o limos plásticos de 4 a 7 m de espesor dentro de la formación general areno-arcillosa, con techo a unos 7 a 9 m de profundidad respecto del terreno natural.*

Los valores de permeabilidad de las arenas arcillosas y/o limosas son menores a 5×10^{-4} cm/s. Para las gravas arenosas puede también adoptarse este valor aun cuando los ensayos de campo muestran en general magnitudes menores.”.

En el punto del mismo informe se dice: *“El plano de apoyo de la presa se ubicó aproximadamente a unos 2 a 3 m de profundidad, verificando previamente las condiciones de todas las superficies de apoyo. Eventualmente se ejecutó aguas arriba un diente en trinchera de material de núcleo compactado y una trinchera longitudinal rellena con material permeable que actúe como una expansión de la solera drenante.”.* No se ha encontrado otro detalle al respecto. En el Informe general de auscultación se presenta el siguiente esquema asociado a la presa en el sector.



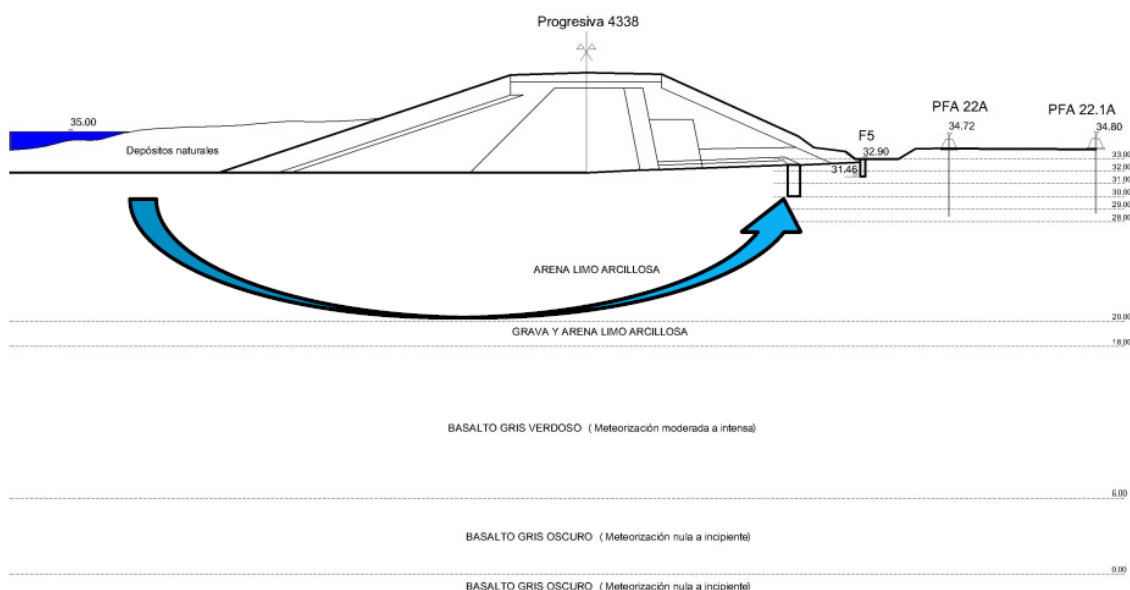
A continuación en el informe de auscultación 2017 se dice: *“Haciendo hincapié en los comentarios de ambos estudios se pueden realizar varias hipótesis sobre el comportamiento de la piezometría en la presa baja. Hipótesis 1: la ausencia de barrera adicional debajo del cuerpo de la presa, permite la fuga de agua del vaso por la fundación. La errática percolación característica de los depósitos del plioceno antes mencionada puede inferir que en la zona del PFA22 se encuentra una fisura y/o suelos de mayor permeabilidad que establece una elevación del nivel piezométrico. Este flujo presenta una*

tendencia de escurrimiento hacia aguas abajo, lo que se manifiesta en el descenso repentino del nivel presente entre el PFA 22 y el PFA 22.1.". Sin dudas aparece como la hipótesis más probable.

Seguidamente se plantea la Hipótesis 2: "Hipótesis 2: otra hipótesis sobre la elevación del nivel piezométrico en la zona del PFA 22A, se basa en el ingreso por fundación desde el estribo. Una vez que avanza hasta la progresiva donde se encuentra el filtro de aguas abajo, encuentra en él una vía de escurrimiento, la que se encuentra en contacto con los depósitos del plioceno. Al trasvasar por la zona del PFA22A, puede encontrarse con suelos de mayor permeabilidad, lo que induce un nivel piezométrico mayor en el instrumento en cuestión respecto de los demás piezómetros de la zona.". No parece una hipótesis muy probable aunque habrá que revisar el proyecto. Se sugiere mencionar la progresiva donde se encuentra el filtro de aguas abajo.

Se sugiere que sobre la base toda la información disponible del proyecto y planos constructivos, se analice también la posible vinculación entre los niveles de embalse, las lluvias y los niveles de los distintos piezómetros.

En el corte que se transcribe a continuación, incluido en el informe para ilustrar sobre la denominada hipótesis 1, se muestran depósitos naturales sobre la presa. Según el esquema esos materiales han sido colocados sobre el rip rap. Se procurará hacer un reconocimiento en el sector para verificar la presencia de esos materiales. Se los denomina como naturales. No queda claro si han sido depositados por el agua del embalse. Se sugiere hacer cortes, verificar las cotas, ver las implicancias que han tenido los distintos niveles de embalse o períodos de grandes precipitaciones, etc.

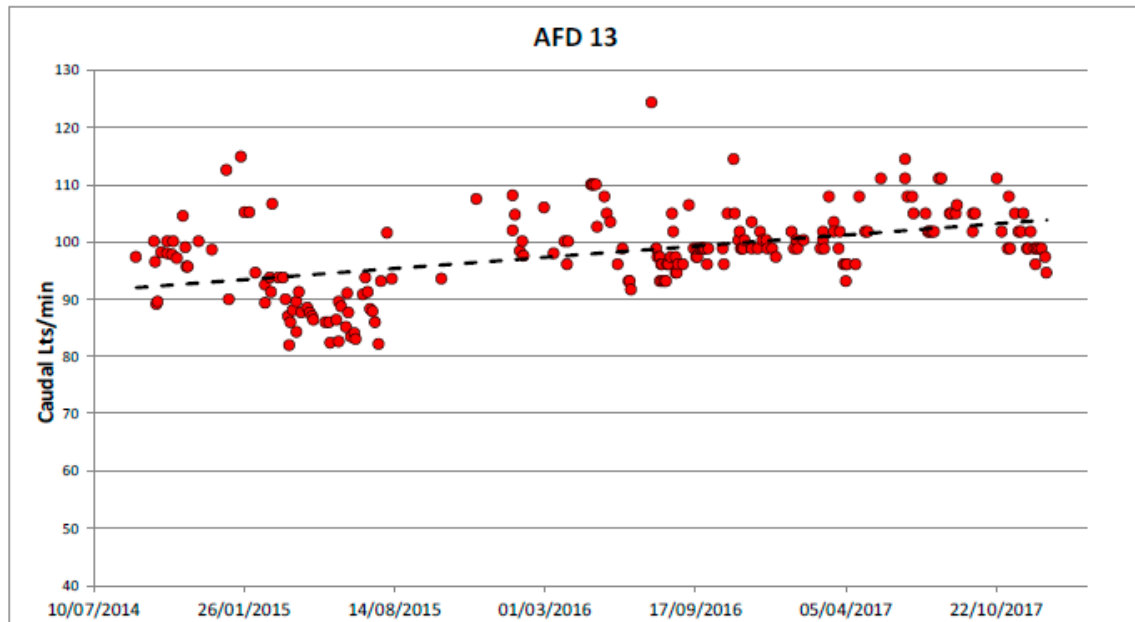


Si se detectaran filtraciones excesivas por la fundación, una medida de mitigación podría ser colocar material fino precisamente como está dibujado en el esquema. Obviamente que esa solución tendría que surgir de un análisis más detallado de las filtraciones. La densificación del sistema de pozos de observación, que hasta podría incluir captosres en distintos niveles (en niveles de gravas y en las arenas), sería la que surge como la primera medida a implementar.

En la página 18 del informe se hace una aseveración: *“A partir de las inspecciones visuales, no se han podido detectar evidencias de patologías sobre la presa que generen riesgos potenciales.”*, que resulta muy importante, no obstante se sugiere tener en cuenta que fenómenos como los vinculados a filtraciones no controladas, si las vías de salida no están a la vista podrían evolucionar sin manifestaciones exteriores.

A continuación, con referencia a este mismo sector, en el Informe General 2017 – Auscultación, se hace un comentario respecto a los asentamientos: *“Los controles de asentamientos de la estructura de materiales sueltos en proximidades a la esclusa de navegación (Jabalinas JBL 3 y JBL 4) presentan un comportamiento dentro de lo esperable. Los controles de nivel de rieles, en la misma zona de las jabalinas, no presentan desviaciones de relevancia.”*. En el informe de 2013 se presentan los gráficos para todo el período desde la construcción. Si bien los asentamientos son más importantes en el primer período posterior a la construcción resultaría interesante que se incluyan lecturas de asentamiento desde el inicio de las mediciones.

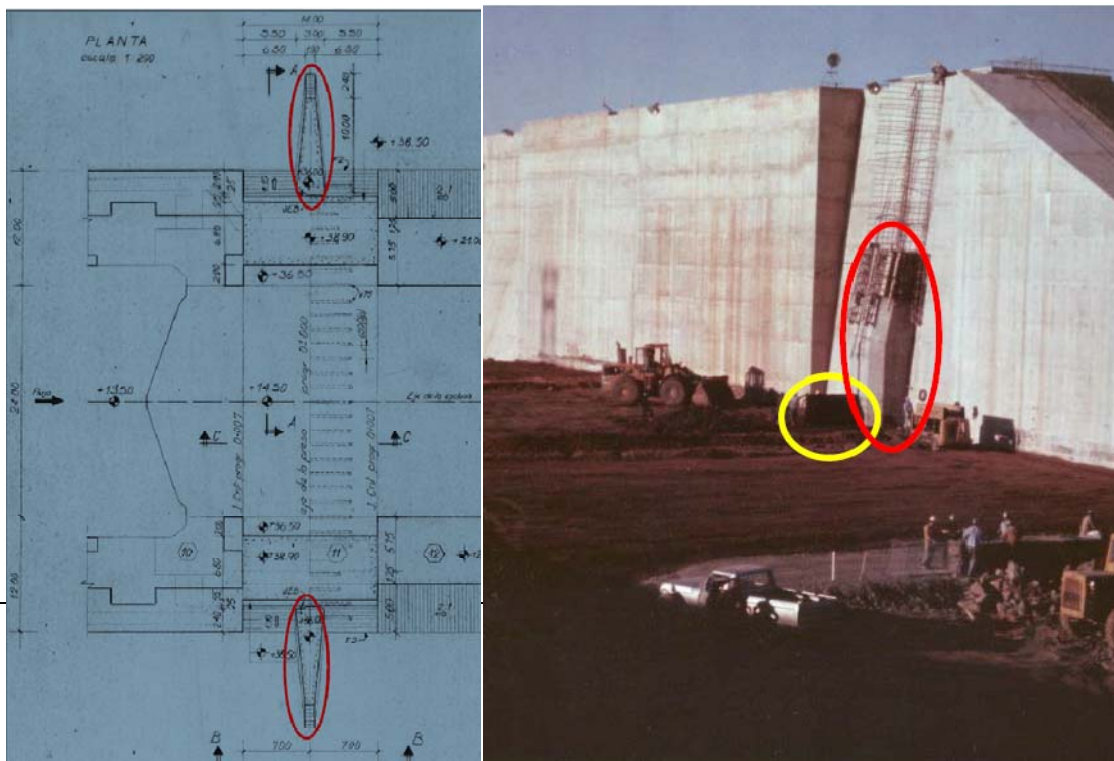
Se analizan seguidamente la evolución de los caudales, que como se verá más adelante no permiten discriminar las zonas de aporte. Se expresa: *“El caudal de filtración, parámetro que podría estar íntimamente ligado con el aumento del nivel piezométrico, ha dado indicios de leves tendencias crecientes. La medición del aforador presenta grandes dispersiones ante precipitaciones. No obstante, si se representan gráficamente las mediciones para aquellos casos en que existieron al menos 4 días previos sin lluvia, se observa tendencia creciente de caudales de aproximadamente 2 l/min/año.”*.



La tendencia es leve y los valores absolutos también relativamente bajos. No obstante, están en consonancia con los hechos descriptos respecto al comportamiento de los piezómetros. Es un tema a seguir analizando y donde, a partir de las anomalías, podría justificarse la instalación de nuevos instrumentos.

ZONA 2 – ESCLUSA DE NAVEGACIÓN.

En el informe se describe la modificación del proyecto del encuentro entre la estructura de la esclusa con el núcleo de la presa. Las imágenes siguientes ilustran el cambio de un espolón de hormigón por otro de menores dimensiones con la incorporación de una



chapa de acero.

Al referirse a la instrumentación en la página 23 se dice: *“En esta zona de estudio, en los contactos con las presas de tierra se instalaron, durante la construcción, instrumentos para la determinación de presiones efectivas. Dicha instrumentación no funcionó por el incorrecto manipuleo durante la instalación. Se trata de celdas de presión total, piezómetros eléctricos y piezómetros neumáticos.”*. Se considera que las mediciones resultantes de las celdas de presión total pueden ser cuestionables por la alteración del estado de tensiones que imponen a su alrededor al colocarse.

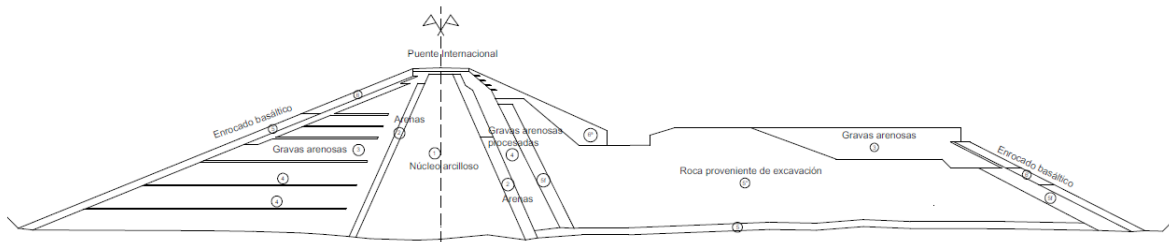
Se describe después la instalación, a partir del año 2012 de medidores de juntas entre módulos que han evidenciado un comportamiento normal: *“En lo concerniente al comportamiento respecto de las mediciones de juntas se observa que los bloques tienen un comportamiento cíclico estacional en correspondencia con la temperatura. Los mayores desplazamientos se evidencian para la coordenada “x” donde las deformaciones son opuestas (contracción/dilatación). Asimismo y al igual que lo que sucede con las estructuras del vertedero, las juntas de los módulos extremos son las que evidencian mayores movimientos. En este caso se considera que se debe a libertad de movimiento que poseen dichos módulos respecto de los intermedios. A partir de las inspecciones visuales no se han detectado patologías con potenciales riesgos para la seguridad estructural.”*.

Si bien en este caso el comportamiento es normal con pequeños desplazamientos estacionales, en la continuidad del informe se recomienda: *“Las estructuras de la esclusa de navegación han sido contempladas en el proyecto del nuevo sistema de control microgeodésico. Se encuentra proyectado un control de deformaciones verticales mediante la medición de puntos fijos a instalar en el coronamiento y en proximidad de cada junta. Dicha instalación está proyectada ejecutarse en el año 2018.”*. Por supuesto que una ampliación del sistema de auscultación siempre mejora el conocimiento sobre el comportamiento de las obras y no necesariamente tiene que estar asociado a la búsqueda de anomalías. La obtención de datos sobre el comportamiento también ayuda a confirmar las hipótesis de comportamiento y verificar parámetros de cálculo, siempre que se destinen esfuerzos para su análisis. Resulta de mayor interés, sin embargo, la concentración de los esfuerzos en sectores y circunstancias donde se manifieste alguna singularidad.

ZONA 3 – PRESA ALTA DE MATERIALES SUELTOS DE MARGEN DERECHA.

La sección presenta una berma de gran magnitud sobre el talud de aguas abajo, constuida con materiales rocosos provenientes de las excavaciones.

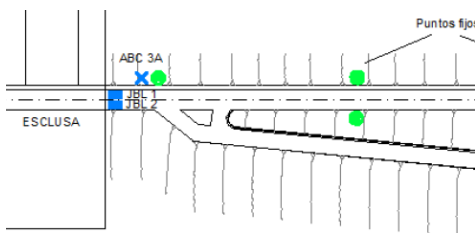
Informe Preliminar RG-T2923-P002
Modernización del Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande
Estudios Complementarios - Estado de la Presa



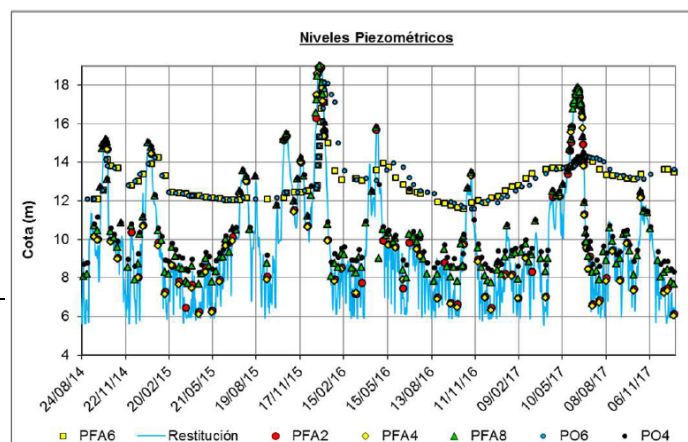
En el gráfico del final de la página 26 donde se muestra la sección de la presa en este sector se muestran, dentro del espaldón de aguas arriba (descrito como de material (3), gravas arenosas) unas intercalaciones que estarían construidas de material (4), gravas arenosas procesadas. No se han encontrado, en la documentación revisada, otra mención a estas intercalaciones que en principio sería drenantes.

Se presenta esquemáticamente la ubicación de los instrumentos en el sector. Piezómetros de tubo abierto con captación a nivel de fundación tanto en la zona de la berma como en el talud aguas abajo (PFA y PO). · Asentímetros de brazos en cruz, uno en el talud aguas arriba cercano a la esclusa y el otro aguas abajo en proximidades de la central, ambos a nivel de coronamiento. · Jabalinas, en contacto con esclusa de navegación.

También en este caso se menciona un proyecto de Microgeodesia y controles altimétricos del cual ya se han ejecutado las bases de nivelación y los puntos fijos altimétricos. En esta zona el proyecto prevé bases a nivel de coronamiento en ambos taludes, y a pie de presa en talud aguas abajo. Estas últimas no fueron ejecutadas en 2017 por estar pendiente la obra de canalización del pie de presa alta de margen derecha. Se considera de mayor trascendencia esta obra de canalización.



Al referirse a las Inspecciones visuales en el sector se expresa: *“En esta zona de estudio se realizan dos tipos de inspecciones*

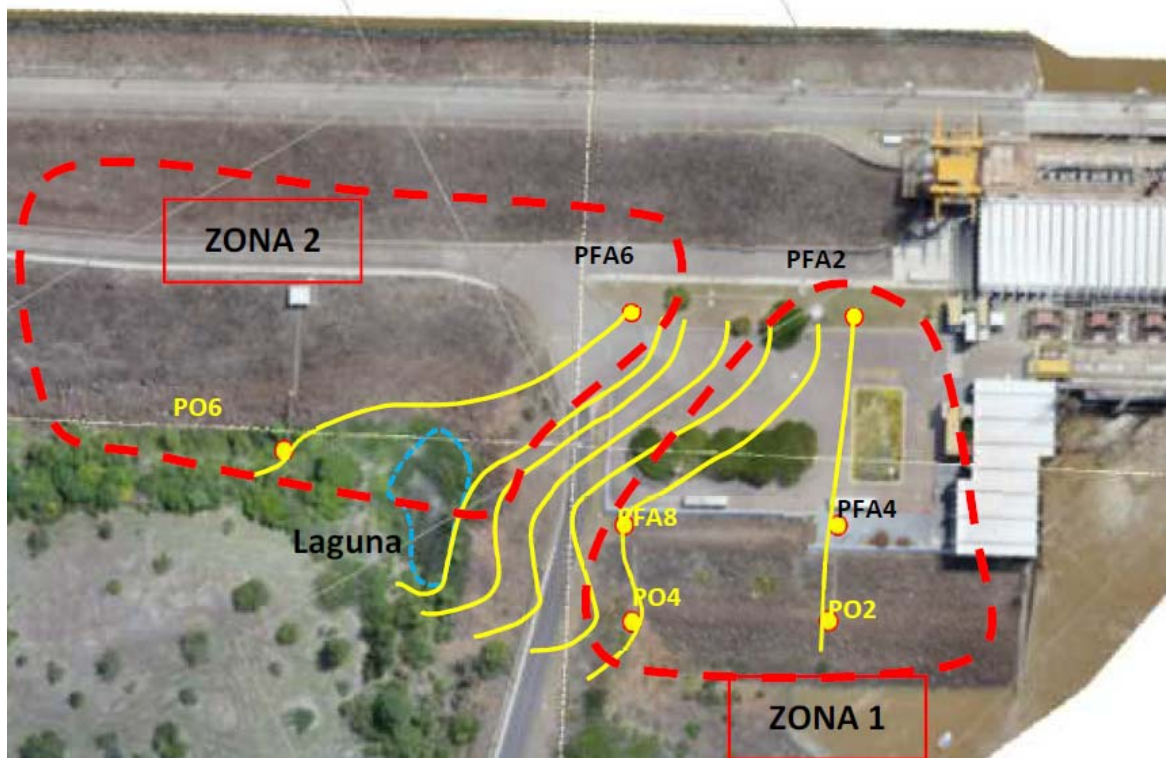


visuales: Inspección mensual “rondina”: recorrida peatonal por el pie de presa y el coronamiento con observaciones generales y registro de detecciones relevantes. **La inspección por el pié será más eficiente una vez culminada la obra de canalización.** Inspección anual: recorrida peatonal por el pie y el coronamiento por un circuito establecido, realizando observaciones con mayor detalle y registro de todas las particularidades detectadas.” (lo resaltado es agregado). **Se concuerda con la importancia de hacer la canalización.**

Se considera que en un análisis más profundo de las singularidades detectadas (por ejemplo, en el análisis de las filtraciones) sería conveniente la observación directa de los partes de Inspecciones Visuales. Estas recorridas son muy importantes para poder hacer el seguimiento adecuadamente y sobre todo la transmisión de la información.

En la página 28, al referirse a una evaluación se dice: “Los niveles piezómetros se encuentran altamente influenciados por los niveles de restitución.”. En el gráfico que se transcribe se registra esa situación. En principio resulta lógica esa dependencia. **Se analizará este tema en más detalle.**

“En la sección correspondiente a los piezómetros PFA2, PFA4 y PO2, el nivel piezométrico prácticamente copia el nivel de la restitución presente. Los instrumentos que se encuentran más distantes de la central muestran un comportamiento más uniforme y con dependencia de la restitución a partir de cota +12.00 aproximadamente.”.



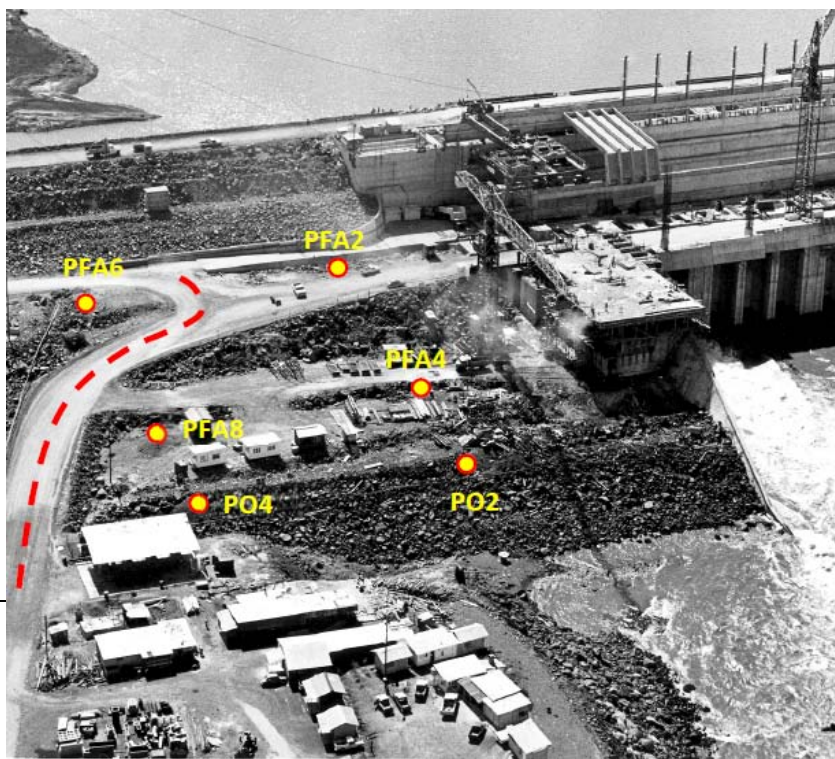
Que los piezómetros PFA2, 4 y PO2 copien la restitución puede deberse a la presencia de materiales muy permeables, cuestión lógica si se tiene presente que son rellenos rocosos provenientes de las excavaciones. También resulta lógico que los piezómetros más alejados tengan alguna dependencia para niveles altos de la restitución (mayor que +12 m).

El párrafo: *“La isopiezométrica que pasa por el PO6 y por el PFA6 corresponde a cota +13.00 aproximadamente y para condiciones medias normales del nivel de restitución y embalse. La que cruza por los PFA2, PFA4 y PO2 corresponde a cota +7.00. Existe una diferencia de presión (aprox. 5mca) entre el PO6 y PFA6 respecto de los PFA2, PFA8 y PO4 que demarca un comportamiento bien diferenciado entre las dos zonas.”*. Se comparte plenamente el comentario aunque podría estar significando un material menos permeable en esta Zona 2.

También se comparte el siguiente comentario en el informe: *“La zona 1 se encuentra en un medio permeable que permite el ingreso de la restitución de manera que la piezometría “copia” su nivel en forma contemporánea. En la zona 2 se infiere que, la filtración por el cuerpo de la presa alta y las filtraciones de la esclusa, escurren próximas a cota +13.00 hasta la laguna.”*. El comentario es estrictamente válido si se tratara de escurrimientos en medios homogéneos. Una diferencia sensible en las permeabilidades de los materiales en ambas zonas estaría justificando la diferencia.

Se dice luego *“Lo esperable es que los niveles piezométricos desciendan de manera uniforme y suave hasta el nivel de restitución, por lo que llama la atención, la diferencia de presión entre el PFA6 y el PFA2.”*. Vuelve a decirse que la diferencia de cotas puede deberse a una diferencia en la permeabilidad. Una mayor cota de agua en los materiales permeables próximos a la restitución podría estar justificada solamente por caudales de filtración muy elevados lo cual obviamente no sería deseable.

Siguiendo con el tema se dice: *“Estudiando antecedentes fotográficos de la obra se encuentra que el actual camino de aproximación hacia la berma de cota +27.00 data de los inicios de la construcción, el cual fue acompañando el avance la obra en lo que a cota se refiere.*



El tránsito de vehículos pesados, su alzada en etapas y su origen con la obra, han transformado el terraplén vial en una pseudo presa perpendicular al eje de proyecto y transversal al escurrimiento de filtraciones hacia el río. Se infiere que este terraplén está reteniendo el flujo presente en el PFA6 y que se produce su descarga a niveles iguales o inferiores a la restitución. Con niveles extraordinariamente bajos de la restitución, momento que se puede realizar una inspección visual del pie del talud de la berma, no se han detectado flujos o “salidas” de agua.”.

El razonamiento expresado anteriormente es una de las posibilidades de explicación. En cualquier caso se considera que el comportamiento mostrado por los piezómetros es normal. Por otra parte, en una zona donde el relleno de aguas abajo aumenta el “peso” del espaldón de aguas abajo, se considera que no hay ningún motivo de preocupación en el sector.

A continuación se comentan las mediciones de los asentímetros de brazos en cruz y las jabalinas próximas a la esclusa. Después de los movimientos iniciales, que no se muestran en este informe, los desplazamientos son despreciables.

Sin que se hayan detectado desplazamientos de consideración, como en otros sectores se menciona: *“Microgeodesia y controles altimétricos: se realizó un proyecto para el control plani-altimétrico de toda la presa, del cual ya se han ejecutado las bases de nivelación y los puntos fijos altimétricos. En esta zona las bases se encuentran dispuestas en el talud aguas abajo tanto a nivel de coronamiento como a pie de presa. Las bases que se encuentran al pie del talud no se han realizado y se proyectan para el ejercicio del 2018.”.*

En referencia a las inspecciones visuales se dice que: *“no se han podido detectar evidencias de patologías sobre la presa que generen riesgos potenciales”*, hay después un comentario a un sector con revestimiento del talud diferente al resto no tiene una incidencia mayor.

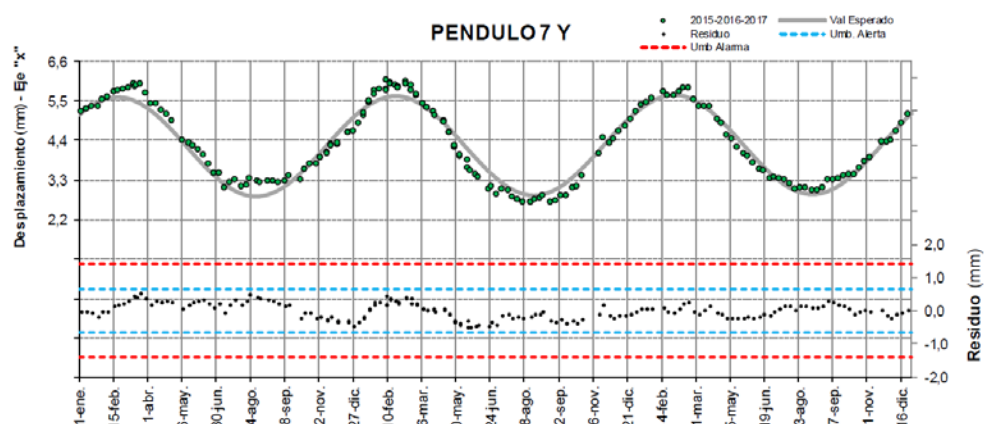
Continúa el informe con una mención referente a la construcción de un canal drenaje: *“Para el ejercicio 2018 se tiene planificado la ejecución de un canal de drenaje del pie de presa, desde la esclusa de navegación hasta la laguna. Hasta la fecha, la zona se encuentra inaccesible para inspección y sin posibilidad de aforar el flujo presente. Dicho canal se conformará con materiales granulares y geotextil que funcionará como filtro invertido y medio de escurrimiento de toda filtración presente. Se complementa la intervención, con la construcción de una berma para circulación vehicular, la que permitirá el acceso para inspección y eventuales intervenciones sobre el talud en caso de ser necesario.”.* No se tiene conocimiento que estos trabajos estén en ejecución o si están en etapa de proyecto.

ZONA 4 - PRESA DE HORMIGÓN CORRESPONDIENTE CON LA CENTRAL DE MARGEN DERECHA.

Se encuentra dentro del cauce original del río, entre la presa de tierra de margen derecha y el vertedero. Es una presa de gravedad cuya estructura es de hormigón armado, y está fundada directamente sobre la roca basáltica a una profundidad de 30 metros respecto del lecho natural del río.

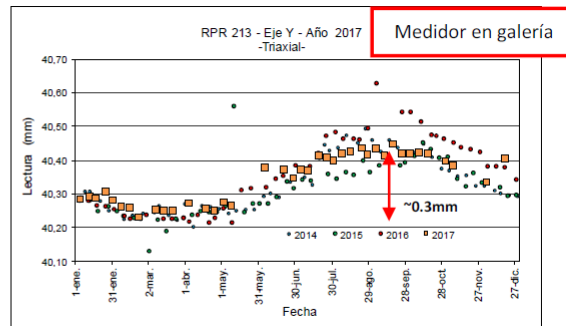
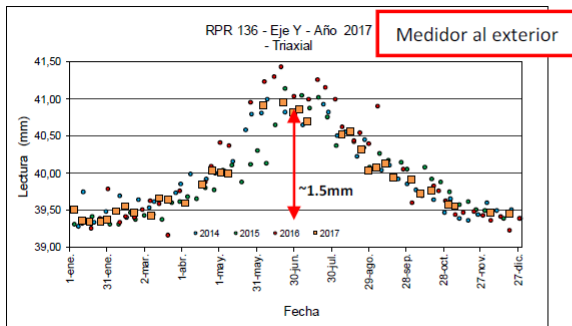
El sistema de auscultación en el sector consiste en péndulos directos e invertidos, medidores tri-axiales de junta, aforadores, sismoscopios, celdas de carga, cuyas captaciones están instaladas en el contacto del hormigón con la roca de fundación debajo de la unidad N°5 y los manómetros de lectura a nivel de galería -8.00 m. Asimismo los drenes instalados en la fundación que forman parte del sistema de alivio de sub-presiones son utilizados para controlar los caudales provenientes de la fundación y por ende el funcionamiento del sistema de alivio.

También en este caso se menciona el proyecto de una red de controles de microgeodesia y controles altimétricos. Los desplazamientos medidos, de magnitudes muy reducidas y vinculados en general a cambios estacionales no justifican plenamente un seguimiento más detallado. Al referirse a los desplazamientos observados se dice: *“Es así como los desplazamientos absolutos detectados con los péndulos, muestran un comportamiento que es mayormente elástico, estacional, y con apenas alguna tendencia irreversible en la cual se debe centrar la atención”*.



Se muestra un gráfico, del péndulo 7 Y. En el mismo se muestran desplazamientos que siguen los cambios estacionales. Se muestra también el residuo con indicación de umbrales de alerta y alarma. Se sugiere indicar cómo han sido definidos estos límites. Son valores que podrían analizarse dentro del estudio que se está realizando.

Este comportamiento es corroborado con los medidores de junta, donde el movimiento relativo entre los bloques también muestra una marcada estacionalidad. En los gráficos que se adjuntan se puede apreciar que la sensibilidad de los medidores de juntas a las variaciones de temperatura es aún mayor que en los péndulos. Esto es más evidente en los instrumentos con una exposición directa al ambiente.



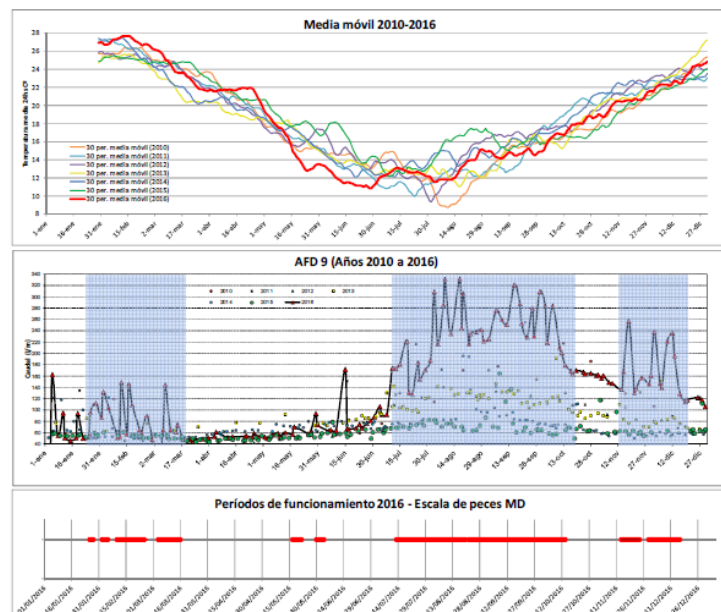
El comportamiento es totalmente razonable, no obstante se sugiere verificar los valores teóricos con los que se han definidos los umbrales de alerta y alarma.

En las mediciones a través de celdas triaxiales se explica una situación que se considera sin consecuencia para la seguridad y funcionalidad de la obra pero con interés técnico. Se trata de pequeñas deformaciones detectadas aparentemente en coincidencia con la parada de las máquinas y el movimiento de los puentes grúa. Sería interesante realizar análisis estructurales para verificar la magnitud esperable para estas situaciones y su correlación con las mediciones.

Este comentario se encuentra en la página 36 del informe.

Se ha observado e informa que los aforadores de la galería de inspección también acompañan el comportamiento estacional, y al igual que los medidores de junta con una gran sensibilidad a los cambios de temperatura. Se informa además que: “Sin embargo, las mediciones de estos instrumentos se ven afectadas por otros factores como ser filtraciones provenientes de la escala de peces,

desagües obturados, residuos depositados en la canaleta, etc.”, En el conjunto de gráficos adjuntos se observa la marcada tendencia a seguir las variaciones estacionales de temperatura y la utilización de la escala de peces



En la página 39 se dice: “En lo que respecta a las sub-presiones obtenidas a partir de las celdas de carga, no se ha detectado que las mismas sobrepasen los valores esperados. De todas formas brindan información de un solo bloque (U5), por lo que difícilmente puedan

ser utilizadas como detectoras de anomalías.”. Las celdas de carga, utilizadas para su función de medición de presiones totales, no brindan en general confiabilidad de valores. Se sugiere aclarar cómo se utilizan en este caso para la medición de presiones neutras.

Al referirse a los aforos en las salidas de los drenes se dice: *“Los caudales aforados a boca de dren no presentan variaciones asociadas ni a los cambios de temperatura ni a las fluctuaciones de niveles de embalse y restitución. Estas mediciones se realizan muy esporádicamente debido a lo trabajosa y poco confiable que resulta la metodología. En este sentido se está ejecutando la instalación de una canaleta colectora de filtraciones provenientes de los drenes, la cual permita agilizar la toma de datos y brindar mayor confiabilidad a los mismos. Por otra parte, se realizan análisis físicoquímicos en algunos drenes, de modo de poder monitorear las variaciones en los distintos parámetros como mecanismo de detección de anomalías. Todavía se cuenta con muy poca historia como para poder obtener conclusiones relevantes.”.* Se entiende que la canaleta colectora es la mostrada en la fotografía que se adjunta. *Se considera interesante procurar cerrar los drenes y con la instalación de manómetros de alta sensibilidad a la salida de los mismos poder investigar los valores de subpresión y su desarrollo en las fundaciones.*



Como comentario final para el sector se expresa: *“Finalmente, no se han detectado eventos relevantes a partir de los sismoscopios instalados en el bloque extremo. Los mismos son monitoreados regularmente una vez al mes, y los días posteriores a la ocurrencia de algún sismo en la región.”.*

ZONA 5 - PRESA DE HORMIGÓN CORRESPONDIENTE CON LOS VERTEDEROS

Esta obra se encuentra fundada dentro del cauce original del río, directamente sobre la roca basáltica a una profundidad de 7.5 metros respecto del lecho natural del río (cota - 3.50 m).

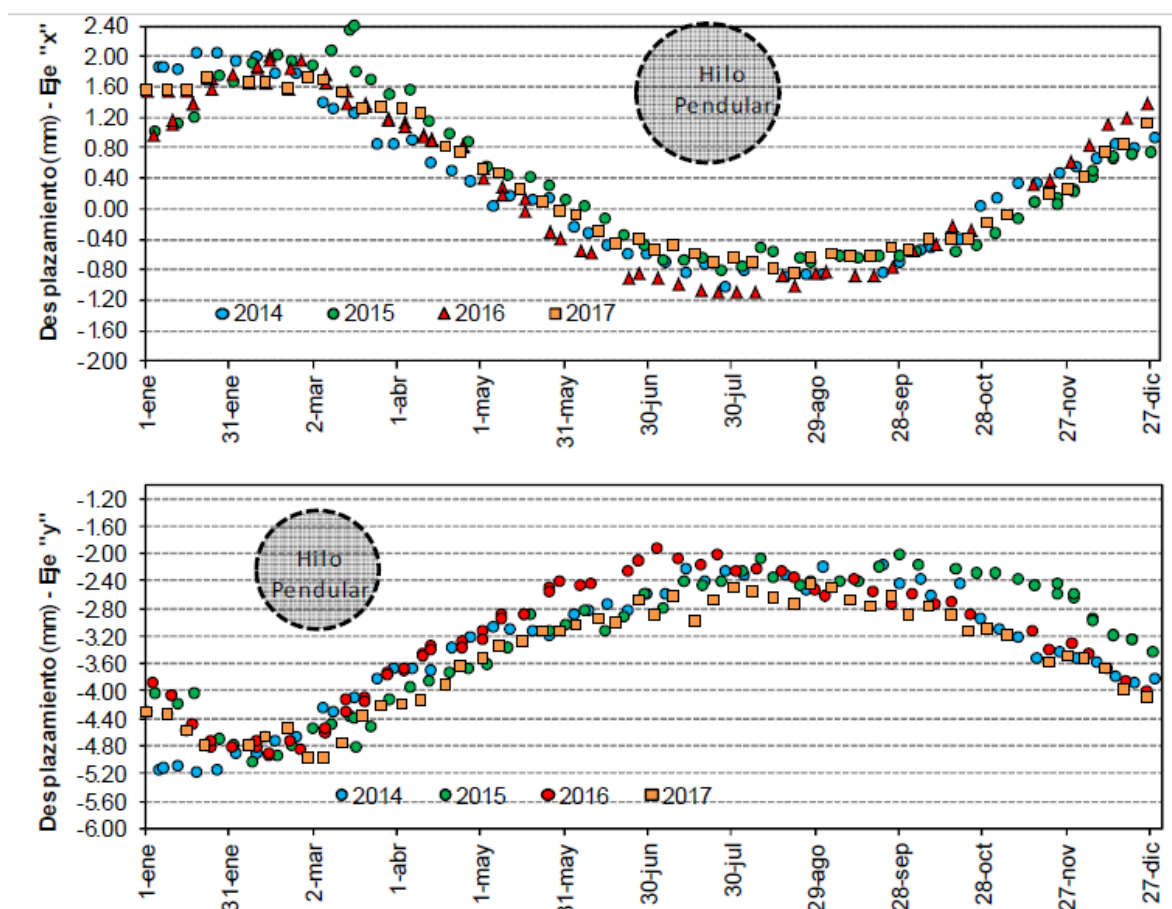
Se tienen dos secciones tipo, los módulos centrales y ambos módulos extremos conformando una estructura con diecinueve vanos. La sección es tipo creager y cuenco dissipador horizontal con dados de hormigón. Los módulos estructurales poseen su junta en coincidencia con la mitad de cada vano. Los módulos extremos son la continuidad entre los vertederos y ambas centrales, poseen, en una mitad, medio vano de vertedero y en la otra mitad la escala de peces.

En esta zona la instrumentación está compuesta por Péndulos directo e invertido, instalados en los módulos extremos; medidores tri-axiales de junta, instalados en todas las juntas a cota -8.00 m; aforadores, ubicados en la canaleta de la galería de inspección de cota -8.00 m, antes de desembocar la misma en los pozos de bombeo y celdas de carga, cuyas captaciones están instaladas en el contacto del hormigón con la roca de fundación en el módulo 4.

Se hace referencia a manómetros de lectura a nivel de galería de inspección. No se tiene muy claro qué lectura toman estos manómetros, tal vez han sido colocados para poder medir alternativamente presiones a la salida de los drenes cuando se impide el drenaje. Asimismo se menciona que la descarga de los drenes es utilizada para controlar los caudales provenientes de la fundación.

Como en todas las zonas, se menciona el proyecto de una red de controles de microgeodesia y controles altimétricos. Como también se comenta, la magnitud de los desplazamientos medidos, solamente vinculados a cambios estacionales u otras cuestiones menores se entiende que no justificarían plenamente un seguimiento más detallado de las deformaciones.

Las observaciones en esta zona son similares a las comentadas para la Zona 4 de la central en la margen derecha. También en este caso se observa una evidente relación con la variación de temperatura estacional. Se adjuntan gráficos obtenidos por mediciones de los péndulos.



Los gráficos muestran un comportamiento que es claramente estacional, con valores reducidos. No obstante, se considera de interés la revisión de los valores mediante una modelación que considere efectos térmicos.

Se hace un comentario respecto a una diferencia menor entre péndulos de la central y el vertedero: *“Vale destacar, que las dimensiones, formas, nivel de fundación, masa de hormigón y su correspondiente inercia ante las acciones externas de los módulos extremos donde se hallan instalados los péndulos del vertedero, son bien diferentes a los de la central, y ahí es donde radica el comportamiento diferencial entre los péndulos de las zonas 4-6 respecto de los de la zona 5.”*, el comentario resulta razonable.

Al referirse al sistema de drenaje se dice: *“Los drenes en esta zona tienen un aporte muy bajo, lo cual se traduce en mediciones de caudales en aforadores muy pequeños que incluso dificultan el buen funcionamiento del sistema de medición. Esta situación ha generado la necesidad de que, por ejemplo, el aforador 8 se monitoree a través de su tirante y no del caudal. Se proyecta realizar una revisión de todas las chapas aforadores tendiente a diseñar una abertura adecuada para cada caso y su posterior recambio (Años*

2018 y 2019).”. Resulta de interés conocer el estado y proyecto de estas modificaciones aunque, los caudales sean bajos.

Se expresa que: “Los aforadores de la galería de inspección en esta zona, a diferencia de las zonas de centrales MD y MI, no muestran un comportamiento estacional marcado”, esto podría deberse a lo expresado respecto a los bajos aportes de los drenes que hace que los errores de medición deriven en que las variaciones estacionales sean imperceptibles. Por otra parte, la galería de drenaje en las centrales se encuentra en cota – 8,0 m y en el vertedero en – 4,0 m por lo que obviamente los caudales de filtración, ante condiciones similares sean menores.

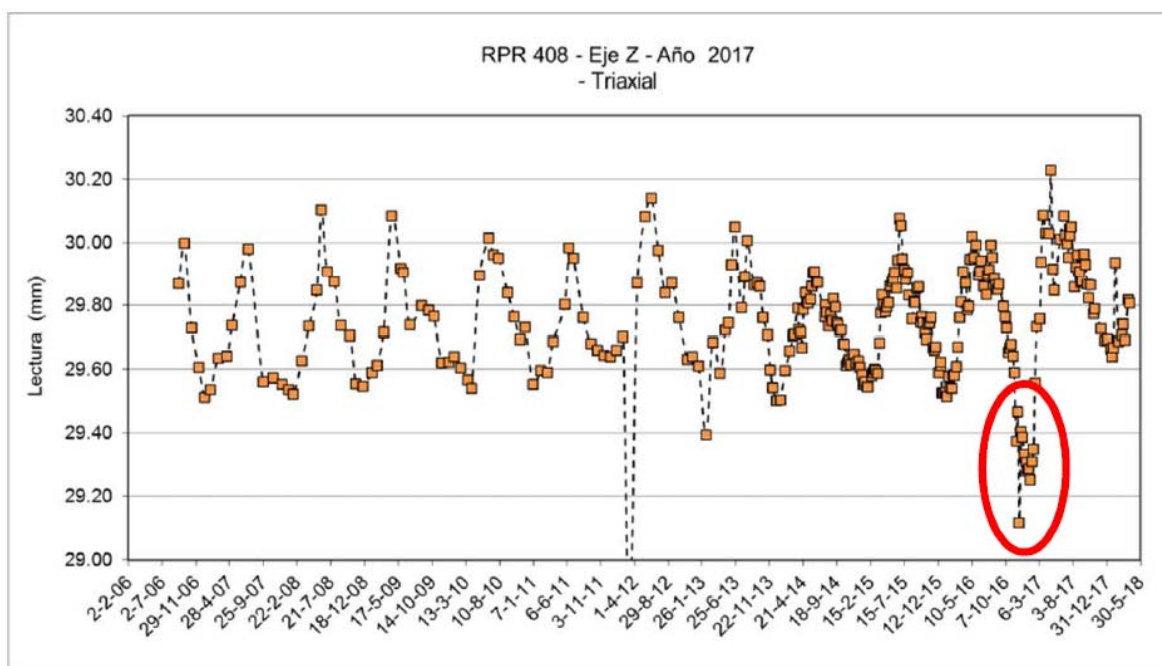
Se menciona como con comportamiento diferente, asociado a variaciones estacionales al aforador AFD 7 asociado a la junta entre los Módulos M8 – M9 que tiene una filtración considerable respecto de las juntas restantes.

Vuelven sobre la medición de subpresiones con celdas de carga: *“En lo que respecta a las sub-presiones obtenidas a partir de las celdas de carga, no se ha detectado que las mismas sobrepasen los valores esperados. De todas formas brindan información de un solo módulo (M4), por lo que difícilmente puedan ser utilizadas como detectoras de anomalías.”*.

Se mencionan dos relevamientos sub acuáticos en el cuenco dissipador diciendo que todavía no se han contrastado los resultados. Es importante que ese contraste se realice. Se menciona que: *“De manera preliminar, se puede anticipar que existen zonas de la estructura de hormigón con pérdida de su capa superficial y zonas con socavaciones de dimensiones variadas. Si bien no se han detectado patologías que revisten carácter de emergencia, toda la información será facilitada al Sector de mantenimiento de las obras civiles para evaluar conjuntamente el grado de afectación de los procesos erosivos y la determinación de un plan de acciones a futuro.”*. Obviamente que es un tema de sumo interés.

ZONA 6 - PRESA DE HORMIGÓN CORRESPONDIENTE CON LA CENTRAL DE MARGEN IZQUIERDA

En este sector se repite el sistema de auscultación del la Zona 4 – Presa de Hormigón Correspondiente con la Central de Margen Derecha. Hasta la llamada “anomalía” detectada en la coordenada “z” del medidor de junta, cuyo gráfico se transcribe, se menciona que: *“Al igual que lo explicado en el punto “Evaluación General” correspondiente a la zona N°4 (Central de margen derecha), se ha encontrado una potencial causa de la perturbación detectada en los registros. En este caso se trata del proceso de parada de máquina por mantenimiento capital programado de la Unidad N°8, el cual se inició el 15/11/2016.”*.

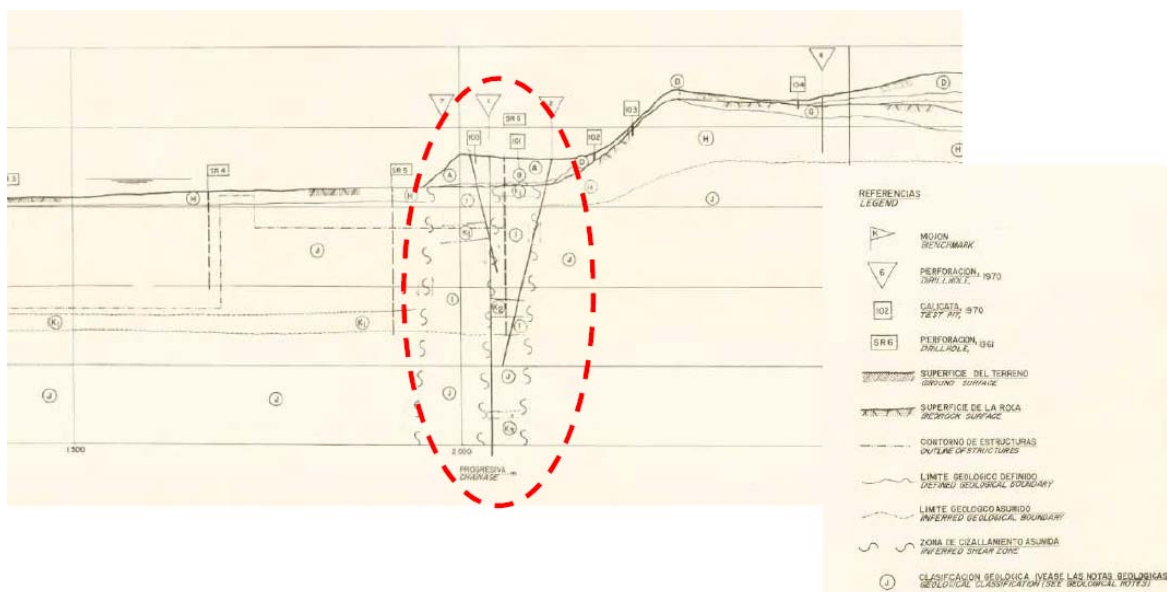


Como comentario sobre la cita del informe, se debe resaltar la homogeneidad y coherencia de los resultados que han mostrados todos los instrumentos que censan movimientos en las obras de las distintas zonas.

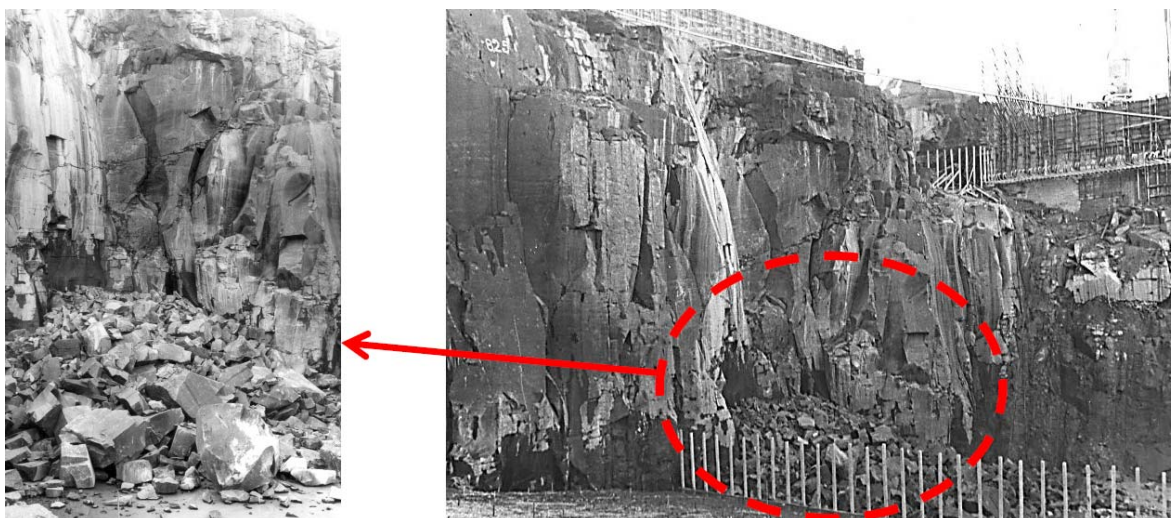
También, como se ha comentado para la margen derecha,: *“Los aforadores de la galería de inspección también acompañan el comportamiento estacional, y al igual que los medidores de junta con una gran sensibilidad a los cambios de temperatura. Sin embargo, las mediciones de estos instrumentos se ven afectadas por otros factores como ser filtraciones provenientes de la escala de peces, desagües obturados, residuos depositados en la canaleta, etc.”*.

Con respecto a los caudales aforados: *“Los caudales aforados a boca de dren no presentan variaciones asociadas ni a los cambios de temperatura ni a las fluctuaciones de niveles de embalse y restitución. Estas mediciones se realizan muy esporádicamente debido a lo trabajosa y poco confiable que resulta la metodología. En este sentido se está ejecutando la instalación de una canaleta colectora de filtraciones provenientes de los drenes, la cual permita agilizar la toma de datos y brindar mayor confiabilidad a los mismos.”*. Se considera importante la ejecución de esa canaleta. En el informe se repite en el informe la misma fotografía asignada a la central de margen derecha.

A continuación se hace un comentario sumamente interesante sobre los drenes ubicados en la zona próxima a la presa de tierra: *“Lo destacable en esta zona son los caudales drenantes provenientes del sistema de alivio en cercanías del contacto con presa de tierra, más precisamente en el descargador de fondo. Existe un grupo de 9 drenes cuyos caudales son muy superiores a la media de los restantes. A partir de investigaciones sobre sus posibles causas se ha encontrado documentación sobre la fundación y su estado.”*. Se presenta a continuación el siguiente esquema y fotografías:



“Se trata de una zona de cizallamiento lo que genera una permeabilidad mayor del macizo de fundación. A título ilustrativo puede comentarse que durante la construcción, su estado de fisuración ha generado que se produjera un desprendimiento del frente de excavación. Véanse fotos siguientes.”

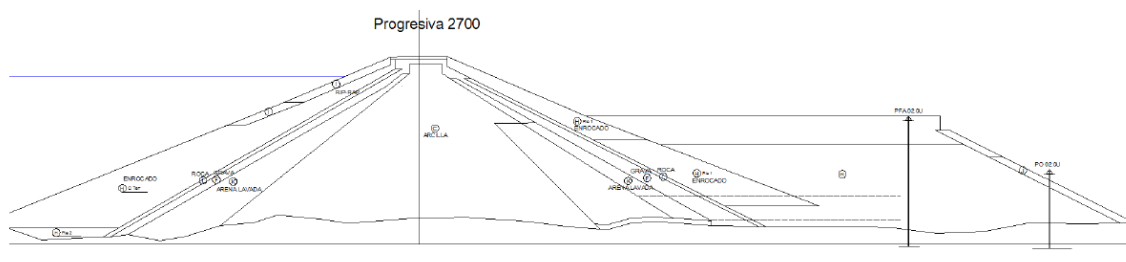


Se considera que, en las condiciones comentadas resulta muy lógico el aumento de caudales en los drenes extremos. A lo expresado respecto a las condiciones geotécnicas puede agregarse que este tipo de situación es frecuente por la condición de borde de la pantalla de inyecciones que puede no continuarse en el mismo plano por debajo de la presa. Existe un efecto 3 D, ingreso de agua lateralmente desde el macizo de roca a la que accede el agua sin la limitación que impone la cortina de inyecciones. Las condiciones de la roca fracturada en el sector, seguramente han aumentado el caudal observado.

Sigue el informe: *“Por otra parte, se realizan análisis físico-químicos en algunos drenes, de modo de poder monitorear las variaciones en los distintos parámetros como mecanismo de detección de anomalías. Todavía se cuenta con muy poca historia como para poder obtener conclusiones relevantes.”*. Este análisis es particularmente importante en el comentado sector extremo. Se recomienda continuar con este procedimiento y correlacionar valores.

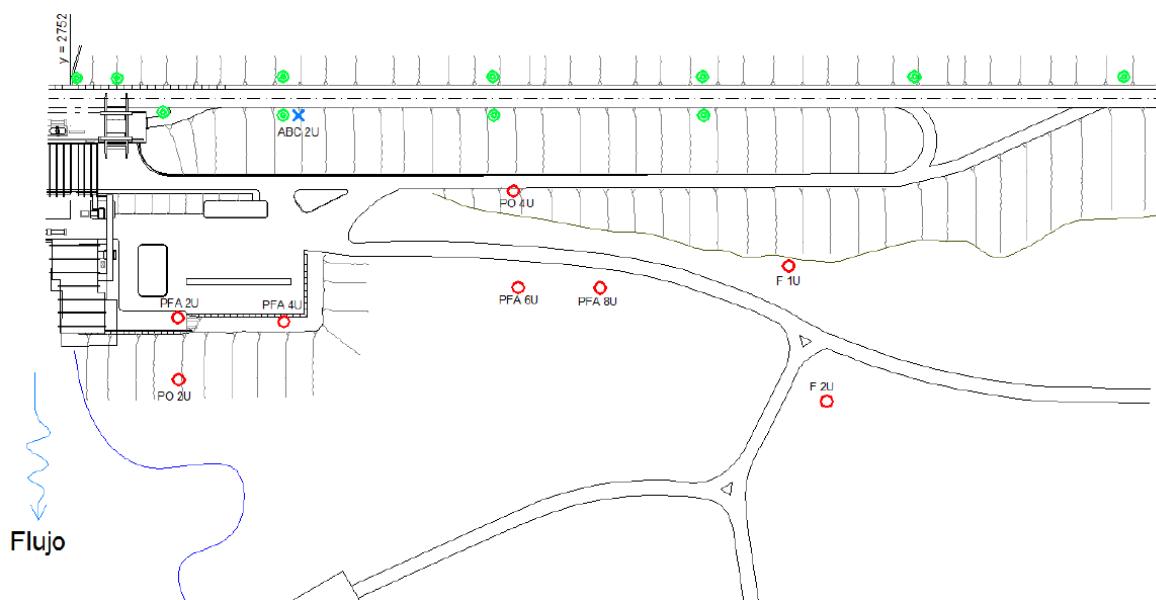
ZONA 7 - PRESA ALTA DE MATERIALES SUELTOS DE MARGEN IZQUIERDA

En el sector se tiene también una presa con una importante berma de materiales provenientes de excavaciones.



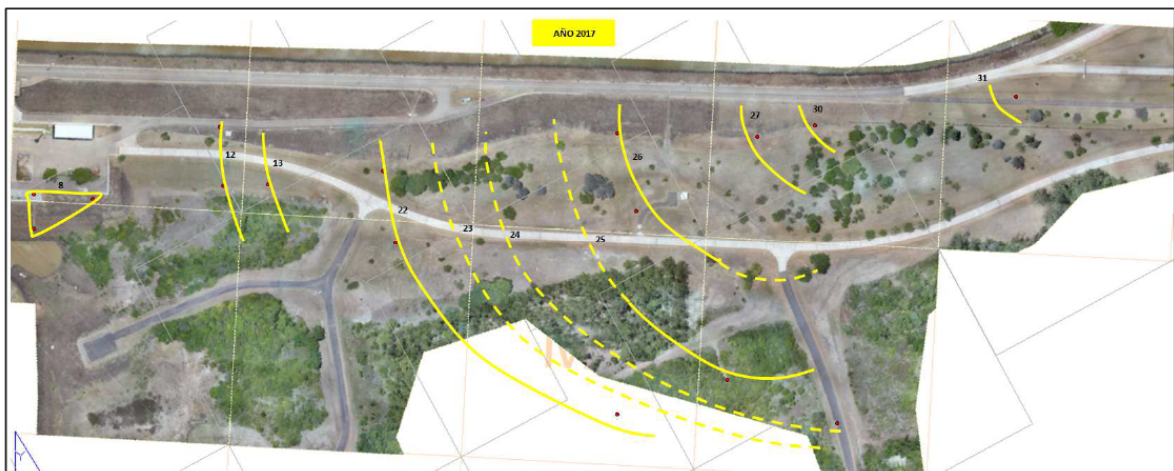
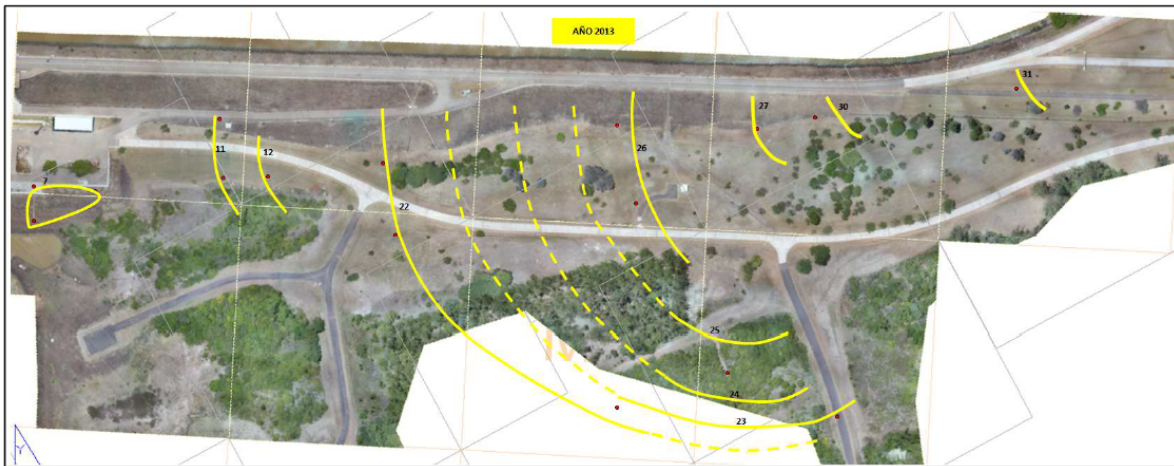
La instrumentación se compone de Piezómetros de tubo abierto con captación a nivel de fundación tanto en la zona de la berma como en el talud aguas abajo (PFA y PO), asentímetro de brazos en cruz, talud aguas abajo en las proximidades de la central con la boca de acceso a nivel de coronamiento.

También en este caso se hace mención a un sistema de microgeodesia y controles altimétricos del que ya se han ejecutado las bases de nivelación y los puntos fijos altimétricos. El siguiente esquema, tomado desde el informe, ilustra sobre la ubicación de los instrumentos.



Según se dice, y como resulta lógico, los piezómetros (PFA 2, 4, 6 y 8) y los pozos de observación (PO 2 y 4), próximos a la central de margen izquierda, muestran una marcada dependencia de los niveles de restitución.

Los piezómetros más distantes de la central muestran, como corresponde, un comportamiento dependiente de los niveles regionales, afectados por el embalse con una leve y tardía dependencia de los niveles de embalse. Se incorporan en el informe a continuación las curvas que unen puntos de igual nivel de agua medidos en los piezómetros de las zonas 7 y 8.



Estas curvas son muy didácticas para la comprensión del escurrimiento subterráneo, de las mismas surge que el mismo se desarrolla normalmente, como es esperable. Se sugiere sin embargo que la representación sea mejorada en dos aspectos.

- Se recomienda graficar curvas de nivel equidistantes. De esta manera la representación tendrá más funcionalidad.
- Se recomienda representar, con otro grafismo, también las curvas de nivel del terreno natural.

Si bien en este caso no puede verificarse, por apreciaciones geomorfológicas, las curvas isopiezométricas parecen seguir, como resulta razonable las formas del terreno natural.

Se presentan en el informe unas fotografías en la zona de la restitución con el comentario que se transcribe:



“A partir de inspecciones visuales realizadas con nivel de restitución bajo, se ha detectado un potencial punto de descarga (círculo rojo en la imagen) de la red de filtración de la zona. Si bien fueron pocas las instancias en que se ha podido detectar dicho fenómeno, debido a que la observación es posible a niveles de restitución extremadamente bajos, en la última oportunidad se logró tener una visualización un tanto más clara del flujo entre las rocas. En la fotografía anterior se muestra el flujo interno por las rocas.”. El comentario es muy interesante, no obstante se sugiere vincular la permeabilidad de los depósitos con la velocidad de descenso del agua en la restitución ya que lo observado sólo podría deberse a un retardo siguiendo el nivel de agua y no la manifestación de caudales de filtración desde la presa.

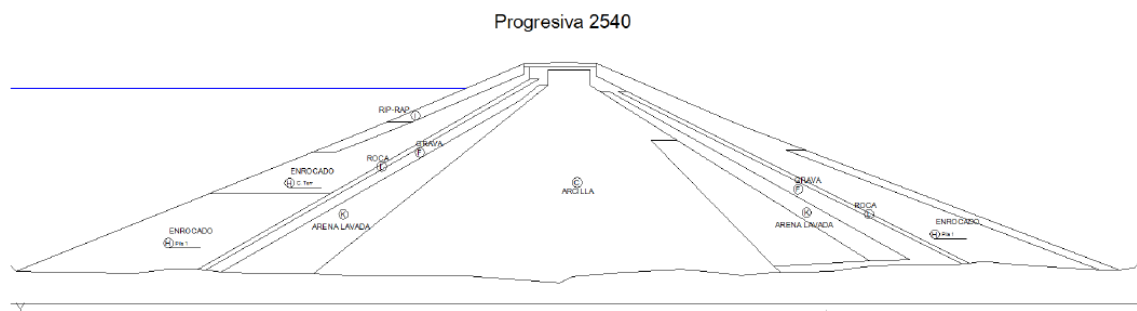
Hay solamente una mención a que el resultado de las lecturas de los asentímetros son los esperables. Se hace luego también una mención a que en el transcurso del 2018 se proyecta la ejecución de puntos de control para el sistema de microgeodesia. Se dice también que: *“Estas obras estarán acompañadas por trabajos de desmonte de especies vegetales con el fin de generar servidumbres para obtener campos visuales entre los puntos de control.”.* A esta última labor se la considera muy útil para mejorar las recorridas visuales en la presa.

Se citan comentarios de sumo interés: *“A partir de las inspecciones visuales, no se han podido detectar evidencias de patologías sobre la presa que generen riesgos potenciales. El rip-rap se encuentra en buenas condiciones sin evidencias de formación de planos cóncavos ni pérdidas de tamaño por meteorización. Eventualmente se visualizan algunos rebrotes de especies vegetales, a partir de lo cual se solicita al contratista encargado del*

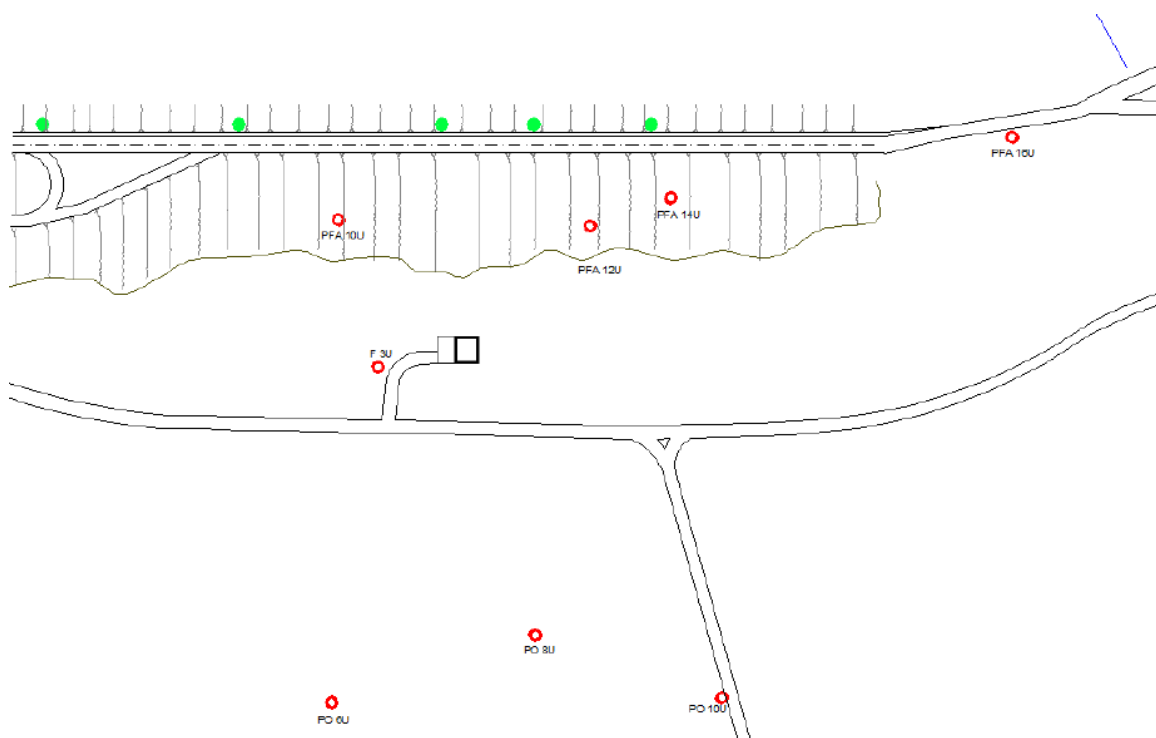
mantenimiento, su retiro. La protección rocosa superficial del talud aguas abajo, se encuentra en buen estado sin evidencia de procesos erosivos. En el pie no se observan filtraciones ni cambios en su morfología producto de alguna potencial patología. El pavimento a nivel de coronamiento, guarda rail y columnas de alumbrado no dan evidencias sobre el desarrollo de procesos erosivos internos. El talud aguas abajo ubicado en la berma de la sala de mando presenta algunos cambios de pendientes. Si bien desde el punto de vista de la seguridad de la presa no representa riesgo alguno, dicha situación será informada al Sector de mantenimiento de las obras civiles para que evalúe, en caso de ser necesario, un plan de acción al respecto.”.

ZONA 8 - PRESA BAJA DE MATERIALES SUELTOS DE MARGEN IZQUIERDA

Se trata de un sector de presa donde la sección es la esquematizada.



Como elementos de instrumentación se citan piezómetros de tubo abierto con captación a nivel de fundación tanto en la zona de la berma como en el talud aguas abajo (PFA y PO) y la mención al proyecto de microgeodesia y controles altimétricos. La ubicación se muestra en el siguiente esquema, obtenido también del informe de auscultación.



Además se expresa: *“En el marco de las inspecciones visuales, se realiza anualmente una contratación de servicio de mantenimiento del pie de presa por desmalezado. De esta manera se asegura el acceso peatonal al pie de presa para la ejecución de la inspección y eventual detección de potenciales patologías, que con la presencia de vegetación se vuelve casi imposible.”* El comentario resulta muy atinado.

Los comentarios a los instrumentos y resultados de las inspecciones visuales muestran un comportamiento adecuado en la zona. Solamente se hace un comentario especial para el pozo de observación PO 10U: *“Los niveles piezométricos crecieron ampliamente respecto de su valor medio (+~1.20m) desde mediados de año hasta octubre, mostrando luego un leve descenso. El PO 8U y el PO 6U no han acompañado el aumento de nivel evidenciado por el PO 10U. Dato destacable es que la laguna que se ubica hacia el este del piezómetro (“aguas arriba” desde el punto de vista de las isopiezométricas), no ha incrementado el nivel de pelo de agua debido a que la misma posee un sistema de drenaje hacia el río. Se desconoce la causa del crecimiento del nivel piezométrico, pero es pertinente mencionar que el instrumento ha presentado algunas dificultades para su medición respecto a la introducción de la sonda, en algunas oportunidades el nivel de agua interior se encontró sobre cota de camisa en épocas de lluvias, es un instrumento que se ubica muy próximo a un camino vial (banquina) y posee un nivel de boca a nivel de piso. Estas cuestiones podrían estar conduciendo hacia un mal comportamiento del instrumento. No obstante se realizará un seguimiento con mayor atención sobre el procedimiento de medición y su evolución.”.*

Se destaca que el comportamiento del PO 10U, que está fuera de zonas neurálgicas de la obra, es el único al que no se le ha encontrado una explicación desarrollada dentro del informe de auscultación analizado.

CLASIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS POR SU IMPORTANCIA Y DEFINICIÓN DE UMBRALES DE ALERTA Y ALARMA PARA LOS INSTRUMENTOS DETECTORES – ETAPA A2

En este punto se analiza el documento *“Clasificación de instrumentos por su importancia y definición de umbrales de alerta y alarma para los instrumentos detectores - Etapa A2 - Clasificación de los instrumentos de auscultación por su importancia para el control de la seguridad de las obras civiles - Informe Final”* - Ing. Javier Algorta, Montevideo, versión actualizada al 13 de junio de 2013.

En este informe se expresa que *"Este estudio sirve de base para que se considere la posibilidad de encarar la mencionada Etapa B del proyecto, con la definición de modelos de comportamiento para los instrumentos detectores y el establecimiento de umbrales de alerta y alarma para un mejor control de la seguridad de las obras."*, también se hace mención a una Etapa A1 en la que se estudiaron antecedentes y se definieron los criterios generales para la clasificación. **Hasta la fecha no disponemos de dicha información. Habiendo visto en el informe General de Auscultación (2017) menciones a umbrales de alerta y alarma se entiende que dichos valores ya han sido analizados y adoptados. Sería conveniente su análisis para incorporarlo al informe definitivo.**

Según se dice en el punto 1. *“Resumen”* En el informe se propone la clasificación de instrumentos como detectores y de apoyo. Si bien no se tiene la definición exacta de la caracterización, surge de los comentarios, que los instrumentos detectores son de mayor confiabilidad y respuesta más directa respecto a los parámetros a analizar. **Se comprende que dicha clasificación es de suma utilidad por tratarse de instrumentos de lectura no remota.**

También se expresa en el Resumen que: *"Los instrumentos propuestos como detectores son los que se consideran indispensables mínimamente para mantener bajo observación permanente la seguridad de las obras y en condiciones de detectar cualquier anomalía"* y además que *"Como soporte de los instrumentos detectores se cuenta con los instrumentos de apoyo, esenciales para completar la información y analizar el comportamiento de las obras, estudiar las anomalías que se detecten y eventualmente proponer las medidas correctivas que correspondiere."* Como se dijo **parece un criterio adecuado por no disponer de la posibilidad de una lectura simultánea de todos los instrumentos instalados. Se considera además que el criterio de selección debe ser dinámico y adecuado**

convenientemente conforme las novedades que vayan surgiendo de las lecturas del sistema.

En el informe el Ing. Algorta propone: "...una sistematización del sistema de drenaje de la presa en la margen derecha, que incluye la construcción de dos nuevos dispositivos aforadores para medición de caudales y la mejora del construido recientemente junto a la esclusa.", se concuerda con dicha recomendación.

Para acotar la definición de instrumentos detectores también se expresa: "Para los instrumentos detectores se recomienda la lectura y procesamiento con una frecuencia diaria, semanal, o quincenal en algunos casos, realizando el análisis apenas obtenido el resultado de sus mediciones. Para los instrumentos de apoyo se recomiendan frecuencias variables entre quincenales y anuales para su lectura y procesamiento, mientras que el análisis de sus mediciones deberá hacerse al menos anualmente."

La denominada Tabla 1, que se transcribe a continuación, numera a los denominados Instrumentos Detectores.

Tabla 1.- Resumen de Instrumentos detectores

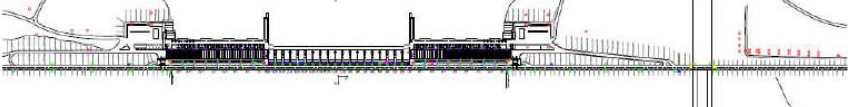
Sistema de Auscultación Instrumentos detectores							
	Presa de Tierra MI	Central MI	Vertedero	Central MD	Presa de Tierra Alta, MD	Contactos Esclusa	Presa de Tierra Baja, MD
Deformaciones	-	Triaxiales con péndulos en G-8 Nivelación de Triaxiales en G-8			-	Jabalinas y rieles	-
Presiones	PO 2U, PFA 2U, PFA 4U, PO 4U, PFA 6U, PFA 8U, PO 8U	-	-	-	PO 4A PFA 8A PO 6A		PFA 22A
Caudales	-	Afos 7,8	Afos 3,4,5y6	Afos 1,2	-	Filt. Q1	-
Principales condiciones de borde	Variables independientes: Nivel de Embalse, Río, Precipitaciones. Horaria / Diaria						
Recomendación de instalaciones nuevas	Sistematización del drenaje y filtraciones en Presa de Tierra margen derecha (Anexo I)						

Tabla 1.- Cuadro resumen de los instrumentos detectores por sector de la obra y parámetro medido

En líneas generales se concuerda con la selección mostrada, aunque a la luz de la historia de lecturas registradas los instrumentos detectores de deformaciones tendrían un nivel menor de importancia. En el otro sentido la medición de caudales requeriría la mayor atención.

Presa de Tierra de Margen Izquierda

Al referirse a la inexistencia de un sistema de drenaje en la presa de Margen Izquierda se dice que: "Lamentablemente no se dispone ningún punto de medición de caudales de filtración o provenientes del sistema de drenaje de este sector de la presa. La presa puede "gozar de muy buena salud", pero no existe posibilidad de monitoreo de sus filtraciones."

para continuar con: *"El sistema de drenaje de la presa de tierra (capas de grava aguas abajo y por debajo del filtro y núcleo) podría haber incluido algunos puntos de salida del caudal colectado por este sistema hacia el exterior. En esos puntos de salida podría haberse previsto un aforador, antes de que el caudal filtrado/drenado sea evacuado al río"* y continua con comentarios que sugieren que en la instrumentación se ha seguido un criterio equivocado. Se considera útil la incorporación de, por ejemplo aforadores, pero hay que tener en cuenta que en el sector se ha construido una berma importante, un aforador pudo haber tenido sentido realizarlo mediante un caño dentro de un dren, eventualmente con cámaras para acceder a la verificación de filtraciones por tramos, posible pero en condiciones dificultosas.

En principio no se han detectado anomalías en un sector que, como se dijo, además cuenta con la seguridad adicional para su estabilidad que implica una berma de gran extensión y material estable. **Si se quisiera disponer de elementos de detección de eventuales deficiencias hidráulicas podrían incorporarse piezómetros inmediatamente aguas abajo del contacto entre el núcleo y la fundación.** Una posibilidad sería incorporar piezómetros eléctricos de lectura remota, aunque su comportamiento en la obra no ha sido el adecuado. Se debe pensar que en la actualidad la tecnología ha avanzado con respecto a la confiabilidad de los mismos.

Más adelante en el informe del Ing. Algorta expresa algo similar a lo dicho: *"Al no disponer de puntos de lectura de caudales de drenaje o filtración, la medición de presiones intersticiales en puntos cercanos a la salida del sistema de drenaje cobra particular importancia. La consigna es investigar entonces si los piezómetros disponibles revelan puntos de concentración del flujo proveniente del drenaje de la presa o su fundación."*

Se expresa también: *"Si se asume como hipótesis simplificativa la homogeneidad de la roca de fundación, se puede construir el gráfico de la Figura 2 en el cual se han delineado curvas isopiezométricas del flujo que se observa con un nivel del río de 5 metros. Dicha situación es la que más deja en evidencia la dirección del escurrimiento a través de la fundación aguas abajo de la presa, que es la suma del caudal conducido por el sistema de drenaje bajo el espaldón aguas abajo y el que proviene directamente de la fundación."*

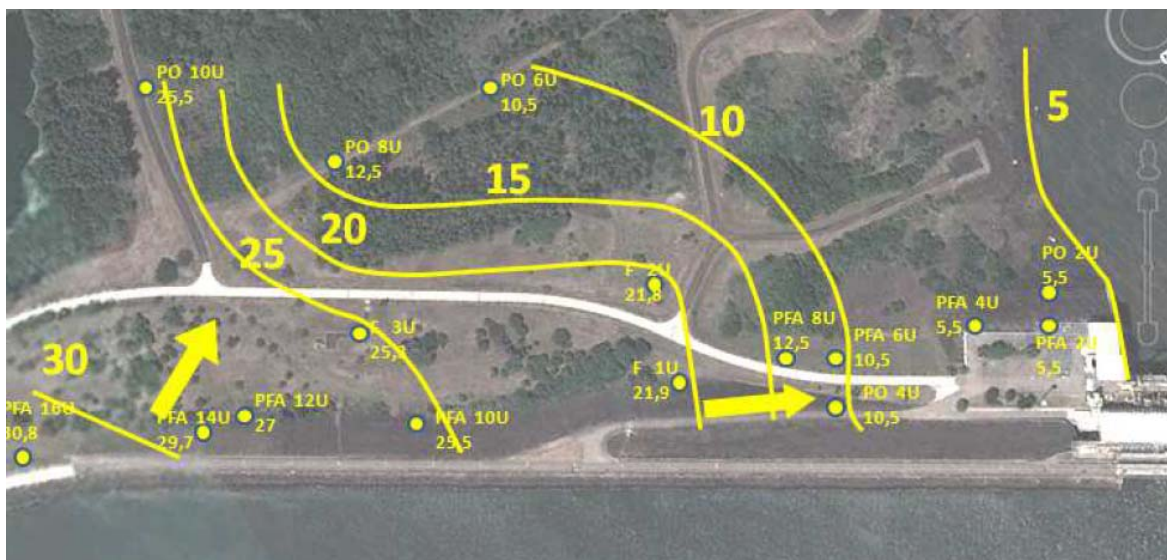


Figura 2: Isopiezométricas del escurrimiento por la fundación en MI para un nivel del río de 5m, suponiendo la roca como un medio continuo

En el informe se hace el siguiente comentario: “Se observa que aproximadamente desde el extremo izquierdo de la presa hasta la bifurcación del camino de bajada a la Central, el flujo se concentra cerca del PO 8U pues se encuentra llamativamente bajo. Desde la bifurcación del camino hacia el centro del valle, el flujo se dirige en forma paralela al eje de la presa acumulándose hacia la Central.”.

Estas curvas tienen algunas diferencias con las realizadas en el Informe General de Auscultación comentado en el punto anterior. No se conoce exactamente cuáles fueron los datos de base para su trazado. No obstante, las condiciones generales del escurrimiento son coincidentes y las esperables y razonables de acuerdo a las condiciones del proyecto. No se considera muy trascendente la situación ahora comentada respecto a la influencia sobre el escurrimiento que podría tener el material con el que se construyó el camino. En este caso las curvas fueron trazadas adecuadamente en forma equidistante.

Se hacen a continuación comentarios sobre la vinculación de las lecturas de los piezómetros con los niveles de la restitución. Finalmente se recomiendan a los piezómetros y pozos de observación PO 2U, PFA 2U, PFA 4U, PO 4U, PFA 6U, PFA 8U y PO 8U como instrumentos detectores. Como se dijo no parecen haber mostrado lecturas comprometidas, no obstante se deberían revisar las hipótesis, análisis efectuados y niveles de referencia para la alerta y alarma.

Al referirse a las deformaciones en el sector se expresa que: “No se disponen de elementos de control que permitan ágilmente advertir -salvo en puntos aislados- los inicios de deslizamientos o asentamientos que puedan poner en riesgo la seguridad de este sector de la presa.”. No hemos tenido oportunidad de visitar las obras todavía pero, a juzgar por los

dichos, muy coherentes, del Informe General de Auscultación 2017, no hay indicios de deslizamientos o asentamientos de magnitudes sensibles.

En general en el informe se recomienda incrementar los instrumentos de auscultación. Así en el último párrafo de análisis de la presa de Margen Izquierda se dice: *"En este sentido se propone evaluar la ejecución de una nivelación de precisión por los primeros 500 metros del coronamiento de la presa de tierra de margen izquierda, al menos para generar un conjunto de datos de referencia para cualquier eventualidad en el futuro. Se recomienda para ello materializar un punto cada 50 metros y programar un control con una frecuencia semanal por los primeros tres meses y luego mensual hasta completar el primer año. De esa manera se obtienen las 12 primeras mediciones semanales y se evalúa la dispersión y la tendencia comparada con 12 mediciones mensuales que también se obtienen. Este control sería considerado un instrumento de apoyo que eventualmente luego podría extenderse con una frecuencia semestral o anual."*

Siempre una densificación de las redes de auscultación permite abundar el análisis y coadyuvar a una detección temprana de cualquier anomalía. Lo más difícil es, para un técnico que por su natural propia avidez de conocimiento tiende a la magnificación de los sistemas de medición, poner el límite justo donde el sistema se oriente a las cuestiones de mayor trascendencia. Esta cuestión es más controvertida cuando se trata de una presa que ha evidenciado un buen comportamiento durante 40 años.

Presa de Tierra Alta de Margen Derecha

Al referirse a los caudales aforables al pie de la presa de la margen derecha se dice: *"Se propone construir un aforador del caudal que sale de la esclusa que vuelque su caudal a una tubería que recorra todo el pie de presa. En el otro extremo del tramo, se debería construir otro aforador que recoja y mida el caudal de filtraciones que puedan aparecer en el pie de presa"*. En el Anexo 1 del informe, del que se ha extractado el esquema siguiente, se presentan más detalles del sistema de aforo propuesto. *Se concuerda plenamente con la instalación del mismo, durante la visita a las obras se atenderán detalles del mismo.*

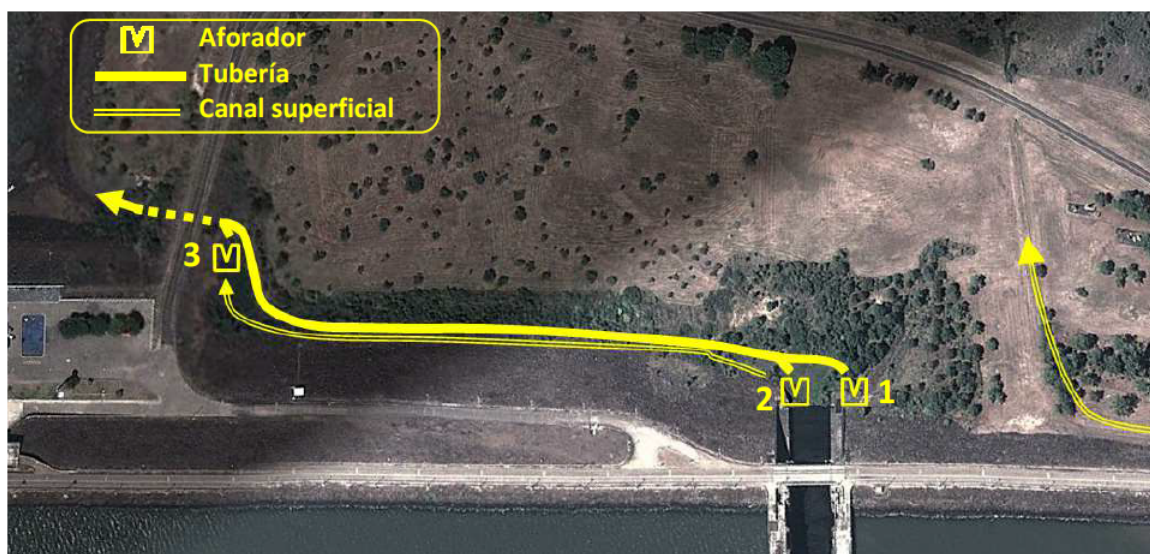


Figura A-1.: Sistematización y aforadores propuestos para el control de la presa de MD

Al referirse a las presiones intersticiales se dice: “Analizando las isopiezométricas del escurrimiento a través de la fundación para el río en cota 5 m (Figura 6), surge claro que las bajas presiones intersticiales del piezómetro PFA 8A indican que existe allí un camino preferencial del flujo proveniente de la presa y su fundación.”. Luego se hacen algunas especulaciones respecto a la dependencia con los niveles de la restitución que se entiende no tienen influencia con cuestiones de funcionamiento deficiente en la fundación.



Figura 6: Isopiezométricas del flujo subterráneo de la presa MD junto al río, suponiendo la roca como un medio continuo

Como se dijo en el informe se hacen una serie de especulaciones y representaciones sobre las filtraciones en la presa alta de margen derecha. No se aprecia ninguna situación crítica en el sector. No obstante, parece razonable hacer el sistema de aforadores desarrollado en el Anexo1. Se sugiere analizar con más detalle los datos disponibles de este sector.

También en esta zona recomienda implementar un sistema de medición de microgeodesia, no abre juicio sobre las lecturas de desplazamientos evidenciados durante los 40 años de vida de las obras.

Presa de Tierra Baja de Margen Derecha

Al analizar el escurrimiento en la zanja de pie en la presa baja de la margen derecha se dice que los caudales que lleva están asociados solamente a las precipitaciones en la margen. Esta aseveración discrepa con los argumentos volcados en el Informe General de Auscultación de 2017, aunque podría estar considerando que los caudales del aforador incluyen sólo el contacto con la esclusa. El gráfico del aforador AFD 13, incluido en la página 18 del informe, al referirse a los caudales de la presa baja, se refiere a caudales remanentes. Claramente expresa: *“El caudal de filtración, parámetro que podría estar íntimamente ligado con el aumento del nivel piezométrico, ha dado indicios de leves tendencias crecientes. La medición del aforador presenta grandes dispersiones ante precipitaciones. No obstante, si se representan gráficamente las mediciones para aquellos casos en que existieron al menos 4 días previos sin lluvia, se observa tendencia creciente de caudales de aproximadamente 2 l/min/año.”*. La diferencia de criterios podría estar en considerar que los caudales sólo son atribuibles al contacto con la esclusa.

Con respecto a las filtraciones en la zona de la presa baja de Margen Derecha se muestran gráficos y figuras en las que se coincide. Como dato nuevo se muestra el resultado de una investigación expeditiva con la realización de cuatro sondeos sin encamisar en los que se obtienen resultados coincidentes con el resto de la información. En la figura siguiente se muestran las líneas de nivel del agua que surgen de las lecturas de piezómetros (isopiezométricas). Se aprecia qué también el piezómetro PFA 22 resulta con un nivel de agua significativamente mayor. No se muestra en este caso la posición de los piezómetros F6, F3 y F7 que deben haber sido ejecutados posteriormente.

Sí se muestra en este caso una "playa" en el extremo del embalse de la que no resulta claro el origen. Se sugiere aclararlo.

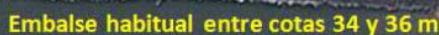


Figura 10. Isopiezométricas aguas abajo de la Presa baja Margen Derecha al 30/05/2013

En el siguiente esquema se muestra la ubicación y resultados de los pozos de observación que hiciera recientemente la CTM (tomado del informe del Ing. Algorta).



Perf Nro	Fecha construcción	X	Y	Cotas			Fecha medición	Observaciones
				Terreno	Fondo	Agua		
1	23/05/2013	4956	4200	29,71	28,59	S/agua	30/05/2013	Entre PFA 10 y PFA 12
						S/agua	03/06/2013	
2	23/05/2013	4968	4263	30,11	28,61	29,81	30/05/2013	Frente a PFA 16
						29,41	03/06/2013	
3	30/05/2013	4964	4225	29,31	28,05	S/agua	30/05/2013	Frente a F1
						S/agua	03/06/2013	
4	30/05/2013	4978	4339	32,9	31,46	31,6	30/05/2013	Frente a PFA 22 -Se encamisó el 5/6/13 (F 5)
						31,8	03/06/2013	

Figura 12. Perforaciones de investigación realizadas por CTM.

Respecto a la anomalía de las curvas isopiezométricas en las proximidades del PFA 22 A en el informe se expresa: *“La generación con el tiempo (el PFA 22A ha venido aumentando su nivel con los años) de este “domo” en la superficie piezométrica, podría deberse a dos motivos: a) un aumento gradual de la impermeabilidad aguas abajo de dicha zona por colmatación con partículas finas, lo cual conlleva a su vez una disminución gradual de la cantidad de flujo a través de dicha zona, o b) un aumento de la permeabilidad de la zona*

aguas arriba del instrumento, ya sea por migración de finos de algún material en forma generalizada o bien por generación de algún camino preferencial de agua más localizado, todo lo cual llevaría consigo un aumento del caudal filtrado.”. En principio no parece muy probable que los escurrimientos subterráneos hayan sido capaces de arrastrar material de manera de modificar la permeabilidad de los depósitos en uno u otro sentido, como se especula en los dichos citados. Se está den cambio de acuerdo con el argumento de un fenómeno de saturación progresiva, tal como se expresa en el siguiente párrafo transcripto.

“En cualquier caso, es aconsejable monitorearlo de cerca y seguir su evolución. Por todo lo dicho, se recomienda tomar al PFA 22A como instrumento detector, realizando con ello el seguimiento de la zona cuyas presiones intersticiales han venido creciendo y que actualmente es la de mayores presiones. Esto parece ser el indicador clave de un lento proceso de establecimiento de una red de escurrimiento que todavía no está en régimen permanente.”.

Con referencia a las deformaciones en esta zona, también propone ejecutar una nivelación de precisión, sin análisis de la historia en la vida de la obra. Vale el mismo comentario respecto a cuánto es necesario el incrementar el sistema de auscultación para monitorear desplazamientos.

Contactos de la presa de Tierra con la esclusa

En el informe se plantea el caso de los caudales de filtración observados a partir del 22 de febrero de 2013 y medido a partir de 3 días después. Se hace una valoración respecto a la vinculación con las lluvias y determina que existe un caudal base que, en principio, se mantiene constante, aunque en el Informe General de Auscultación se reconoce algún incremento.

Es un punto para seguir analizando. Resulta de interés tratar de dividir los caudales tal como se menciona en el Anexo 1.

Resulta una novedad obviamente trascendente, respecto al Informe General de Auscultación, el siguiente párrafo del Informe del Ing. Algorta: *“El día 22 de febrero de 2013 aparentemente por primera vez, se observó una filtración de un caudal significativo emergiendo entre las piedras del enrocado en la base del talud de la presa, en el contacto con el muro de ala de la margen derecha de la esclusa. El día 26 se logró poner en marcha una estructura provisoria que permitió su medición, la que se muestra en la Figura 15.”*. Si efectivamente el caudal se observó por primera vez podría estar indicando una condición peligrosa para la obra. **Este punto será tratado especialmente**. Seguidamente se hacen algunas especulaciones respecto a la vinculación de estos caudales con precipitaciones, de menor trascendencia si se verificara que efectivamente el 22 de febrero hubiera sido el primer afloramiento del caudal.

En referencia a las deformaciones en el informe se dice: “Las siguientes son las observaciones que más merecen destacarse:

- Los asentamientos totales del núcleo en esta parte de la presa han sido del orden de los 60 mm a los 33 años desde el primer llenado del embalse.

- Ya desde el segundo año se había medido un descenso 15 mm mayor en las jabalinas 1 y 2 que en la 3 y 4, es decir, mayor asentamiento a la izquierda de la esclusa que a la derecha.

- Pareciera que por el contrario, la velocidad de asentamiento en los últimos 15 años es algo menor a la izquierda que a la derecha de la esclusa.

- En la Figura 19 se observa que antes del 2005 también había errores de medición. Sin embargo, se medía una vez por mes y pareciera que se lograba una mejor precisión.”. A continuación se transcriben las figuras citadas.

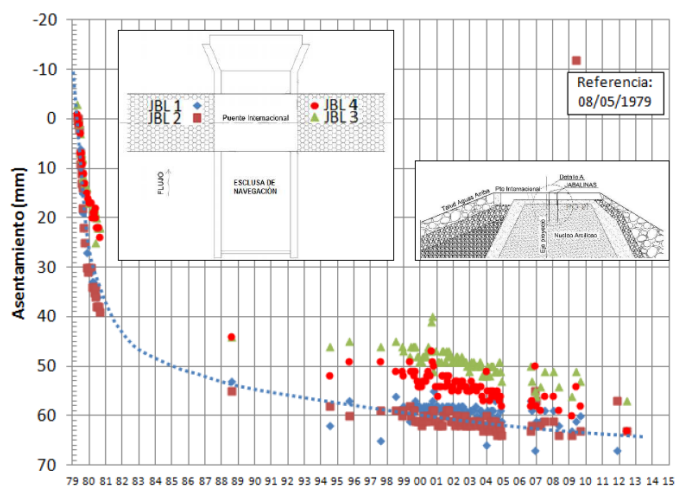


Figura 18: Jabalinas. Asentamientos de Presa de Tierra con relación a Exclusa.

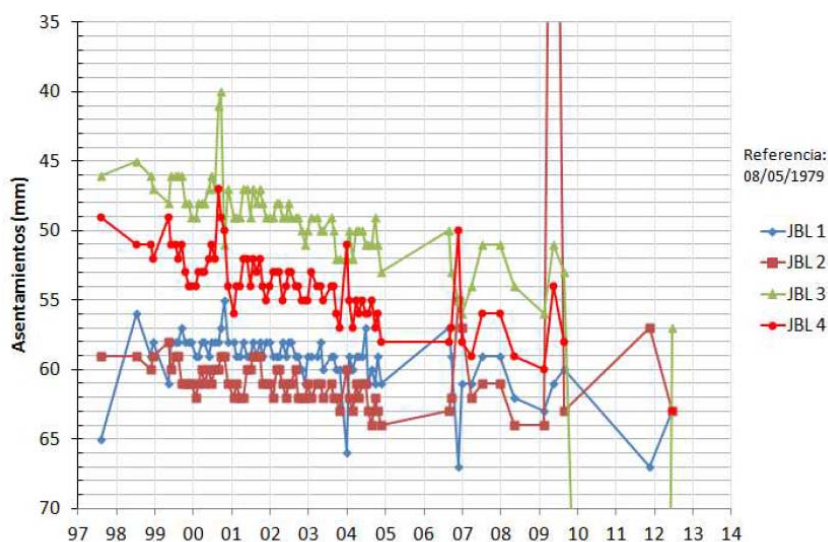


Figura 19: Detalle desde 1997 de asentamientos del núcleo medidos con Jabalinas.

Los asentamientos no resultan significativos, no obstante lo cual obviamente deben seguir siendo determinados.

Presa de Hormigón

Se hacen comentarios sobre el sistema de drenaje y movimientos de las obras de hormigón con los cuales en general se concuerda. Las determinaciones son de escasa magnitud.

Propone hacer un sistema de seguimiento de las deformaciones diciendo entre otros párrafos: *"Se propone hacer entonces un control altimétrico independiente en cada uno de los tres tramos horizontales de la galería -8, refiriendo la nivelación a puntos que se instalen en principio en los extremos coincidentes con las Salas de Montaje y con las escalas de peces. Se podrá completar la evaluación altimétrica con las mediciones "Z" de los triaxiales que separan los bloques con escalera de aquellos con tramos horizontales de galería. Este control será suficiente a los efectos de detectar alguna anomalía en los desplazamientos verticales de cualquiera de los bloques de la presa de hormigón."* Se concuerda con el comentario con la salvedad respecto a la decisión conceptual de incrementar el sistema de medición de desplazamientos.

Como ya se ha dicho, en general la instalación de mayores elementos de control está asociada a alguna evidencia de singularidades que se recomienda que sean acotadas. En el otro sentido, como ya se ha dicho, siempre mayor auscultación puede permitir un mayor y mejor conocimiento y puede ser un aporte para realizar futuras hipótesis y estimación de parámetros. Sin embargo, en las condiciones actuales obviamente se ha perdido la posibilidad de medir las magnitudes iniciales que son las más significativas.

En otro párrafo se expresa: *“Con respecto a las deformaciones se propone “Para obtener mejores resultados en la medición de desplazamientos que puedan responder a estas causas, se deberá hacer coincidir el momento de la medición de los péndulos invertidos con la medición de los triaxiales intermedios y con los niveles de embalse y del río.”*. En el marco de lo dicho respecto a la necesidad de ampliar el sistema de medición, esta medida parece muy razonable. Permitiría hacer una verificación, hipótesis simplificativas de por medio, del módulo de deformabilidad promedio del macizo de fundación.

En el punto 3 del informe, se hace un Listado de instrumentos detectores y de apoyo, y frecuencias de lectura, procesamiento y análisis. Se presenta una tabla con las recomendaciones. La misma podría ser verificada. Desde ya se considera que en la presa baja de la margen derecha se podría incrementar el número de piezómetros considerados detectores.

INFORME GENERAL 2013 – INSTRUMENTACIÓN

A continuación se hacen algunos comentarios sobre aspectos que se tendrán en cuenta en la actual evaluación sobre el informe: Informe General 2013 - Instrumentación Gerencia de Ingeniería y Planeamiento, Área Civil - SECTOR AUSCULTACIÓN Y VIGILANCIA, C.T.M. SALTO GRANDE, Volumen 1”, 2013.

Tal como se ha dicho en la versión 2017 del Informe General sobre Instrumentación se han incorporado modificaciones que mejoran la comprensión y el seguimiento del comportamiento en todos los sectores de la obra.

Se comentan aquí algunos aspectos particulares de la versión 2013 que merecen ser mencionados.

En el Preámbulo, se expresa que: *“Seguimiento de deformaciones a partir de mediciones micro-geodésicas: el sistema de medición data del año 2004 y se han realizado dos mediciones por año. Los desplazamientos obtenidos para el seguimiento no se condicen con las precisiones requeridas para la auscultación razón por la cual se plantea el cambio del protocolo de medición.”*, no hay referencia, sin embargo a la precisión utilizada y la requerida en el cambio propuesto. **Se verificará este aspecto.**

“En los terraplenes de presas, particularmente en núcleo arcilloso, no se tiene conocimiento de la línea piezométrica debido a que los piezómetros hidráulicos se encuentran fuera de servicio desde hace varios años. En el transcurso del año se ha propuesto un plan de diagnóstico y remediación de los elementos que constituyen el sistema de medición; planta des-aireadora, manómetros, conducciones y bombas de vacío y de presión. Se ha avanzado en margen derecha, alcanzando recuperar la planta des-

aireadora y calibrar manómetros, quedando pendiente la prueba de las conducciones y el funcionamiento de los piezómetros. En definitiva, a la fecha no se tiene conocimiento del comportamiento hidráulico real del terraplén.” Sin embargo, en el informe 2017 no se presentan novedades al respecto. Estos instrumentos han sido abandonados.

Seguidamente se expresa que el control de subpresiones se realiza a partir de celdas de carga, sin especificar cómo se materializa. Los piezómetros han dejado de funcionar en mayo del 2013. Fecha que coincide con la edición de este informe.

En este informe se confirma lo que se ha dicho también en el informe del punto anterior respecto al momento en el que se detectan filtraciones en el contacto con la esclusa: *“En el pie aguas debajo de la presa de tierra derecha, en su contacto con el muro de ala derecho de la esclusa de navegación, se detectó en febrero del 2013 un sitio de filtración. El mismo se sitúa en la zona más baja del pie del talud a una cota aproximada de +15.50.”*

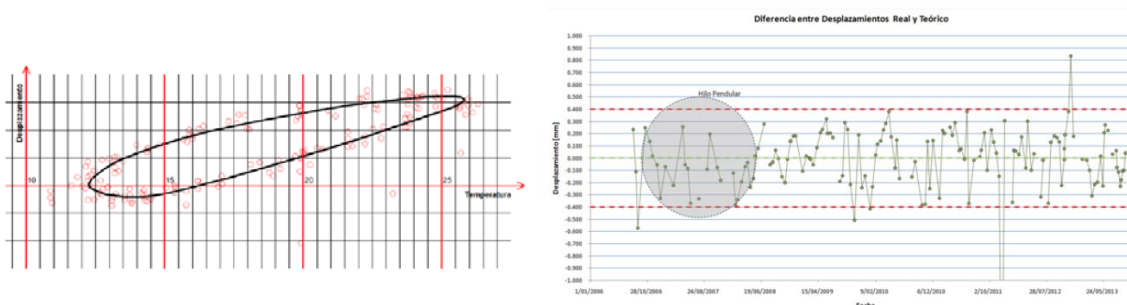
Al respecto se presentan cálculos analíticos sobre la filtración a través de la presa y se dice: *“Vale aclarar que, para la comparación entre caudal teórico y caudal medido, la premisa es que la totalidad del caudal medido proviene de la presa (Figura 1). No obstante, en base a estudios realizados (relevamientos planialtimétricos de la zona, construcción de dos freatímetros cercanos al sitio de descarga, seguimiento de aforo vs precipitación) se presume que el aporte no corresponde exclusivamente a la presa, sino que existiría cierta influencia del terreno natural circundante. De cumplirse esta hipótesis, el caudal efectivo de filtración es menor, por lo que la efectividad del núcleo sería mayor a la considerada en los análisis teóricos (Figura 2). Finalmente, la hipótesis restante es que parte del caudal proveniente de la presa esté fluyendo hacia el terreno natural, sin posibilidad de ser aforado (Figura 3). De cumplirse esta hipótesis, se está ante una situación de mayor riesgo debido a que no se tiene control verdadero del caudal de filtración, y a que lo que está dentro de los valores esperados no es el caudal total sino una parte del mismo. Sin embargo, esta última condición es la que se considera menos probable, ya que los niveles freáticos en terreno circundante indican un posible flujo hacia la presa y no desde la presa hacia el terreno natural.”* Se recomienda continuar con este análisis.

Respecto a los sistemas de medición de caudales se expresó: *“En el grupo de equipos en análisis se destacan medidores de nivel por sondas de presión, infrarrojos, boyas con brazos angulares, medidor de cuerda vibrante, caudalímetros rotativos, etc. Basándonos en el principio de funcionamiento del medidor de nivel de cuerda vibrante, el que trabaja con un émbolo asociado en su extremo a una boya, se investigaron medidores de distancia con mayor precisión. Con esta investigación se consiguió en el mercado un sensor de desplazamiento inductivo de dimensiones apropiadas ($\varnothing=1"$) con linealidad menor a 0.5%*

y señal de salida de 4-20mA.”. En el informe de 2017 ya no se mencionan estos equipos. Se consultará si todavía se tiene esta actualización en carpeta.

Más adelante, sobre el mismo tema se expresa: “Para complementar el aprovechamiento del sistema, se estudiando la manera de incorporar al sistema SCADA, los avisos de alarmas ante la detección de medidas pensando en la necesidad de que el sistema pueda dar una primera advertencia a partir de cierto umbral. Por sobre dicho umbral el sistema debería enviar un correo y un mensaje de texto a telefonía móvil a quien corresponda.”. Se consultará si todavía se tiene esta actualización en carpeta que obviamente modificaría el seguimiento de las determinaciones.

En referencia a los péndulos ubicados en las obras de hormigón, en este informe se presenta un análisis para desacoplar las mediciones de los desplazamientos térmicos estacionales. Se presentan los siguientes esquemas:



Tampoco en el informe de 2017 se vuelve sobre el tema. Debe analizarse en más profundidad, aunque parece acertado haber abandonado esta especulación.

En referencia a la determinación de las subpresiones se dice: “Para el control de las subpresiones actuantes sobre la presa de hormigón, se encuentran instaladas en el plano de interacción roca-hormigón celdas de carga. Dichas celdas de carga están constituidas por una cámara de captación de agua, un elemento de conducción y un dispositivo de medición de presión.” y a continuación: “Se utilizan como celdas de carga no convencionales, ya que no están constituidas como tales, las conducciones de los piezómetros eléctricos. Esto es: en los terminales de los caños que conducen los cables de los piezómetros eléctricos se colocaron manómetros, a los efectos de aprovechar las conducciones para medir presión en el extremo de la misma. De esta manera se cuenta con datos “alternativos” de la subpresión en el Módulo 5, así como un valor de contraste de los valores medidos por los piezómetros eléctricos.”. No se comprende bien cuál es el principio de estas mediciones, cómo se asegura la presurización y saturación del sistema. Se consultará en obra este sistema que se plantea reiteradamente en los informes.

Otro párrafo al respecto, que tampoco permite comprender acabadamente el procedimiento dice: “Históricamente el seguimiento de las mediciones de subpresiones se

realizó a partir de gráficos gráficos estacionales que incluían niveles de embalse y restitución. Actualmente se adicionó un sistema de control mensual que permite visualizar rápidamente el valor de subpresión en el punto de control vs línea de carga hidráulica presente al momento de la medición (Anexo 5). Esto permite fácilmente determinar si los valores de subpresiones se encuentran por debajo de la línea de carga hidráulica, considerada ésta como umbral superior. Esta consideración se basa en la premisa de garantizar que los valores de los coeficientes de seguridad al vuelco, flotación y deslizamiento se encuentren por encima de los admisibles.”. Se solicitará el mencionado Anexo 5. Como se dijo al analizar otro informe se puede intentar medir subpresiones con una adecuación menor en el sistema de drenaje, si bien no sería la que actúa estrictamente cuando el sistema de drenaje funciona sin restricciones.

En otro párrafo: “En el año 2015, se prevé el diseño del sistema de medición de presiones a través de transductores de presión. Se evaluará la posibilidad de instalar los mismos dejando activo el sistema actual (manómetros activos).”. En 2017 no se mencionó si el programa sigue en pie.

Al referirse a los sistemas de medición de deformaciones se dice: “Los desplazamientos observados por los puntos fijos de presa de hormigón no reflejan el verdadero comportamiento de la estructura. Desde un punto de vista global, podría admitirse que los corrimientos son insignificantes, pero desde la óptica de la auscultación son inadmisibles.”. Resulta tranquilizador que los desplazamientos observados son insignificantes.

Más adelante se plantea: “Por lo expuesto se plantea la modificación del protocolo de medición. A grandes rasgos, se propone la realización del levantamiento de los puntos fijos con estación total desde los extremos de la central, considerando los mojones de primer orden como “fijos”, previa asignación de los corrimientos que acusen los péndulos correspondientes. Se realizará el control desde puntos externos, con GPS, de algunos puntos claves definidos oportunamente, a los efectos de mantener conocimiento del posicionamiento general respecto a las márgenes.”. Tampoco en este caso se expresa el nivel de precisión buscado.

ASPECTOS A SER CONSIDERADOS EN LA EVALUACIÓN FINAL DE LOS SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN

COMPLETAR

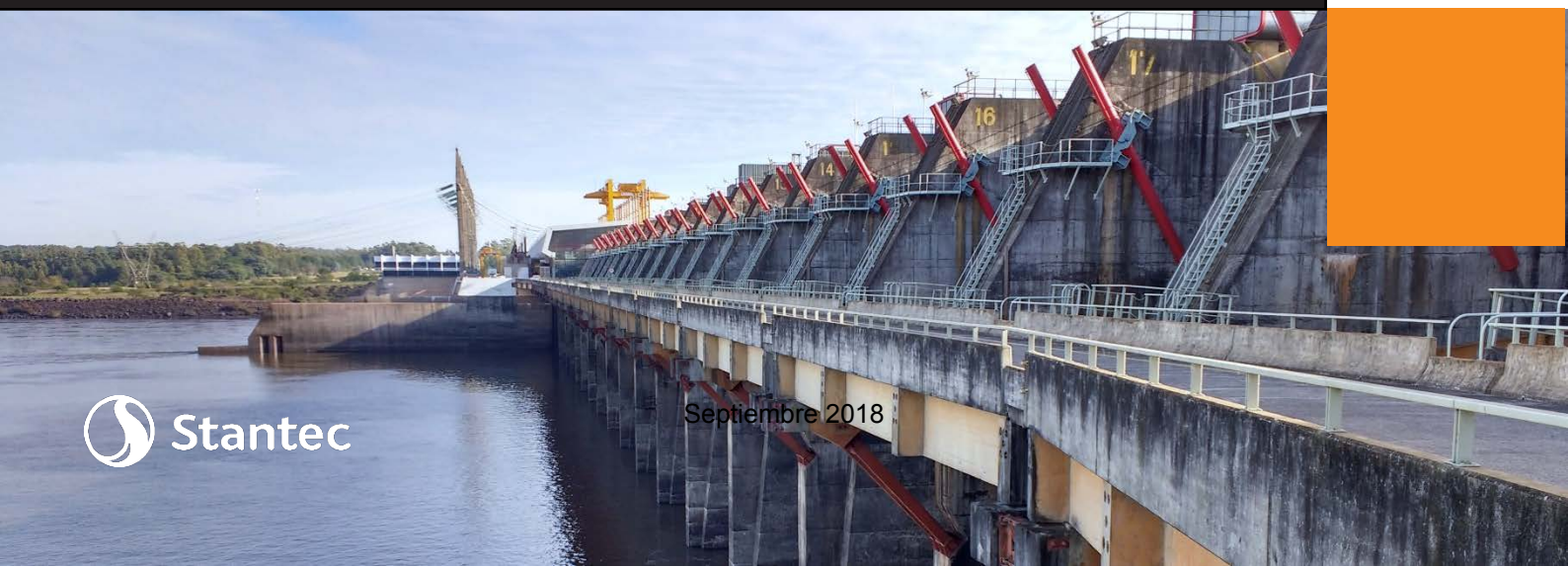
Se incluirán en este punto, con la redacción adecuada, todos los puntos resaltados con celeste en los puntos anteriores del informe. Se recomendará la visita a obra, con atención a lo comentado en este informe, para desarrollar el informe final. Esto se escribirá en la INTRODUCCIÓN.

Preparado para: Banco Interamericano de Desarrollo

Estudios complementarios para la Modernización del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande

*Revisión del Plan de Operación y Mantenimiento del
equipamiento hidromecánico y del Plan de Acción durante
Emergencias*

Contrato RG-T2923
Septiembre 2018





**Estudios complementarios para
la Modernización del Complejo
Hidroeléctrico Salto Grande.
Revisión del Plan de Operación y
Mantenimiento del equipamiento
hidromecánico y del Plan de
Acción durante Emergencias**

Revisión 1

September 13, 2018

Preparado para:

Banco Interamericano de Desarrollo

Revisión	Fecha	Descripción	Autor		Revisión		Revisión independiente	
0	11-Jul-18	Emisión para revisión del BID	Fernando Re Oscar Navarro		Nicolás Badano		James Borg	
1	13-Sep-18	Emisión para revisión del BID	Fernando Re Oscar Navarro Gabriel Kina		Nicolás Badano		James Borg	

Sign-off Sheet

This document entitled “Estudios complementarios para la Modernización del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande. Revisión del Plan de Operación y Mantenimiento del equipamiento hidromecánico y del Plan de Acción durante Emergencias” was prepared by Stantec for the account of IDB (the “Client”). Any reliance on this document by any third party is strictly prohibited. The material in it reflects Stantec’s professional judgment in light of the scope, schedule and other limitations stated in the document and in the contract between Stantec and the Client. The opinions in the document are based on conditions and information existing at the time the document was published and do not take into account any subsequent changes. In preparing the document, Stantec did not verify information supplied to it by others. Any use which a third party makes of this document is the responsibility of such third party. Such third party agrees that Stantec shall not be responsible for costs or damages of any kind, if any, suffered by it or any other third party as a result of decisions made or actions taken based on this document.

Prepared by _____

Fernando Re / Gabriel Kina

Reviewed by _____

Nicolás Badano

Approved by _____

Carlos Calderaro

Índice

ABREVIATURAS	1
1.0 ALCANCE.....	2
2.0 ANTECEDENTES	3
2.1 CUENCA DE SALTO GRANDE.....	3
2.2 COMPLEJO HIDROELÉCTRICO SALTO GRANDE	5
2.3 REVISIÓN DE ANTECEDENTES.....	6
2.3.1 “Crecida Máxima Probable, Normas de Operación y Plan de Acción Durante Emergencias”	8
2.3.2 “Manual del Agua”	15
2.3.3 “Programa de Vertimiento”	18
2.3.4 “Plan de acción ante creciente”	19
2.3.5 “Plan de Emergencias”.....	20
2.3.6 “Estudios Hidrológicos del Complejo y de la Cuenca del Río Uruguay” SN2 - BID.....	21
2.4 OBRAS DE DESCARGA	23
2.4.1 Vertedero	23
2.4.2 Descargador de fondo.....	24
2.4.3 Presas fusibles.....	28
3.0 RECOMENDACIONES PARA EL DESARROLLO DEL PADE	29
3.1 ASPECTOS GENERALES DE UN PADE.....	29
3.1.1 Contenido del PADE	29
3.1.2 Entidades participantes del PADE.....	30
3.1.3 Implementación.....	30
3.1.4 Actualización	31
3.1.5 Capacitación	31
3.1.6 Ejercitación	32
3.2 PADE DE SALTO GRANDE.....	33
3.2.1 Normativas de referencia	33
3.2.2 Visita a Salto Grande	34
3.2.3 Estado actual del PADE	36
3.2.4 Procedimientos de emergencia	37
3.2.5 Grado de implementación	37
3.3 IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES MEJORAS Y OPTIMIZACIONES.....	38
3.3.1 Introducción	38
3.3.2 Detección y clasificación de las Emergencias	39
3.3.3 Comentarios sobre los niveles de alerta.....	41
3.3.4 Situaciones de Emergencia previstas.....	44
3.3.5 Esquemas y Procedimientos de Notificación.....	45
3.3.6 Incorporación al PADE de procedimientos usuales de la CTMSG.....	46
3.3.7 Evaluación de Posibles Mejoras en los Mapas de Inundación.....	46
3.3.8 Aspectos vinculados con la Seguridad y Control de las obras.....	48
4.0 ACTUALIZACION DE LOS PLANES DE O&M DE LAS OBRAS DE DESCARGA.....	49
4.1 OPERACIÓN DE OBRAS DE DESCARGA.....	49
4.1.1 Introducción	49

4.1.2	Descargador de Fondo.....	50
4.1.3	Presas fusibles.....	56
4.2	MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS HIDROMECAÑICOS DE LAS OBRAS DE DESCARGA.....	59
4.2.1	Introducción	59
4.2.2	Antecedentes	60
4.2.3	Revisión de antecedentes y recomendaciones	65
4.2.4	Plan de actualización de procedimientos de mantenimiento.....	68
5.0	CAPACIDAD ORGANIZATIVA PARA LA EJECUCIÓN DE LAS INTERVENCIONES DEL PRESTAMO RG-L1124	70
6.0	CONCLUSIONES	75

TABLAS

Tabla 1	– Crecidas máximas – Período 1980 – 2014 (Fuente: SN2).....	5
Tabla 2	– Curva de descarga de un Descargador de Fondo (Fuente: SN2)	27
Tabla 3	– Curva de restitución (Fuente: SN2)	27
Tabla 4	– Coeficientes de fricción típicos de bujes.....	66
Tabla 5	– Presiones de izaje a distintos coeficientes de fricción	67
Tabla 6	– Ensayos operativos	68
Tabla 7	– Inspección y mantenimiento de compuertas planas de vertedero.....	69
Tabla 8	– Intervenciones de modernización 2019-2024	71

FIGURAS

Figura 1	– Subcuencas del río Uruguay en Salto Grande	3
Figura 2	– Perfil longitudinal esquemático del río Uruguay.....	4
Figura 3	– Planta general de las obras principales.....	5
Figura 4	– Foto aérea de las obras principales.....	6
Figura 5	– Hidrograma de la CMP (Evarsa-Incovic, 2011)	9
Figura 6	– Tabla de afectaciones por Localidad (Ejemplo: Concordia).....	11
Figura 7	– Envoltorio de niveles aguas abajo Salto Grande	12
Figura 8	– Caudales diarios máximos anuales (1898-2005).....	13
Figura 9	– Caudales máximos para diferentes períodos de retorno	13
Figura 10	– Extracto Manual del Agua – Definición de los modos de operación.....	16
Figura 11	– Extracto Manual del Agua – Modo de operación en Crecida	16
Figura 12	– Extracto Manual del Agua – Anexo B – Creciente de diseño.....	17
Figura 13	– Ejemplo de Comunicado diario para el 2 de julio de 2018	18
Figura 14	– Extracto Manual del Agua – Avisos – Información especial.....	18
Figura 15	– Diagrama para la elaboración del Programa de Vertimiento.....	19
Figura 16	– Curva de restitución en Salto Grande y Niveles de Alerta	20
Figura 17	– Comparación de seleccionadas CMPs (SN2, 2015).....	22
Figura 18	– Corte general de vertedero	23
Figura 19	– Capacidad de descarga del vertedero.....	24
Figura 20	– Corte general del Descargador de fondo.....	25
Figura 21	– Foto durante la construcción	25
Figura 22	– Foto durante la construcción	26

Figura 23 – Foto durante la construcción	26
Figura 24 – Foto durante la construcción	26
Figura 25 – Ubicación de las presas bajas “erosionables”	28
Figura 26 – Visita a la presa – Galería de drenaje e inspección.....	34
Figura 27 – Visita a la presa – Aforo de filtraciones en la presa	35
Figura 28 – Visita a la presa – Área de presas fusibles.....	35
Figura 29 – Visita a la presa – Descargador de Fondo de margen izquierda	36
Figura 30 – Ejemplo de tabla de notificaciones (FEMA-64, 2013)	40
Figura 31 – Restitución en Salto Grande, Niveles de alerta y niveles en Concordia.....	41
Figura 32 – Extracto del Manual de Aguas – Crecida de diseño	50
Figura 33 – Fotografía de la descarga por apertura de la Compuerta del descargador de fondo con un tablero sin colocar.....	52
Figura 34 – Limites de apertura de la compuerta (Fuente: Estudio SN1)	53
Figura 35 – Fotografía del Pórtico grúa de margen izquierda.....	53
Figura 36 – Elementos de Accionamiento del Descargador de Fondo	55
Figura 37 – Presa baja de margen izquierda.....	57
Figura 38 – Compuerta radial recientemente pintada.....	61
Figura 39 – Servomotores de compuertas de toma pintados	63
Figura 40 – Esquema organizacional de CTM SG	70

ANEXOS

ANEXO A	VISITA A DEFENSA SUR DE CONCORDIA.....	A.1
ANEXO B	COMENTARIOS PARTICULARES SOBRE EL DOCUMENTO “MANUAL PADE”	B.1
ANEXO C	CUESTIONARIO – FEMA64.....	C.1
ANEXO D	PLANES DE MANTENIMIENTO VIGENTES.....	D.3

ABREVIATURAS

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CMP	Crecida Máxima Probable
CTM SG	Comisión Técnica Mixta de Salto Grande
CHSG	Complejo Hidroeléctrica Salto Grande
FEMA	<i>Federal Emergency Management Agency</i> (Estados Unidos)
MW	Megawatt
ORSEP	Organismo Regulador de Seguridad de Presas (Argentina)
PADE	Plan de Acción Durante Emergencias
PMP	Precipitación Máxima Probable
PNA	Prefectura Naval Argentina (Argentina)
PNN	Prefectura Nacional Naval (Uruguay)
ROU	República Oriental del Uruguay
SIG	Sistema de Información Geográfica
O&M	Operación y Mantenimiento

1.0 ALCANCE

Este informe se produce en el marco de la preparación de un préstamo regional (RG-L1124) por parte del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la Rehabilitación y Modernización de la Central Hidroeléctrica Salto Grande. Por este motivo el BID encargó a STANTEC analizar los aspectos vinculados a la seguridad de la presa y a su operación y mantenimiento.

En base a estudio a la información provista por Salto Grande y el BID, más aquella disponible de estudios anteriores se realiza un análisis del estado de situación del PADE y se elaboran recomendaciones para su implementación.

El informe presenta en el Capítulo 2 un análisis de los antecedentes disponibles, en el Capítulo 3 se elaboran recomendaciones para el desarrollo del PADE, en el Capítulo 4 se desarrolla un análisis de la operación y el mantenimiento de las obras de descarga de Salto Grande y en el Capítulo 5 se analiza la capacidad organizativa para la ejecución de las intervenciones del préstamo RG-L1124. Finalmente, en el Capítulo 6 se presentan las conclusiones de este análisis.

Los trabajos principales desarrollados referentes a las operaciones durante emergencia son los siguientes:

- a) Relevamiento del estado actual de desarrollo del PADE.
- b) Relevamiento del grado de implementación del PADE, dentro de la estructura organizativa de la CTMSG.
- c) Identificar si existen posibilidades de mejora en distintos aspectos claves, tales como: i) detección y clasificación de las emergencias; ii) esquemas y procedimientos de notificación; iii) incorporación al PADE de procedimientos usuales de la CTMSG; iv) evaluación de posibles mejoras en los mapas de los posibles niveles de inundación para distintas condiciones de emergencia; v) aspectos generales vinculados con la seguridad y control de las obras en operación; vi) otras recomendaciones generales.

Con el propósito de cumplir con los objetivos establecidos se desarrolló el siguiente programa de trabajo:

- a. Recepción de la documentación disponible relacionada al PADE.
- b. Evaluación primaria de dicha documentación, para individualizar distintos aspectos, previo a la visita.
- c. Visita a las obras del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande los días 5 y 6 de junio de 2018, incluyendo reuniones de trabajo con funcionarios de CTMSG y recorrida general de las instalaciones.
- d. Recorrida general de las defensas contra inundaciones de la ciudad de Concordia.
- e. Recepción de documentación complementaria enviada por CTMSG.
- f. Evaluación de la totalidad de la documentación.
- g. Formulación del presente Informe.

2.0 ANTECEDENTES

2.1 CUENCA DE SALTO GRANDE

La cuenca del río Uruguay hasta Salto Grande tiene una extensión de 244.700 km². A efectos de su caracterización, la misma puede dividirse en subcuencas que se presentan en la Figura 1.

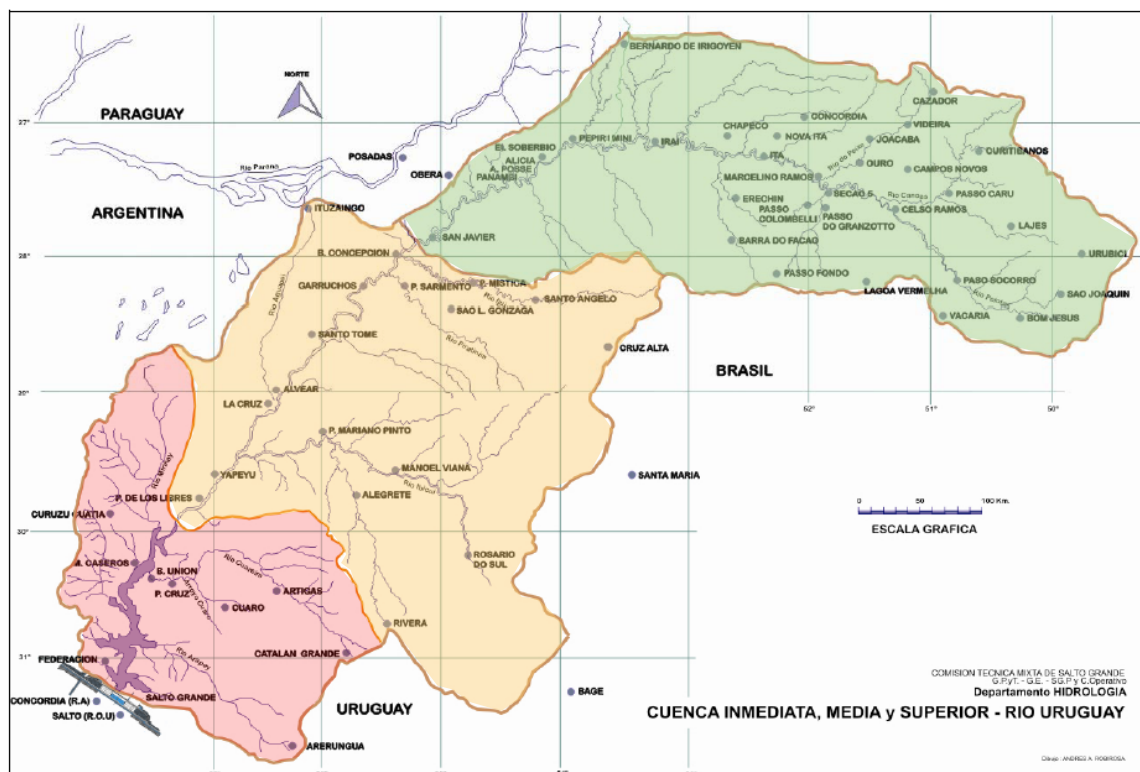


Figura 1 – Subcuencas del río Uruguay en Salto Grande

Cuenca alta

Comprende el tramo entre las nacientes hasta San Javier. Tiene una superficie de unos 99.500 km² y una precipitación media anual de aproximadamente 1.850 mm. Se caracteriza por tener pendientes muy elevadas, generando hidrogramas de crecida rápidos, con altos caudales de pico y poco flujo base. El traslado de las ondas originadas en este sector de la cuenca demora, dependiendo del caudal, entre 7 y 11 días para llegar al embalse. En este sector de la cuenca se han construido (especialmente en las últimas décadas) embalses de magnitud para generación de energía, como por ejemplo *Foz do Chapecó*, *Passo Fundo*, *Itá*, *Machadinho*, *Barra Grande* y *Campos Novos*. Algunas de estas presas se esquematizan en el perfil longitudinal de la cuenca presentado en la Figura 2.

Cuenca Media

Comprende la subcuenca correspondiente al tramo del río Uruguay que es límite entre Brasil y Argentina; se extiende al sur, hasta la ciudad de Paso de los Libres. Tiene un área de unos 97.200 km², y una precipitación media anual de aproximadamente 1.550 mm. En esta zona el relieve se suaviza gradualmente hacia el sur, apareciendo suelos de mayor desarrollo y permeabilidad. Los

hidrogramas generados son en consecuencia, muy extendidos con bajo caudal de pico y gran tiempo de base. Una lluvia importante en la cuenca media también demora de 7 a 11 días en llegar al embalse de Salto Grande.

Cuenca Inmediata

Se ha denominado de esta manera a la subcuenca, entre Paso de los Libres y la represa de Salto Grande. Se trata de una superficie de unos 48.000 km², con una precipitación media del orden de los 1.250 mm. Se caracteriza por tener un relieve ondulado con pendientes medias del orden de 1,5 por mil. Predomina un suelo de muy baja permeabilidad determinado por una roca madre basáltica, muy frecuentemente aflorante. Estas propiedades, más las frecuentes tormentas frontales de alta intensidad y duración en la región, le dan a la Cuenca Inmediata un potencial hidrológico elevado donde se destacan los importantes coeficientes de escorrentía y los bajos tiempos de concentración, que varían entre unas pocas horas y 48 horas.

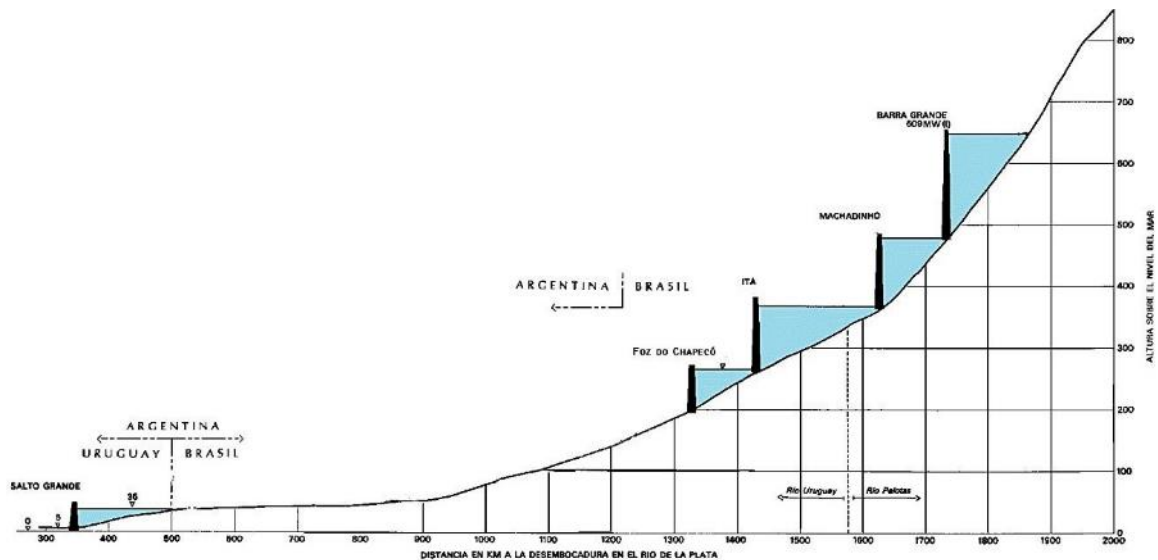


Figura 2 – Perfil longitudinal esquemático del río Uruguay

El río Uruguay en la sección de Salto Grande tiene una serie histórica de caudales en el puerto de Concordia iniciada en el año 1898. Esta serie fue base de los estudios que justificaron, técnica y económicamente, la construcción de Salto Grande. El caudal promedio en la sección del proyecto es de aproximadamente 4.600 m³/s.

A pesar de que existe una concentración en el período más lluvioso (entre abril y octubre) las crecidas en la región pueden ocurrir, en principio, en cualquier mes del año. La ocurrencia de las crecidas está condicionada principalmente por dos factores: la intensidad de la lluvia y la topografía. La combinación de estos factores determina la formación de las ondas de crecida en forma diferente en cada uno de los tramos de la cuenca:

- En la parte superior de la cuenca, que presenta pendientes altas y tiempos de concentración pequeños, las crecidas están relacionadas con precipitaciones muy intensas y localizadas.
- Por el contrario, la parte media de la cuenca presenta menores pendientes y las crecidas están relacionadas con precipitaciones de larga duración y de gran extensión. Por sus características y ubicación, su respuesta de salida en Paso de los Libres no difiere substancialmente del provocado por la cuenca alta en dicha sección.

- La parte inferior de la cuenca o cuenca inmediata presenta precipitaciones generalizadas y sostenidas en el tiempo. Por su localización, su respuesta se hace sentir rápidamente en Salto Grande y sus efectos se pueden superponer a los ya provocados en Paso de los Libres.

En la Tabla 1 se presentan las diez crecidas máximas registradas desde 1980 hasta 2014. En particular, el máximo registrado desde 1898 es de 37.714 m³/s (año 1992). El caudal mínimo registrado desde el mismo año es de 109 m³/s, el cual se produjo en el año 1945.

Tabla 1 – Crecidas máximas – Período 1980 – 2014 (Fuente: SN2)

Año	Caudal pico (m ³ /s)	Volumen (Q> 20000 m ³ /s)
1983	34159	11036
1986	31635	5074
1987	25043	2070
1990	30285	6290
1992	37714	8230
1997	31356	14444
2002	25057	3581
2005	24522	1169
2009	29730	8413
2014	32977	5795

2.2 COMPLEJO HIDROELÉCTRICO SALTO GRANDE

La obra civil incluye una presa de 69 metros de altura desde su fundación y 39 metros sobre el nivel del río que forma un embalse de 78.300 hectáreas, dos salas de máquinas interconectadas, y un puente internacional, vial y ferroviario. La Figura 3 presenta una planta general de las obras principales y en la Figura 4 una foto aérea de las obras.

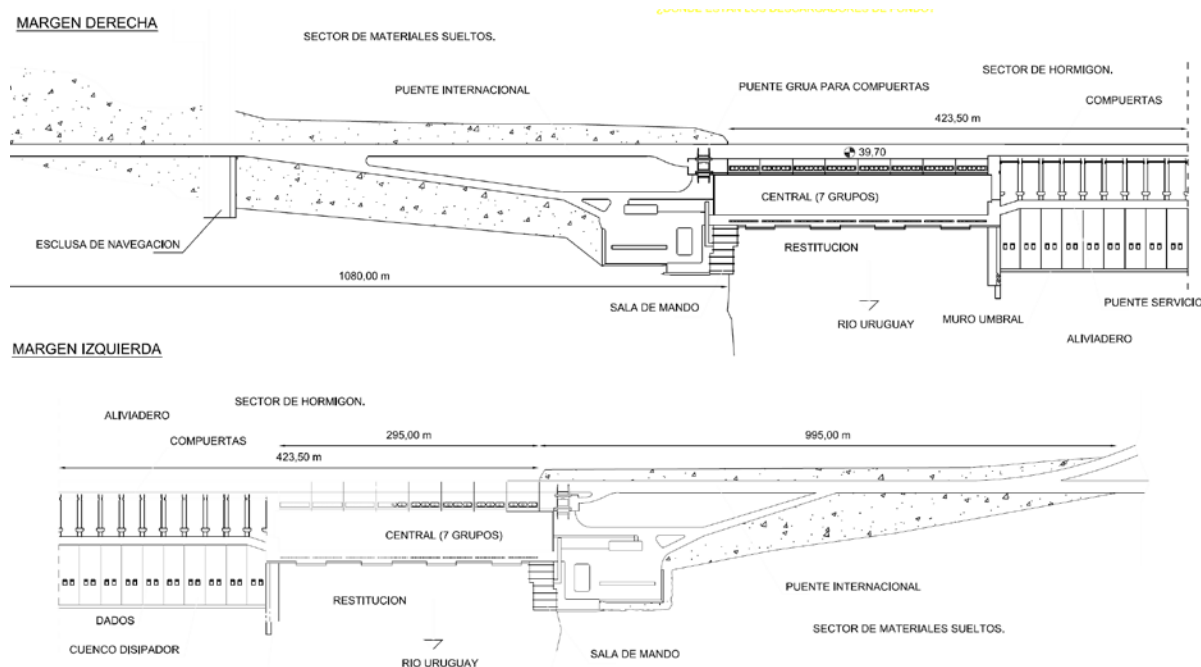


Figura 3 – Planta general de las obras principales



Figura 4 – Foto aérea de las obras principales

El Complejo tiene un vertedero central de 361 metros de largo (19 vanos regulados por compuertas) cuya función es evacuar el agua no utilizada para la generación. La capacidad de descarga del vertedero es de unos 57.300 m³/s para el nivel máximo extraordinario.

La central tiene una capacidad instalada de 1.890 MW y su capacidad de turbinado de Salto Grande de unos 8.400 m³/s. Cuando se supera este caudal, es necesario abrir los vertederos para evacuar el excedente, si no hay capacidad de almacenamiento disponible. La presa cuenta además con dos escalas de peces con esclusas automáticas.

El espejo de agua de Salto Grande, a la cota nominal de operación de 35,00 m, cubre una superficie de 780 km², tiene una longitud de 140 km. y un volumen total de 5.500 hm³.

2.3 REVISIÓN DE ANTECEDENTES

Como parte de esta consultoría se revisan varios documentos relacionados a la hidrología del río Uruguay, al Plan de Acción Durante Emergencias (PADE) y a las operaciones previstas durante crecientes extraordinarias del río Uruguay.

La documentación relacionada a la hidrología de extremos del río Uruguay es muy completa y actualizada. CTMSG posee varios estudios donde se analizan en detalle los posibles eventos

hidrometeorológicos extremos que puedan ocurrir en la cuenca del río Uruguay y puedan potencialmente representar algún riesgo ya sea a las obras o las zonas aguas abajo del proyecto.

Por parte del BID y de la CTM fueron puestos a disposición los siguientes documentos:

- a. **“Crecida Máxima Probable, Normas de Operación y Plan de Acción Durante Emergencias” – Realizado por EVARSA-INCOCIV UTE en 2011.**
 - a. ***Estudio de Crecidas - Informe Final*** (Cuatro volúmenes)
 - b. ***Análisis de Frecuencia de Crecidas del Río Uruguay en Salto Grande - Informe Final***
 - c. ***Sistema de Información Geográfica – SIG - Informe Final***
 - d. ***Criterios y Procedimientos para Operación de Crecidas y Revisión del Manual de Uso del Agua - Informe Final***
 - e. ***Propuesta de Estrategia de Comunicación Institucional - Informe Final***
 - f. ***Plan De Acción Durante Emergencias Presa de Salto Grande - Informe Final***

Incluye:

- TOMO I - MANUAL PADE – V0
- TOMO II – Anexos (1 a 11)
- TOMO III – Informe para Protección Civil

- b. **“Manual de Aguas”**
- c. **“Programa de Vertimiento”**
Elaborado por: Eduardo Zamanillo- Nicolás Failache (CTMSG)
Fecha de Aprobación: 9/20/2016
- d. **“Plan de Acción ante Creciente”**
Elaborado por: E. Zamanillo, D. Raimondo; C. Prieto; M. Irigoyen (CTMSG)
Documento Borrador.
- e. **“Plan de Emergencias”**
- f. **“Estudios para el Diagnostico y Modernización de la Central Hidroeléctrica Salto Grande”. SN1.** Elaborado por MWH-IATASA. Año 2016.
- g. **“Estudios Hidrológicos del Complejo y de la Cuenca del Río Uruguay” SN2**
Elaborado por: DHI-OFITECO-SCI Año 2015 para el BID y CTMSG.

Otros documentos de referencia recibidos:

- a. **“Programados Auscultación - Actividades planificadas en sistema de gestión de activos”**
Elaborado por: Gerencia de Ingeniería y Planeamiento – Área Civil – Sector Auscultación y vigilancia
Junio 2018.
- b. **“Manual de instrumentación”**
Elaborado por: Sector Auscultación y Vigilancia- Gerencia de Ingeniería y Planeamiento
Revisión 2 - Octubre 2012.
- c. **“Operación del Vertedero, Control del Nivel del Embalse”**
Elaborado por: Raúl Amoia (CTMSG)
Fecha de Aprobación: 8/18/2016
- d. **“Pronóstico Hidrológico”**
Elaborado por: Eduardo Zamanillo (CTMSG)

En las siguientes secciones se presentan algunos comentarios sobre los documentos recibidos.

2.3.1 “Crecida Máxima Probable, Normas de Operación y Plan de Acción Durante Emergencias”

Este estudio presenta una serie de informes que se resumen a continuación. El estudio fue realizado por las consultoras EVARSA e INCOCIV UTE en año 2011.

2.3.1.1 Estudio de Crecidas

El documento “Estudio de Crecidas” está dividido en cuatro volúmenes.

Volumen 1 incluye:

- Modelo hidrológico.

Para el estudio de crecidas fue implementado un modelo hidrológico mediante la utilización del software HEC-GeoHMS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. El documento describe la implementación del modelo para toda la cuenca del río Uruguay hasta la sección de la presa Salto Grande con un área total de unos 250 000 Km².

- Modelo hidrodinámico.

Para el estudio de crecidas fue implementado un modelo hidrodinámico mediante la utilización del software HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. El documento describe la implementación del modelo para los tramos desde la presa Itá (Brasil) hasta la presa Salto Grande y desde la presa de Salto Grande hasta Nueva Palmira (desembocadura en el río de la Plata) con una extensión total de unos 1500 km.

El objetivo básico del desarrollo de un modelo hidrodinámico calibrado para grandes crecidas es ser utilizado para el ruteo hidrológico de la Crecida Máxima Probable (CMP) producida por la Precipitación Máxima Probable de la cuenca y para la propagación de las ondas de caudales producidas por la falla de las presas.

- Calibración y verificación del modelo.

El capítulo presenta las consideraciones asumidas para la calibración del modelo hidrológico-hidrodinámico. Los escenarios de calibración fueron basados principalmente en los registros históricos de las crecidas de los años 1983, 1992, 1997 y 1998. Al momento de elaboración de los estudios estas crecidas eran las más recientes e importantes. Para la verificación de los parámetros calibrados se utilizaron los registros de las crecidas de los años 1959, 1986 y 1990.

Volumen 2 incluye:

- Modelo de rotura de presas.

El documento presenta el estudio de la hipotética rotura de la presa de Salto Grande y de las presas localizadas aguas arriba. El documento presenta la identificación de las seis principales presas existentes aguas arriba, todas ubicadas en territorio brasileño. Se analizan

las características y los potenciales modos de falla, la formación de brechas y los hidrogramas resultantes.

Volumen 3 incluye:

- Crecidas extraordinarias y crítica.

En este capítulo el informe presenta las simulaciones de las tormentas históricas maximizadas identificadas durante los estudios de la Precipitación Máxima Probable (PMP).

- Crecida máxima probable.

A partir del estudio antecedente (Elaborado por *Hidroestructuras* en el 2006), la CMP fue calculada con el ruteo de la PMP estimada a partir de la combinación de las tormentas maximizadas ocurridas en 1959 y 1983. Esas tormentas son las mayores registradas para la cuenca inmediata (1959) y para la cuenca alta (1983). El procedimiento seguido para combinar las tormentas tuvo en cuenta el desplazamiento de las tormentas de su posición original tal que maximicen el caudal generado y la sincronización de las tormentas de cuenca alta y cuenca baja, de manera que los caudales pico lleguen juntos a Salto Grande.

El hidrograma resultante (ver Figura 5) alcanza un pico de caudal ingresante al embalse de Salto Grande, caracterizado por la sección denominada Federación, de unos 74000 m³/s presentando un gran volumen.

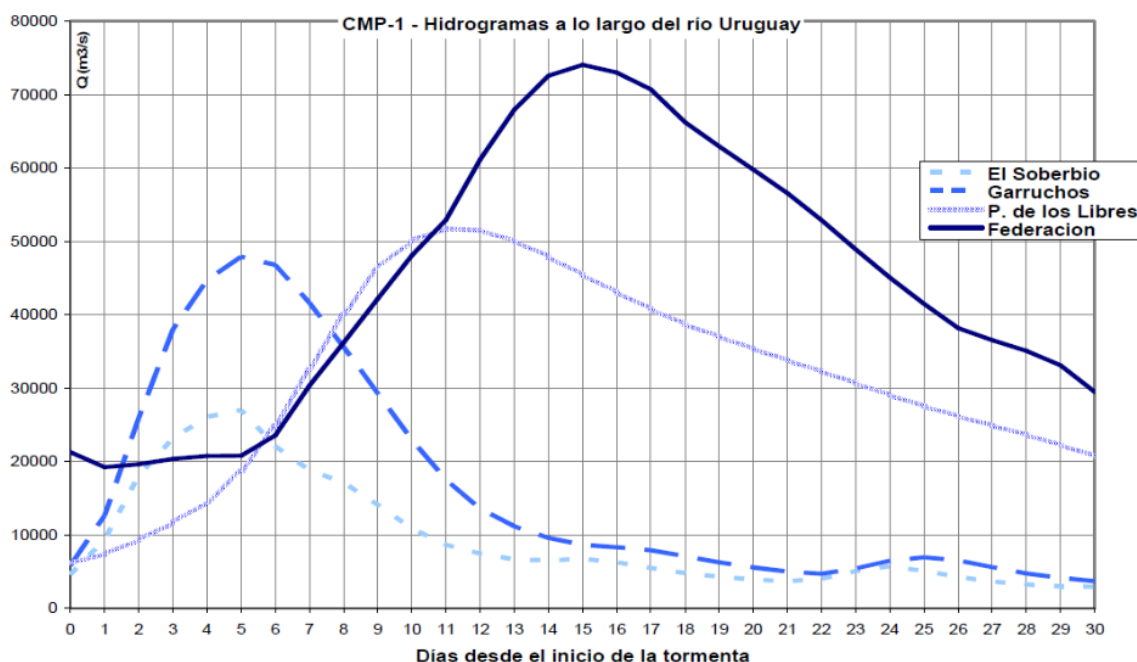


Figura 5 – Hidrograma de la CMP (EVARS-INCOCIV, 2011)

El capítulo concluye que, ante la ocurrencia de una crecida con la magnitud de la CMP determinada, la capacidad de laminación no sería suficiente y el nivel máximo extraordinario de operación de la presa sería superado.

- Escenarios de riesgo.

El informe presenta la identificación de diversos escenarios para elaborar los mapas de inundación. Dichos Escenarios de riesgo a considerar para la elaboración del PADE fueron los siguientes:

- Rotura de la presa de Salto Grande durante la atenuación de la CMP.
- Caudales de operación durante crecidas, intermedia entre la condición hidráulica mínima de emergencia y la CMP.
- Rotura por sobrepaso durante la atenuación de una crecida por falla en los órganos de evacuación.
- Rotura de la presa por erosión interna o falla en estribos o fundaciones.
- Rotura de las presas ubicadas aguas arriba, también con buen tiempo y con mal tiempo (individualmente y efecto cascada).
- Desembalse rápido para tres condiciones de cota de embalse.
- En todos los casos que correspondía se consideraron escenarios con buen y mal tiempo.

Se estudiaron por lo tanto seis escenarios principales, los cuales fueron luego desdoblados en sub-escenarios de acuerdo a las condiciones hidrológicas, resultando en total 32 casos, a saber:

- **Escenario A:** Rotura de la presa de Salto Grande durante la atenuación de la CMP [Pico asociado 73.947 m³/s]
- **Escenario B:** Caudales de operación durante crecidas, intermedios entre la condición hidráulica mínima de emergencia y la CMP.
 - Escenario B-1: Caudal de condición hidráulica mínima.
 - Escenario B-2: Caudales de operación durante la crecida 1997/98 [Pico asociado 25.103 m³/s].
 - Escenario B-3: Caudales de operación durante la crecida con tiempo de retorno de 100 años (TR100) [Pico asociado 35.000 m³/s].
 - Escenario B-4: Caudales de operación durante la crecida con tiempo de retorno de 1000 años (TR1000) [Pico asociado 50.000 m³/s].
- **Escenario C:** Rotura por sobrepaso durante la atenuación de una crecida por falla en los órganos de evacuación [Pico asociado 46.407 m³/s].
- **Escenario D:** Rotura de la presa por erosión interna o falla en estribos o fundaciones
 - Escenario D-1: rotura por erosión interna con mal tiempo [Pico asociado 53.332 m³/s]
 - Escenario D-2: rotura por erosión interna con buen tiempo.
- **Escenario E:** Rotura de las presas ubicadas aguas arriba (individualmente y efecto cascada).

Estos escenarios consideran la rotura de las presas de Barra Grande, Campos Novos, Machadinho, Itá, Passo Fundo y Foz do Chapecó.

 - Escenario E-1 (Barra Grande) con mal tiempo [Pico asociado 90.585 m³/s].
 - Escenario E-2 (Campos Novos) con mal tiempo [Pico asociado 88.642 m³/s].
 - Escenario E-3 (Machadinho) con mal tiempo [Pico asociado 85.701 m³/s].
 - Escenario E-4 (Itá) con mal tiempo [Pico asociado 85.701 m³/s].
 - Escenario E-5 (Passo Fundo) con mal tiempo [Pico asociado 85.061 m³/s].
 - Escenario E-6 (Foz do Chapecó) con mal tiempo [Pico asociado 84.130 m³/s].
 - Escenario E-7 a E-12 con buen tiempo.
 - Escenario E-13 a E-18 con mal tiempo y propagación con buen tiempo.
- **Escenario F:** Desembalse rápido para tres condiciones de cota de embalse.

- Escenario F-1: desembalse rápido a partir de cota 35,50 con buen tiempo.
- Escenario F-2: desembalse rápido a partir de cota 35,50 con mal tiempo [Pico asociado 48.050 m³/s].
- Escenario F-3: desembalse rápido a partir de cota 36,50 con mal tiempo [Pico asociado 50.950 m³/s].
- Escenario F-4: desembalse rápido a partir de cota 37,50 con mal tiempo [Pico asociado 54.150 m³/s].
- **Escenario G: Rotura de la presa de hormigón.**
 - Escenario G-1: rotura de la presa de hormigón con mal tiempo [Pico asociado 50.398 m³/s].
 - Escenario G-2: rotura de la presa de hormigón con buen tiempo.

Luego se presenta un resumen de las afectaciones que provocan los diferentes escenarios en las distintas localidades en forma de tabla. La siguiente Figura 6 reproduce como ejemplo una de las tablas para la localidad de Concordia.

Localidad:		CONCORDIA				
Progresiva	[m]	331670				
Cota Cero Escala	[m MOP]	1,81				
Nivel para 20000 m ³ /s	[m] (2)	12,77				
Cota para 20000 m ³ /s	[m MOP]:	14,58				
Area		RURAL	URBANO			
Escenarios		Cota Máxima [m MOP]	Nivel Máximo Local [m] (1)	Altura de la onda [m] (2)	Tiempo de arribo de la onda [dd hh:mm] (3)	Tiempo al pico [dd hh:mm] (3)
A: Rotura de la presa de Salto Grande durante la atenuación de la CMP.		25,84	24,03	11,26	00 00:29	03 08:35
B-2: Corresponden a Hidrogramas ingresantes al Embalse de Salto Grande para las crecidas 1997-1998		16,9	15,09	2,32	00 01:02	02 06:52
B-3: Corresponden a Hidrogramas ingresantes al Embalse de Salto Grande para 100 años de tiempo de retorno		19,44	17,63	4,86	00 01:12	05 02:37
B-4: Corresponden a Hidrogramas ingresantes al Embalse de Salto Grande para 1000 años de tiempo de Retorno		22,23	20,42	7,65	00 01:22	04 13:53
C: Rotura por sobrepaso durante la atenuación de una crecida por ganos de evacuación		21,72	19,91	7,14	00 00:32	03 11:54
D-1: Rotura de la presa por erosión interna o falla en estribos o fundaciones.		22,52	20,71	7,94	00 00:31	00 23:19
E-1 Rotura de Barra Grande con mal tiempo		28,14	26,33	13,56	00 00:18	07 12:16
E-2 Rotura de Campos Novos con mal tiempo		27,90	26,09	13,32	00 01:54	07 12:39
E-3 Rotura de Machadinho con mal tiempo		27,53	25,72	12,95	00 01:41	07 03:01
E-4 Rotura de Itá con mal tiempo		27,60	25,79	13,02	00 00:54	07 02:29
E-5 Rotura de Passo Fundo con mal tiempo		27,45	25,64	12,87	00 00:43	06 21:11
E-6 Rotura de Foz do Chapecó con mal tiempo		27,34	25,53	12,76	00 02:02	06 21:08
F-2: Desembalse con "mal tiempo" aguas arriba, con caudal de Ingreso de 100 años de recurrencia y cota de embalse inicial de 36.50 m.		21,66	19,85	7,08	00 00:39	01 15:28
F-3: Desembalse con "mal tiempo" aguas arriba, con caudal de Ingreso de 100 años de recurrencia y cota de embalse inicial de 35.50 m.		22,12	20,31	7,54	00 00:59	01 15:13
F-4: Desembalse con "mal tiempo" aguas arriba, con caudal de Ingreso de 100 años de recurrencia y cota de embalse inicial de 37.50 m.		22,61	20,80	8,03	00 01:44	01 15:37
G-1: Rotura de la presa de hormigón con mal tiempo		21,97	20,16	7,39	00 00:55	01 07:01

Nota (1): Máximo nivel de agua en relación al cero de la escala hidrométrica local
Nota (2): Altura de la onda respecto de la cota del pelo de agua para el caudal estacionario de 20000 m³/s
Nota (3): Respecto del comienzo de la operación en Salto Grande

Figura 6 – Tabla de afectaciones por Localidad (Ejemplo: Concordia)

A efectos de elaborar mapas de inundación, como envolvente de diferentes escenarios, se realizaron simulaciones del modelo en régimen permanente, las que se resumen a continuación:

a) aguas abajo de la presa Salto Grande. Caudales de 20.000, 30.000, 40.000, 50.000, 60.000, 70.000, 80.000 y 90.000 m³/s.

b) aguas arriba de la presa Salto Grande.

- b1. Caudales de 20.000 y 40.000 m³/s y cota 35,50 m en presa.
- b2. Caudales de 20.000, 40.000 y 60.000 m³/s y cota 36,50 m en presa.
- b3. Caudales de 20.000, 40.000 y 60.000 m³/s y cota 37,50 m en presa.

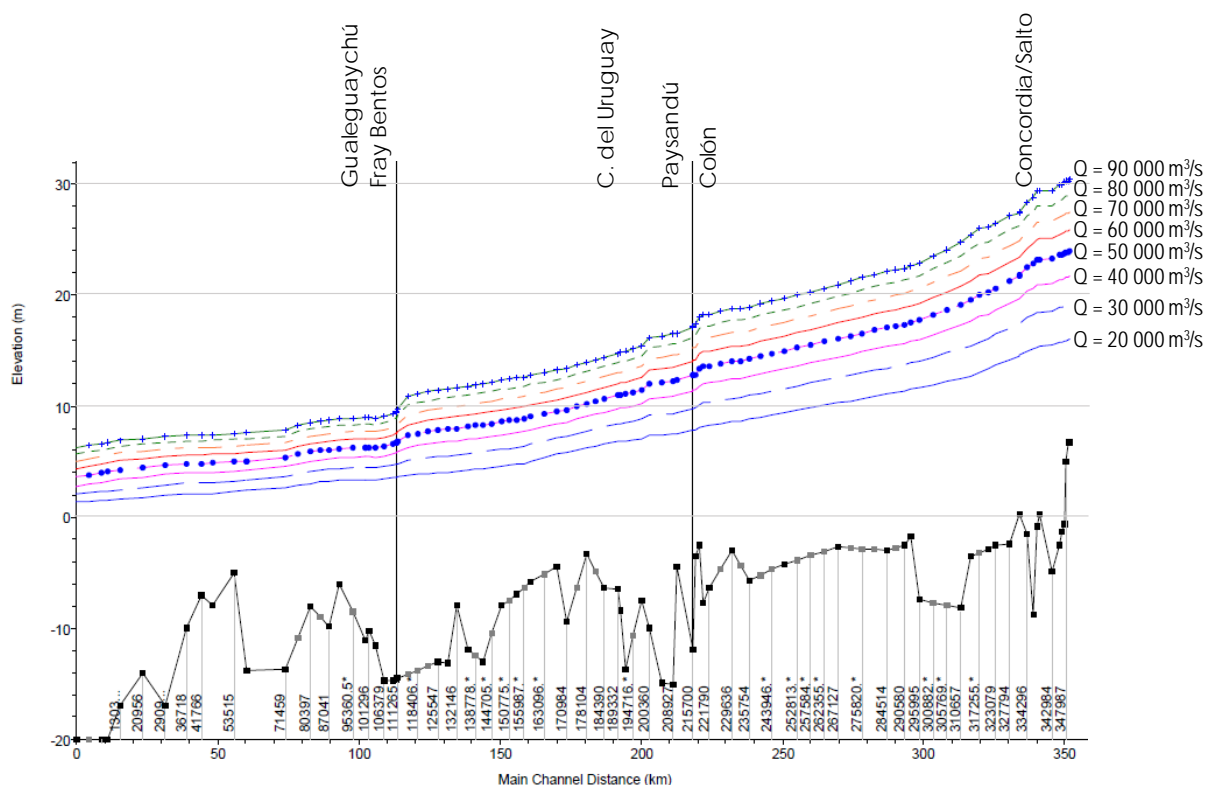


Figura 7 – Envoltente de niveles aguas abajo Salto Grande para diferentes caudales en régimen permanente

Volumen 4 incluye:

- | | |
|--------------|--|
| – Anexo I | Relevamientos topográficos. |
| – Anexo II | Datos disponibles. |
| – Anexo III | Ajustes realizados a los eventos de calibración. |
| – Anexo IV | Listado de pluviómetros utilizados. |
| – Anexo V | Comentarios puntuales sobre los resultados de calibración. |
| – Anexo VI | Datos de evapotranspiración. |
| – Anexo VII | Calibración del modelo hidrodinámico. |
| – Anexo VIII | Cálculos estadísticos. |
| – Anexo IX | Hidrogramas de rotura de presas. |

2.3.1.2 Análisis de Frecuencia de Crecidas del Río Uruguay en Salto Grande

En el informe se presenta un análisis estadístico de extremos a partir de la serie de caudales diarios del período 1898-2005 (ver Figura 8). A partir de un análisis muestral de caudales máximos, de un ajuste y selección de distribuciones, de un análisis de volúmenes y duraciones:

- Se determina el caudal decamilenario y su intervalo de confianza al 95%.

- Se obtienen hidrogramas de diseño para los tiempos de retorno del mismo riesgo del caudal máximo.

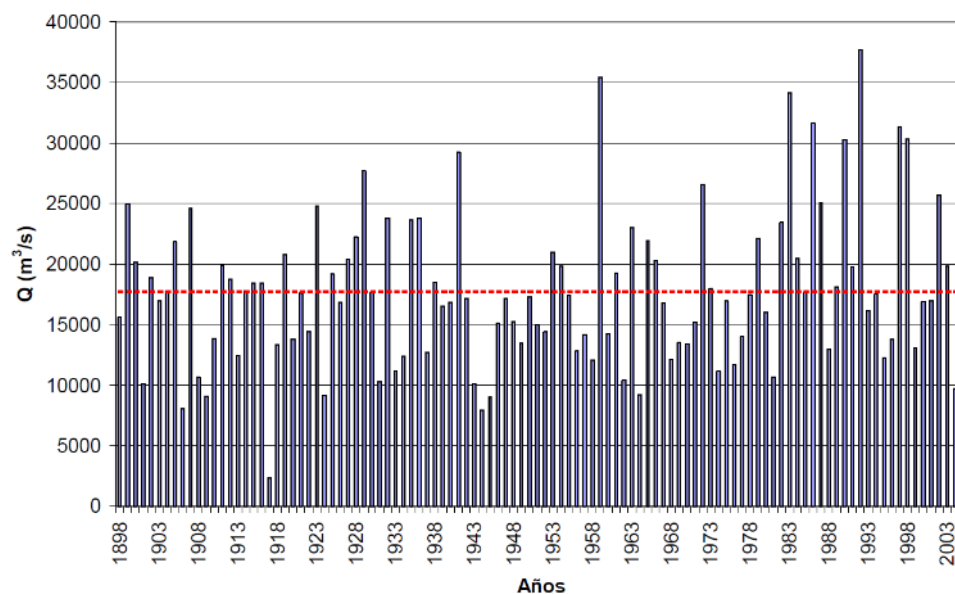


Figura 8 – Caudales diarios máximos anuales (1898-2005).

La distribución de densidad de probabilidad propuesta para la serie de extremos es la de Gumbel con parámetros ajustados por el método de momentos ponderados por probabilidad a partir de la serie de caudales máximos medios diarios anuales del período 1971-2005. Los resultados del ajuste para diferentes períodos de recurrencia se reproducen en la siguiente Figura 9.

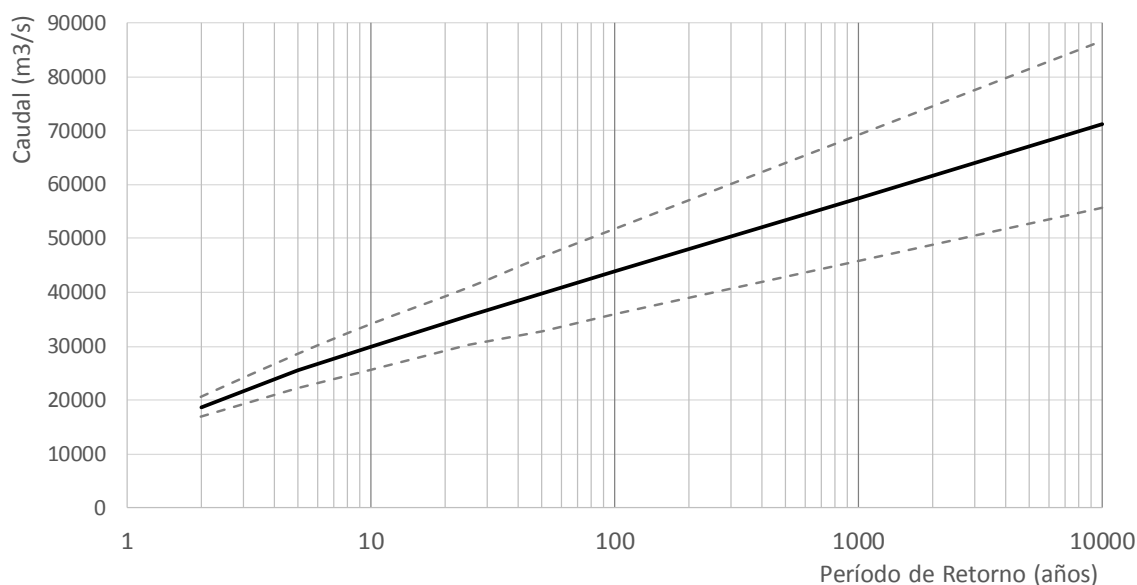


Figura 9 – Caudales máximos para diferentes períodos de retorno y un intervalo de confianza del 95%. (Fuente: EVARSA-INCOCIV, 2011)

2.3.1.3 Sistema de Información Geográfica – SIG

El informe presenta la metodología empleada mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Presenta la recopilación de información geográfica utilizada y el desarrollo de un modelo digital de elevación con el cual es posible el trazado de mapas de inundación.

A partir de las envolventes de niveles para diferentes caudales en régimen permanente se trazaron una serie de mapas que incluyen zonas urbanas y rurales.

Se presentan mapas de inundación urbanas para las 19 localidades:

Margen izquierda (Uruguay)	Margen derecha (Argentina)
Bella Unión	Monte Caseros
Belén	Santa Ana
Constitución	Federación
Salto	Concordia
Paysandú	Puerto Yerúa
Nuevo Berlín	Nueva Escocia
Fray Bentos	Colón
Mercedes	Concepción del Uruguay
Soriano	Gualeduaychú
Nueva Palmira	

2.3.1.4 Criterios y Procedimientos para Operación de Crecidas y Revisión del Manual de Uso del Agua

El informe presenta una revisión y determinación de las normas operacionales que deben seguirse para la operación del CHSG durante la ocurrencia de crecidas extraordinarias, críticas y la CMP.

Presenta simulaciones de maniobras de operación para diferentes crecidas caracterizadas por un período de recurrencia. Presenta también una estimación de las implicancias socio-económicas de las normas de operación utilizando una simulación de tránsito de crecidas por el embalse.

Se presenta además una revisión del contenido del Manual de Uso del Agua proponiendo algunos ajustes a partir de los resultados del estudio.

2.3.1.5 Propuesta de Estrategia de Comunicación Institucional

El documento presenta una propuesta de estrategia de comunicación institucional con el objetivo de definir qué acciones, con qué modalidad e involucrando a cuáles actores institucionales es necesario comunicar el contenido del PADE. Propone una serie de acciones de transferencia, socialización y capacitación que involucran a niveles internos de la organización CTMSG y a nivel externo autoridades de las poblaciones aguas abajo y aguas arriba de la presa.

A nivel externo propone un listado de actores e interlocutores relevantes que deben formar parte del diagrama de avisos y emergencias:

- Defensa Civil, en Argentina,
- Sistema Nacional de Emergencias en la R.O.U.,
- Comité Departamental de Emergencia de Salto (ROU),
- Defensa Civil de Entre Ríos (R.A.),
- Defensa Civil de Concordia (R.A.),

- Prefectura Naval Argentina,
- Prefectura Nacional Naval – Salto (ROU),
- Autoridades locales municipales o comunales vinculadas a la defensa civil o gestión de la emergencia con jurisdicción en: Concordia (ER), Colón (ER), Concepción del Uruguay (ER), Federación (ER), Gualeguaychú (ER), Puerto Yerúa (Departamento de Concordia, ER), Santa Ana (Departamento Federación, ER), Villa Paranacito (Departamento Islas, (ER), Nueva Escocia (ER) y Monte Caseros (Corrientes) en la República Argentina y Salto, Paysandú, Belén, Fray Bentos, Nuevo Berlín, Villa Soriano, Constitución, Nueva Palmira y Bella Unión, en la República Oriental del Uruguay.

2.3.1.6 Plan De Acción Durante Emergencias Presa de Salto Grande

El documento es la base para la elaboración del PADE del CHSG. La estructura de la propuesta presenta tres tomos. El Tomo I es el manual para la elaboración del PADE donde se presenta la estructura que debe completarse y actualizarse periódicamente con todos los datos requeridos. El Tomo II presenta una serie de Anexos y el Tomo III un informe para la Protección Civil.

Los Anexos del Informe son los siguientes:

- Anexo 1 – Descripción General de la Presa.
- Anexo 2 – Características Técnicas del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande.
- Anexo 3 – Caracterización Hidrológica de Salto Grande.
- Anexo 4 – Presas Aguas Arriba de Salto Grande.
- Anexo 5 – Glosario.
- Anexo 6 – Instrumentación y Sistemas de Monitoreo.
- Anexo 7 – Descripción de Anomalías.
- Anexo 8 – Sismo.
- Anexo 9 – Modelación Hidrodinámica de Escenarios de PADE.
- Anexo 10 – Mapas de Inundación.
- Anexo 11 – Guía de Entrenamiento del Personal.

Más detalles sobre este documento se discuten en el Capítulo 3 de este informe.

2.3.2 “Manual del Agua”

La operación del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande dispone de un Manual del Agua elaborado por CTMSG en el 2006 y acordado por ambos países, que establece los Modos y Normas de Operación para distintas condiciones, incluyendo Operación Energética, Operación en Crecida, Operación en Estiaje y Operación Especial.

Este manual establece las condiciones de operación necesarias para evacuar la CMP, incluyendo los niveles de espera de la misma, para atenuar los caudales ingresantes. Dentro del manual se incluyen los siguientes elementos:

- Niveles y caudales.
- Modos de operación.
- Elaboración de pronósticos hidrológicos.
- Suministro de información a terceros.

En particular, en relación con las operaciones durante crecidas establece tres niveles de crecidas: Ordinaria, Extraordinaria y Crítica. En la siguiente Figura 10 se presenta un extracto del manual de

aguas donde a partir de la información hidrometeorológica colectada y del pronóstico hidrológico, queda definido el modo operacional correspondiente. Se destaca la relevancia de los condicionamientos impuestos por las ciudades ubicadas aguas abajo.

El caudal de modulación es de 12.000 m³/s y el Nivel Aguas Abajo de Flexibilización Operativa es de 12,00 m escala Puerto de Concordia y 12,30 m de la escala Puerto de Salto.

3.2. Modo de Operación en Crecida
Se da cuando los Caudales de Aporte o Pronóstico generan una programación con Caudal Aguas Abajo superior al Caudal de Modulación.

3.2.1 Crecida Ordinaria: *Es aquella en que los Caudales de Aporte o Pronóstico, generan una programación con las siguientes dos condiciones:*

- Caudal Aguas Abajo superior al Caudal de Modulación.
- No se supera el Nivel Aguas Abajo de Flexibilización Operativa.

3.2.2 Crecida Extraordinaria: *Es aquella en que el Caudal Pronóstico genera una programación donde el Nivel Aguas Abajo de Flexibilización Operativa resultará superado.*

3.2.3 Crecida Crítica: *Aquella en que considerando*

- Los Caudales de Aporte y Pronóstico.
- El estado de la cuenca.
- La probabilidad de ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos.

Su desarrollo puede alcanzar una magnitud cercana o equivalente a la de diseño.

Figura 10 – Extracto Manual del Agua – Definición de los modos de operación

En la Figura 11 se presenta un extracto del manual de aguas donde se dan detalles de los condicionamientos impuestos por los niveles aguas arriba y aguas abajo para los tres diferentes niveles de crecidas.

4.2. Modo de Operación en Crecida
Se procurará, en la medida de lo posible, atenuar los efectos negativos de las crecientes;
Se deben respetar las pautas de alerta y acción establecidas en el PADE, (Anexo A).

4.2.1. Crecida Ordinaria: *Se podrá hacer uso del volumen de embalse disponible entre el Nivel Mínimo de Operación Extraordinaria y los Niveles de Servidumbre.*
El Caudal Aguas Abajo será tal que garantice, sobre la base del Caudal Pronóstico, que no se superará en ningún momento el Nivel Aguas Abajo de Flexibilización Operativa.

4.2.2. Crecida Extraordinaria: *Se procurará efectuar una atenuación de los efectos negativos de este tipo de crecida, pudiendo superarse el Nivel Nominal, y alcanzar los Niveles de Servidumbre, y/o llegar al Nivel Mínimo de Funcionamiento de Vertederos.*
El nivel máximo del embalse está restringido por lo indicado en el Anexo B, «Aspectos relacionados con la creciente de diseño»
La producción de energía quedará supeditada totalmente al cumplimiento de las pautas de operación de crecida extraordinaria priorizando la seguridad de la presa y de los ribereños.
Finalizada la condición de Crecida Extraordinaria y se pase a la de Crecida Ordinaria se debe volver a operar, tendiendo a los indicados por los Niveles de Servidumbre.

4.2.3. Crecida Crítica: *Las pautas operativas para el manejo de las crecidas críticas deben formar parte del Plan de Acción Durante Emergencias (PADE).*
Cuando se detecten condiciones hidrometeorológicas necesarias para la ocurrencia de una crecida crítica, se debe programar la operación del embalse de modo que su nivel no supere el Nivel Crítico para una Crecida Extraordinaria. Si se encontrara por encima de ese Nivel, se debe retornar lo más rápidamente posible a el.
La operación debe cumplir en todo momento las pautas indicadas en el Anexo B «Aspectos relacionados con la creciente de diseño».

Figura 11 – Extracto Manual del Agua – Modo de operación en Crecida

Se destaca que para el manejo de la denominada “Crecida Crítica” (mayor a una considerada como Extraordinaria”) se establece un nivel máximo de operación del embalse y que las pautas operativas “*deben formar parte del PADE*”.

En relación a la denominada “Creciente de Diseño”, el Anexo B del documento establece lo siguiente:

La probabilidad de ocurrencia de la creciente de diseño es sumamente baja, ya que el valor máximo se obtiene por la ocurrencia simultánea de dos eventos de baja probabilidad de ocurrencia individual.

La Creciente de diseño no puede producirse sin que se cumplan una serie de condiciones hidrológicas.

En función de lo expresado las condiciones necesarias para la ocurrencia de la creciente de diseño son:

- a) Tienen que ocurrir en la cuenca alta y media eventos hidrometeorológicos capaces de producir en la sección Paso de los Libres una creciente con un pico superior a los 30.000 m³/seg.*
- b) Simultáneamente a la ocurrencia y propagación hacia aguas abajo de la crecida indicada en el punto anterior, deben ocurrir precipitaciones en la cuenca inmediata suficientes para llevarla a un estado de saturación total.*
- c) Simultáneamente a la llegada del caudal de pico a Paso de los Libres, debería producirse en la cuenca inmediata una tormenta con una precipitación media del orden de los 300 mm.*

De las diferentes simulaciones realizadas para analizar el paso de la CMP se determinó que resulta de fundamental importancia la siguiente recomendación: «Cuando se estén cumpliendo la condiciones hidrológicas necesarias para la ocurrencia de la creciente de diseño, no se debe planificar ni mantener el embalse por encima de la cota 36,00 m.»

Figura 12 – Extracto Manual del Agua – Anexo B – Creciente de diseño

Como se ve, el Manual del Agua establece que en caso de que se presente una crecida crítica que podría derivar en condiciones cercanas a la crecida de diseño, la misma se debe esperar con un nivel de embalse no superior a la cota 36,00 m a los efectos de conservar un cierto volumen de espera que permita laminar el pico de la crecida. Esto implica, para esas condiciones hidrológicas, abrir completamente todos los órganos de descarga antes de superar la cota 36 m.

Sobre los avisos e información a terceros establece la realización de comunicados de rutina y de información especial. Los comunicados de rutina se pueden consultar en la página WEB¹ (ver ejemplo en Figura 13). En la información publicada se incluye todo lo relacionado a la operación del embalse, la central hidroeléctrica, el caudal evacuado y los datos de la red hidrológica.

¹ <https://www.saltogrande.org>.

COMISION TECNICA MIXTA DE SALTO GRANDE
Gerencia de Ingenieria y Planeamiento - Area Hidrologia



COMUNICADO FECHA: 02/07/2018

Aporte últimas 24hs (m3/s)	3236
Evacuado a la hora 08:00 (m3/s)	1865
Nivel del embalse hora 08:00 (m)	33.10

Hasta la hora 15:00 del día de mañana 03/07/2018 el caudal evacuado variará entre 1.500 y 5.000 m3/s

Cotas máxima y mínima referidas al puerto de Concordia: 4.00 y 0.80 metros respectivamente

Cotas máxima y mínima referidas al puerto de Salto: 4.30 y 1.10 metros respectivamente.

El nivel del embalse para los próximos días tenderá a 34.00 m.

Vertedero Cerrado

ESTE COMUNICADO QUE SE EMITE DIARIAMENTE, PUEDE SER VARIADO POR RAZONES IMPREVISTAS O EMERGENCIAS EN CUALQUIER MOMENTO.
SE PODRA ACCEDER A LA VERSION ACTUALIZADA COMUNICANDOSE TELEFONICAMENTE A LOS SIGUIENTE NUMEROS.

Prefecturas	
Prefectura Salto Grande (R.A):	0345-4226089
Prefectura Concordia (R.A):	0345-4212404
Prefectura Salto (R.O.U.):	47335275

Figura 13 – Ejemplo de Comunicado diario para el 2 de julio de 2018

Para los avisos de información especial establece los siguientes comunicados:

6.2.1. Avisos de Niveles de Alerta

En los casos en que, en función de operaciones previstas u operaciones especiales, se programe alcanzar los niveles de alerta, se realizarán comunicados especiales a:

- Prefectura Nacional Naval (ROU).*
- Prefectura Naval (RA).*
- Puerto Luis.*
- Federación.*
- Espinillar.*

6.2.2. Avisos Especiales

Cuando ocurran cambios abruptos que impliquen alteraciones importantes en los programas de generación o evacuación se darán avisos especiales a cada Prefectura y demás Organismos, indicando los niveles y la magnitud de los caudales a evacuar.

Figura 14 – Extracto Manual del Agua – Avisos – Información especial

Durante el año 2010, el Manual del Agua fue revisado por EVARSA – INCOCIV, a partir de la determinación de la CMP prevista, sugiriendo algunas modificaciones al mismo.

2.3.3 “Programa de Vertimiento”

Se dispone de una normativa inserta en el Sistema de Gestión Integral que establece las pautas para la elaboración de un Programa de Vertimiento, con la participación de los distintos sectores vinculados al mismo.

Establece que en situación de ocurrencia de crecidas extraordinarias o críticas se procura efectuar una atenuación de los efectos negativos, minimizando en la medida de lo posible los niveles que afectan a las ciudades ribereñas ubicadas aguas abajo. La Figura 15 presenta un diagrama que ilustra el procedimiento de elaboración del Programa de Vertimiento.

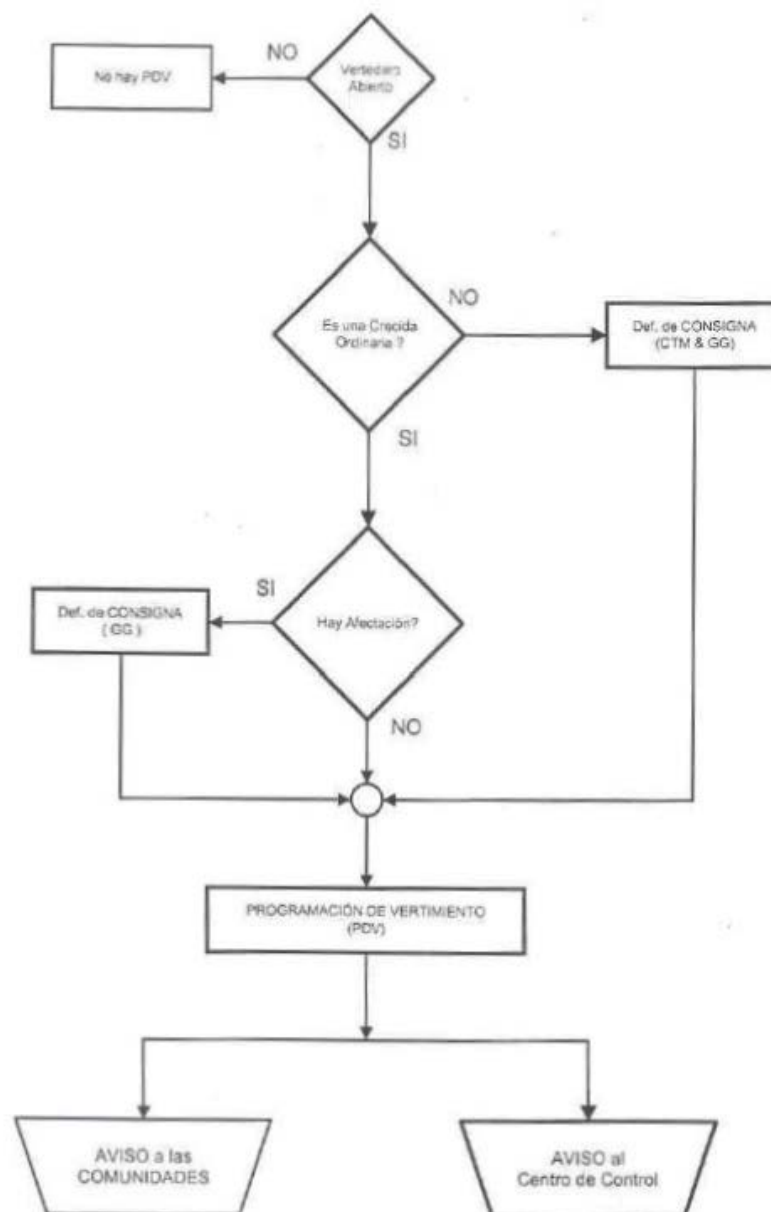


Figura 15 – Diagrama para la elaboración del Programa de Vertimiento

2.3.4 "Plan de acción ante creciente"

Elaborado por: E. Zamanillo, D. Raimondo; C. Prieto; M. Irigoyen (CTMSG). Documento Borrador.

Ha sido desarrollado un Plan de Acción ante Creciente que establece las acciones a realizar por los estamentos de la CTMSG que correspondan ante el aumento del nivel de restitución por encima de cotas que provocarían el ingreso de agua a la Central o pudieran comprometer las instalaciones.

El procedimiento establece distintos niveles de alerta y, asociados a cada uno de ellos, las acciones previstas. En general las acciones previstas corresponden a procedimientos internos de distintas medidas que deben ser adoptadas en las instalaciones propias del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, para su protección frente a crecidas que impliquen niveles elevados en el embalse o en su restitución.

Los niveles de alerta definidos en este documento son los siguientes:

- Alerta inicial
Situación: CR +15,30m – Q= 20.000 m³/s.
- Alerta 1
Situación: CR +18,00m – Q= 26.300 m³/s Tendencia CR +19,,20m – Q=30.000 m³/s.
- Alerta 2
Situación: CR +21,50m – Q= 36.000 m³/s Tendencia CR +22,50m – Q=42.000 m³/s
- Alerta 3
Situación: CR +23,00m – Q= 44.000 m³/s Tendencia: CR +24,00m – Q=49.000 m³/s.
- Alerta 4
Situación: CR +24,00m – Q= 46.500 m³/s Tendencia: CR +25,00 m – Q=50.500 m³/s.

Estos niveles de alerta se esquematizan en la siguiente Figura 16. Como se discutirá más adelante, esta definición de niveles de Alerta podrá ser incorporada y complementada en el PADE.

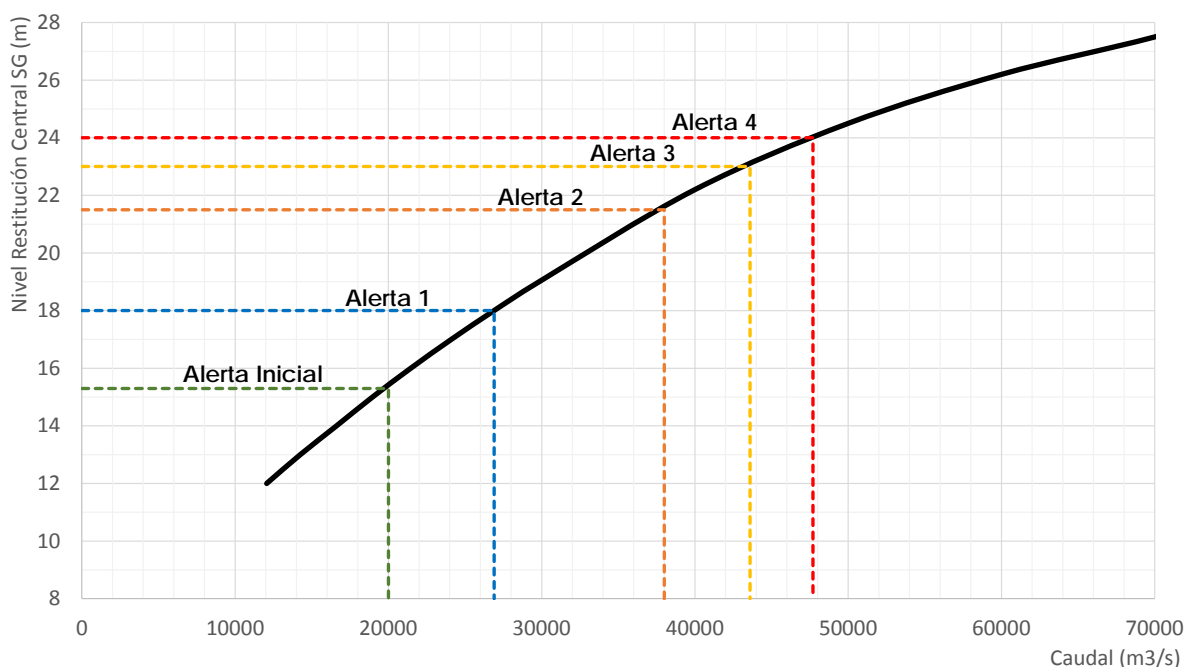


Figura 16 – Curva de restitución en Salto Grande y Niveles de Alerta

2.3.5 “Plan de Emergencias”

Se dispone dentro del Sistema de Gestión Integral del CHSG, un Plan de Emergencias que tiene como propósito instruir a todas las personas (trabajadores, contratistas, proveedores y visitas) que se encuentren en el emplazamiento cómo se debe actuar en caso de que se declare una situación de Emergencia.

Las principales causas consideradas en el plan consisten en lesiones personales y daños a la propiedad a partir de:

- Emergencias médicas.
- Incendios.
- Inundaciones.
- Derrumbes.
- Derrames, fugas.

- Otros eventos.

A su vez el Plan de Emergencias se divide por emplazamiento, según el siguiente listado:

- Complejo Hidroeléctrico.
- Subestación Colonia Elía.
- Subestación San Javier.
- Sede Buenos Aires.
- Oficina Montevideo.

La coordinación del Plan de Emergencias está asignada al Jefe de Seguridad Industrial y en su Capítulo 7 incluye la identificación de las distintas emergencias previstas por el plan.

Este plan se encuentra vigente y en aplicación, considerando que en la fase inicial de las visitas del personal de STANTEC, en los días 5 y 6 de junio pasados, se recibió instrucción de los sectores especializados sobre los procedimientos de evacuación previstos.

2.3.6 “Estudios Hidrológicos del Complejo y de la Cuenca del Río Uruguay” SN2 - BID

El estudio fue realizado por las consultoras DHI, OFITECO y CSI en el año 2015. Este se realiza en el contexto del diagnóstico integral de la Central y la renovación de los equipamientos, como asimismo respecto de la posibilidad de efectuar nuevas inversiones de modernización. El objetivo del estudio fue apoyar a la CTMSG en el desarrollo de estudios hidrológicos del embalse del CHSG y de la cuenca del río Uruguay, incluyendo el análisis detallado de estudios preexistentes, la información histórica disponible, y la identificación y evaluación de impactos en el comportamiento hidrológico de la cuenca.

En particular se presenta un análisis de la Precipitación Máxima Probable (PMP) y posibles implicancias sobre la CMP. La PMP fue determinada mediante la maximización de agua precipitable y desplazamientos temporales y espaciales de eventos en que ocurrió sincronismo importante entre las tormentas ocurridas en las subcuencas alta y baja, aguas arriba de Salto Grande (Abril de 1987, Mayo-Junio 1992 y Octubre de 1997). Esto último en contraposición al estudio realizado en 2006 donde se obtuvo la PMP a partir de la combinación de dos tormentas maximizadas ocurridas en diferentes años (1983 en cuenca alta y 1959 en cuenca inmediata).

Respecto a la Crecida Máxima Probable (CMP) concluye que la CMP con el máximo caudal pico de 73.000 m³/s es el “Escenario 4C” (Max. Agua Precipitable + Desplazamiento espacial del evento de Mayo-Junio de 1992) y desde el punto de vista del volumen el Escenario 4B (Max. Agua Precipitable + Desplazamiento espacial del evento de Octubre de 1997) con un volumen de 119.138 Hm³ (para caudales superiores a 20.000 m³/s) y un caudal pico de 68.230 m³/s. La Figura 17 presenta la comparación de estos dos hidrogramas seleccionados de los Escenarios 4B y 4C comparados con los hidrogramas de los estudios antecedentes. Se observa que de alguna manera ratifica los valores de caudales picos estimados en el anterior estudio para la CMP, aunque anticipa mayores volúmenes asociados a esta crecida, especialmente en el caso del Escenario 4B.

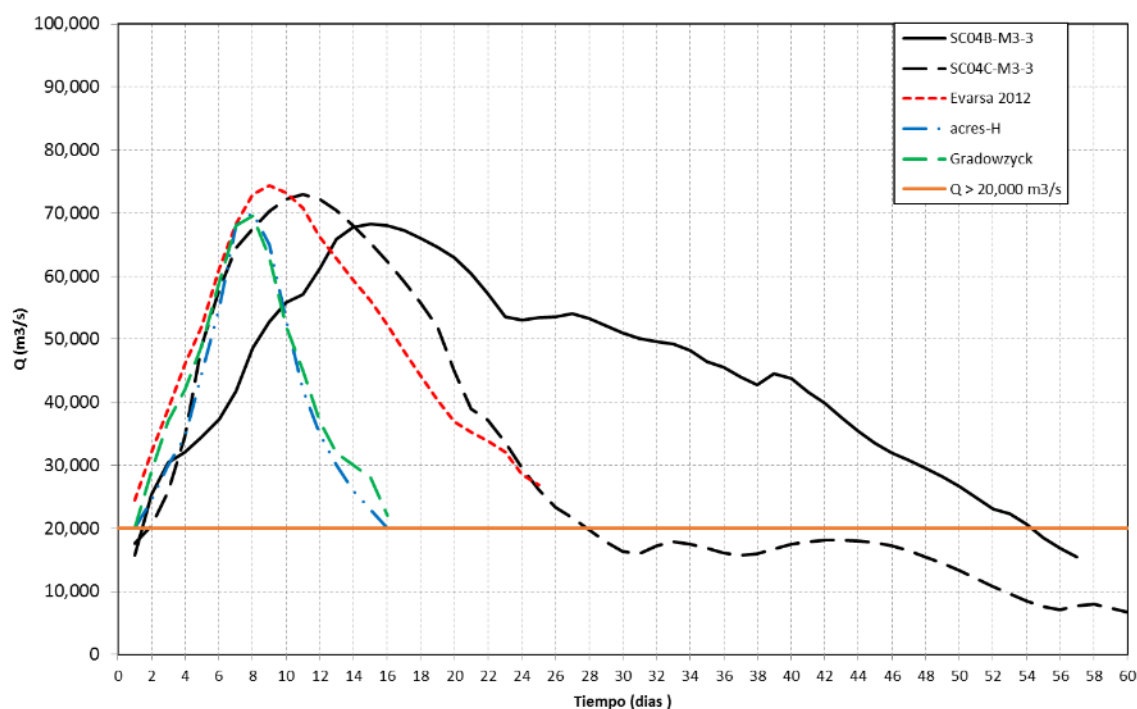


Figura 17 – Comparación de seleccionadas CMPs (SN2, 2015)

El estudio realiza simulaciones de manejo de la CMP con mayor pico de caudal determinada utilizando las obras de descarga existentes en la presa. En todos los casos utiliza la capacidad máxima de descarga disponible. Para esto asume la descarga de la central para saltos netos mayores a 11,1 metros, la descarga del vertedero y los descargadores de fondo. El estudio no hace ninguna consideración sobre la posible salida de servicio de las turbinas por causa de material flotante que obstruyan las rejillas.

A partir de las simulaciones realizadas concluye que las obras de descarga no serían suficientes para evitar sobrepasar el nivel máximo extraordinario durante la eventual ocurrencia de una crecida como la CMP analizada. Luego analiza a nivel conceptual diferentes alternativas para aumentar la capacidad máxima de descarga de las obras existentes para evitar esta condición.

También analiza el manejo de las crecidas asociadas a un período de recurrencia de 1.000 años y 10.000 años determinadas mediante un enfoque estadístico en el estudio antecedente (Sección 2.3.1.2). Utilizando las mismas consideraciones sobre la capacidad de descarga, concluye que el nivel máximo extraordinario no sería superado.

El informe concluye que, aunque con una baja probabilidad de ocurrencia, pueden producirse crecidas que pueden provocar emergencias en la presa. Para esto recomienda la elaboración de un PADE con el objetivo de reducir en la medida de lo posible los daños asociados. Finalmente propone la realización de un análisis de riesgos para poder considerar adecuadamente los impactos de posibles eventos de muy baja probabilidad de ocurrencia.

2.4 OBRAS DE DESCARGA

El Complejo tiene un vertedero central, seis descargadores de fondo y dos centrales hidroeléctricas. La capacidad de turbinado máxima de Salto Grande es de unos 8.400 m³/seg. Cuando se supera la capacidad de turbinado, es necesario abrir los vertederos para evacuar el excedente si no hay capacidad de almacenamiento disponible.

El espejo de agua de Salto Grande, a la cota nominal de operación de 35.00 m, cubre una superficie de 780 km², tiene una longitud de 140 km. y un volumen total de unos 5500 hm³.

Según el “Manual del Agua” de la CTMSG de mayo de 2006, se definen entre otros los siguientes niveles de operación:

- Nivel Máximo Extraordinario: 38,80 m. Nivel Máximo posible de alcanzar durante la crecida de diseño.
- Nivel Crítico para Crecidas Extraordinarias: 36,00 m Nivel cuya superación no debe programarse o mantenerse cuando se cumplan las condiciones hidrológicas necesarias para la ocurrencia de la crecida de diseño.
- Nivel Nominal: 35,00 m.
- Nivel Mínimo de Operación Extraordinaria: 25,00m coincidente con el Nivel Mínimo de Funcionamiento de las Turbinas.
- Nivel Mínimo de Funcionamiento de los Vertederos: 17,00 m.

2.4.1 Vertedero

El Complejo tiene un vertedero central de 361 metros de largo (19 vanos regulados por compuertas) cuya función es evacuar el agua no utilizada para la generación. Las compuertas son radiales de 19,5 m de alto, 15,3 m de ancho y 18,5 m de radio.

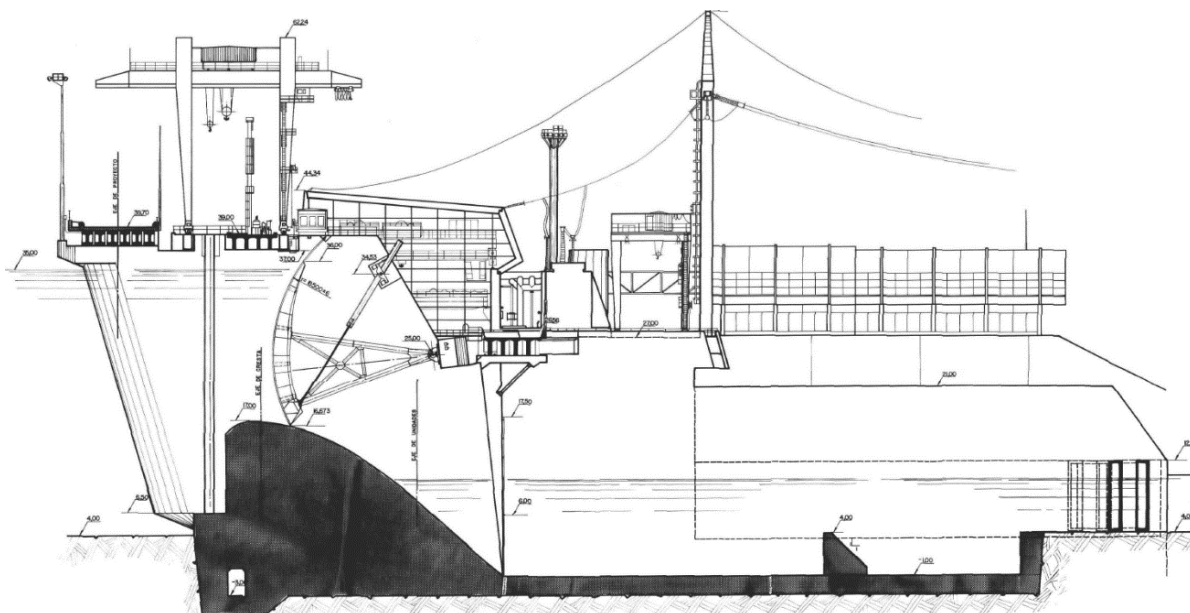
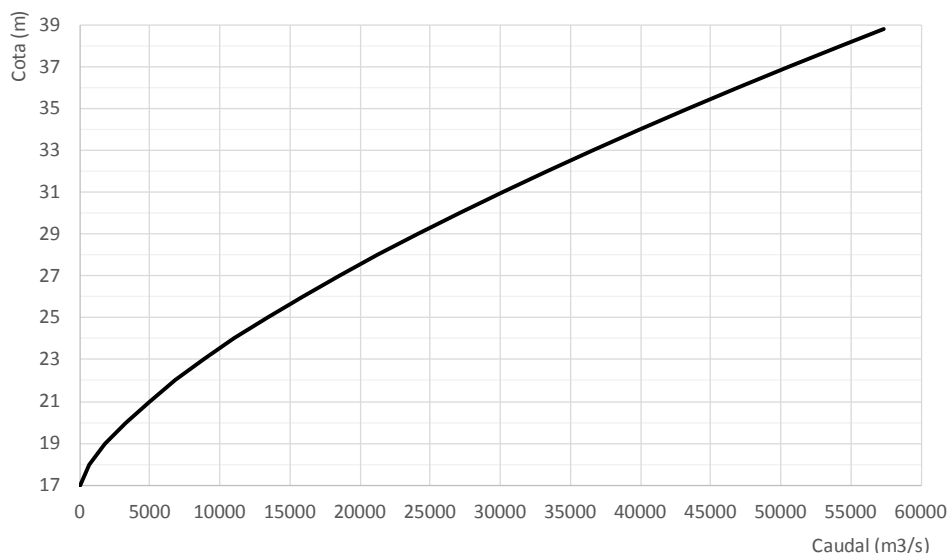


Figura 18 – Corte general de vertedero

La capacidad total de evacuación del vertedero se presenta en la siguiente Figura 19. Para un embalse a cota 35 m la capacidad de descarga del vertedero es de 43.415 m³/s y para 36 m la capacidad es de 46.953 m³/s.

Es de notar que la capacidad máxima del vertedero descargando libre, sin considerar otras posibles descargas, es de 57.303 m³/s para la cota de embalse máxima extraordinaria de 38,8 m. Este caudal (sin considerar laminación) tendría, según el análisis hidrológico antecedente analizado (ver Figura 9), un período de retorno asociado de aproximadamente 1.000 años.



**Figura 19 – Capacidad de descarga del vertedero
Compuertas abiertas (Fuente: EVARSA-INCOIV, 2011)**

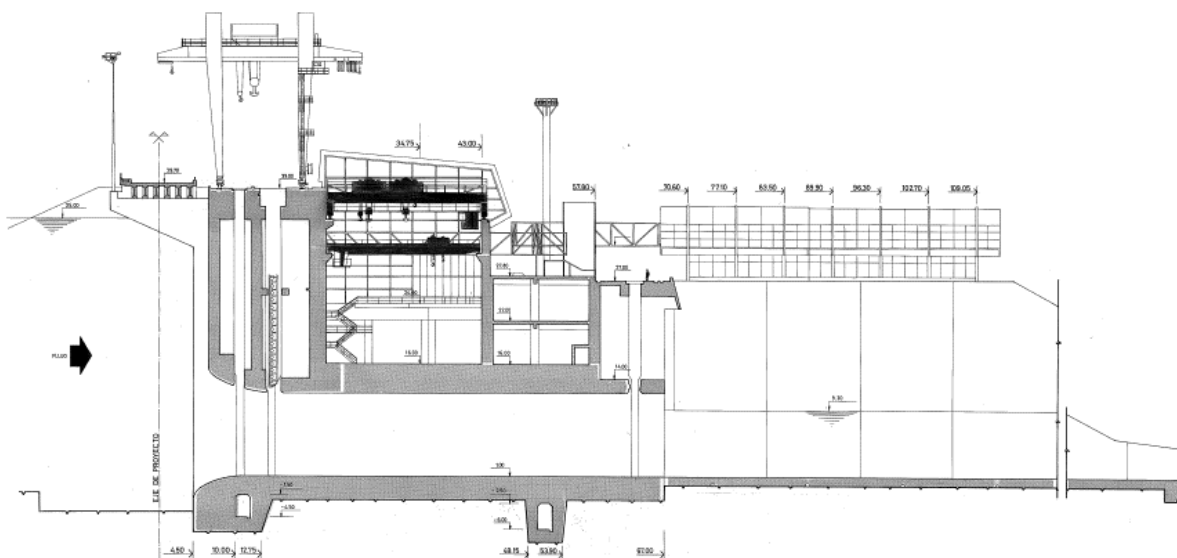
2.4.2 Descargador de fondo

El complejo hidroeléctrico Salto Grande cuenta con dos estructuras con descargadores de fondo. Ambas se encuentran en los extremos exteriores de las centrales de margen izquierda y derecha en el bloque de vinculación de las centrales hidroeléctricas con las presas de materiales sueltos.

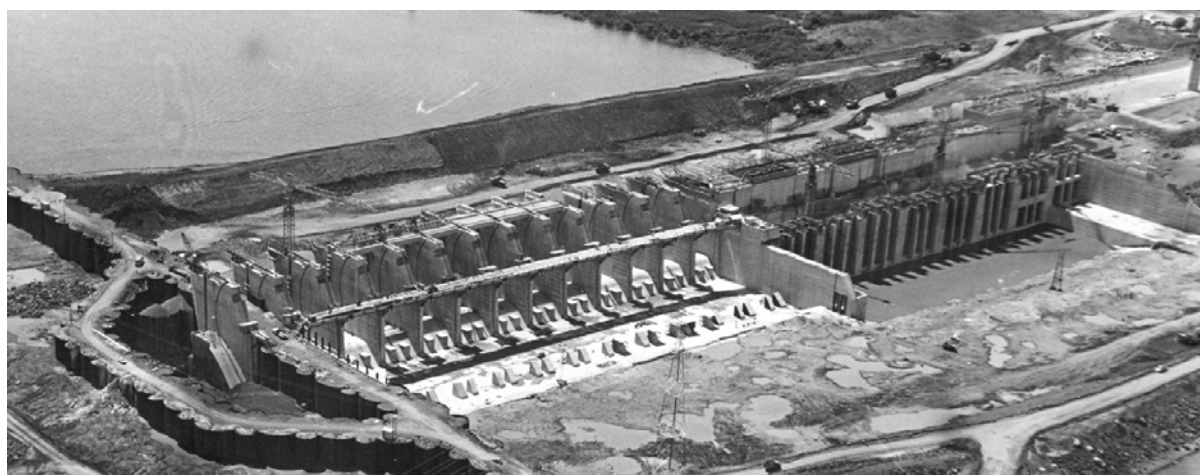
Cada estructura cuenta con tres conductos controlados por una compuerta aguas arriba. Los conductos se encuentran con una cota de fondo de 1,00 msnm, tienen una altura de 11 m y un ancho de 6,5 m (ver Figura 20). No está previsto que los mismos operen con apertura parcial de compuertas.

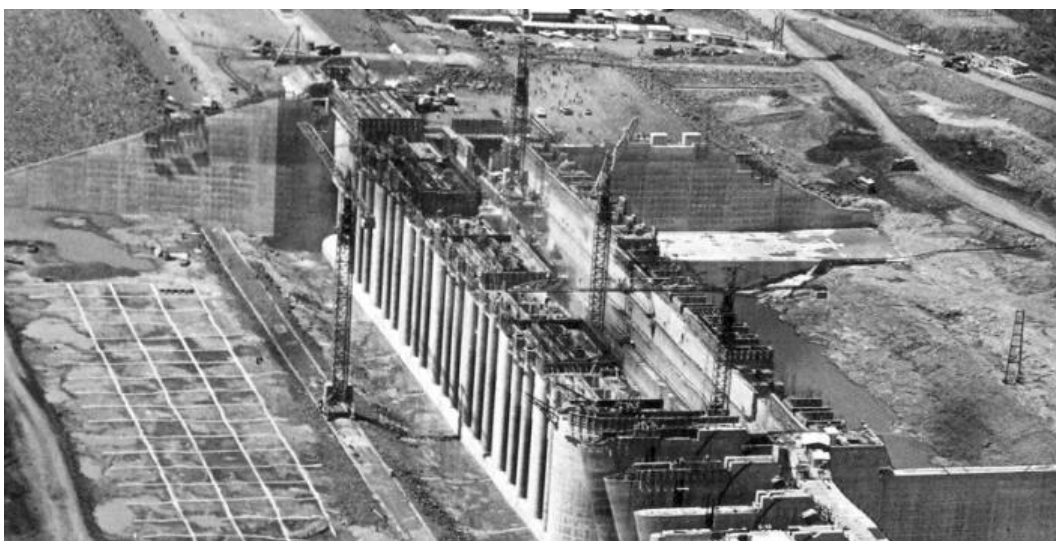
El equipamiento del Descargador de Fondo está compuesto cada uno con una compuerta de cierre de 6,64 x 11,78 m capaz de cortar flujo, equipada con rodillos de 700 mm de diámetro y 115 mm de ancho. Existen además dos grupos de tableros auxiliares de cierre, uno aguas arriba y otro aguas abajo, los que permiten poner en seco el túnel del descargador mediante el sistema de desagote. Dichos grupos de tableros auxiliares son los mismos correspondientes a las ataguías de toma y del tubo de aspiración y por lo mismo pueden ser intercambiados. Todo este equipamiento se opera con los respectivos pórticos grúas que se localizan aguas arriba y abajo de las centrales.

Colocados los tableros de cierre de aguas arriba y de aguas abajo la compuerta operativa puede ser operada en aguas equilibradas o en seco.



En las siguientes figuras se presentan una serie de fotografías tomadas durante la construcción del CHSG (Fuente: ORSEP). En estas se aprecia principalmente las características de su estructura y su utilización durante las etapas de desvío del río.





**Figura 22 – Foto durante la construcción
Central y Descargador de fondo de margen izquierda.**



**Figura 23 – Foto durante la construcción
Aguas abajo del descargador de fondo de margen derecha.**



**Figura 24 – Foto durante la construcción
Descargador de fondo operando durante etapa de desvío - Año 1978.**

La capacidad de descarga de los descargadores está comandada por la diferencia de nivel aguas arriba y aguas abajo de la estructura. En la Tabla 2 se presenta la curva de descarga de un descargador de fondo en función del salto disponible, la capacidad total es seis veces estos valores. En la Tabla 3 se presenta como referencia la curva de restitución en Salto Grande.

Tabla 2 – Curva de descarga de un Descargador de Fondo (Fuente: SN2)

Salto (m)	Caudal (m ³ /s)
5,0	514
6,0	563
7,0	609
8,0	651
9,0	690
10,0	727
11,0	763
11,8	790

Tabla 3 – Curva de restitución (Fuente: SN2)

H(m)	Q(m ³ /s)	H(m)	Q(m ³ /s)
4,70	0	12,00	12060
5,00	190	13,00	14250
5,50	680	14,00	16616
6,00	1279	15,00	18965
6,50	1953	16,00	21460
7,00	2687	17,00	24103
7,50	3470	18,00	26893
8,00	4296	19,00	29828
8,50	5161	22,20	40000
9,00	6061	24,50	50000
9,50	6992	26,20	60000
10,00	7954	27,50	70000
11,00	9958	29,00	80000

Se destaca que, por ejemplo, para una condición de embalse a cota 36 m, el vertedero abierto completamente descargaría unos 46.950 m³/s (ver Figura 19) y el nivel de restitución sería de unos 23,8 m (en régimen estacionario). Bajo estas condiciones, una eventual apertura del descargador de fondo se realizaría con un salto inicial de 12,2 m e incrementaría la descarga en unos 4.600 m³/s. Considerando que la restitución se incrementa a 24,8 m, el salto resultante, posterior a la apertura completa, sería de 11,2 metros. En definitiva, según las referencias utilizadas la capacidad máxima de descarga del embalse para cota de embalse 36 m sería de unos 51.550 m³/s sin considerar aportes de la central hidroeléctrica. En estas condiciones, el uso del descargador de fondo resultaría en un aumento de aproximadamente el 10 % de la capacidad de descarga, equivalente prácticamente a dos vanos de vertedero.

De la misma manera se repite el análisis para una condición de embalse a cota 38,8 m, el vertedero abierto completamente descargaría unos 57.303 m³/s (ver Figura 19) y el nivel de restitución sería de unos 25,7 m. Bajo estas condiciones, una eventual apertura del descargador de fondo incrementaría la descarga en unos 4.800 m³/s considerando que la restitución se incrementa a 26,5 m y el salto resultante sería de 12,3 metros. En definitiva, según las referencias utilizadas la capacidad máxima de descarga del embalse para cota de embalse 38,8 m sería de unos 62.100 m³/s sin considerar aportes de la central hidroeléctrica.

Es para destacar que este último valor es significativamente mayor a la crecida observada en 1992 de 37.317 m³/s, máxima en los últimos 120 años de registro (1898-2018).

2.4.3 Presas fusibles

En ocasión de la anterior intervención sobre el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, “SN1, Estudios para el Diagnóstico y Modernización de la Central Hidroeléctrica Salto Grande” (MWH – IATASA 2016), se consideraron los antecedentes de diseño de la presa de materiales sueltos. Se mencionó que en la época de diseño, ante posibles mayores requerimientos de evacuación de caudales para circunstancias extraordinarias, derivadas de reexámenes hidrológicos que incluían futuras modificaciones de las condiciones en la cuenca alta del río, se adaptó el proyecto en curso, disponiendo que las denominadas “presas bajas” pudiesen actuar como eventuales “vertederos fusibles”, en el eventual caso de un sobrepaso.

Las características de fusible están asociadas a la mayor erodabilidad de dichas presas, provistas con enrocado de protección del talud de aguas abajo de dimensiones inferiores al previsto para las zonas que corresponden a las denominadas “presas altas” y consecuentemente más fácilmente erosionables frente a un sobrepaso.

En la siguiente imagen se muestran las zonas correspondientes a las denominadas “presas bajas” que podrían ser erosionadas con mayor facilidad.



Figura 25 – Ubicación de las presas bajas “erosionables”

De acuerdo a las previsiones formuladas en el informe SN1² sobre las presas fusibles, en caso de sobrepaso, primero se producirá la erosión de estas zonas extremas de la presa, incluyendo su fundación, que está constituida por los suelos originales. Fue estimado que una erosión en aproximadamente 200 metros longitudinales a ambos lados supondría una descarga adicional muy considerable, con un caudal unitario de unos 30 m³/s/m y una erogación adicional total de unos 10.000 m³/s.

² 2016, MWH-IATASA. Informe Final – Fase I - Diagnóstico Integral – “Estudios para el Diagnostico y Modernización de la Central Hidroeléctrica Salto Grande”.

3.0 RECOMENDACIONES PARA EL DESARROLLO DEL PADE

3.1 ASPECTOS GENERALES DE UN PADE

El PADE (Plan de Acción Durante Emergencias), también denominado, en algunos casos, PAE (Plan de Acción en Emergencias) constituye un documento, y modalidad de trabajo, asociada a la gestión de las emergencias, que tiene como principal objetivo reducir, en la población ubicada en el área de influencia de una presa, las consecuencias, sobre vidas humanas y bienes, de una potencial situación de emergencia. La Gestión de las Emergencias generadas por una presa de embalse debe incorporar como mínimo los siguientes elementos:

1. El PADE, documento interno del operador de cada presa, que debe recoger las particularidades de la misma, que ordene las acciones a llevar a cabo ante situaciones que sean consideradas como emergencias y que puedan tener incidencia en terceros ubicados el área de influencia de las mismas.
2. El PADE debe incluir, asimismo, un diagrama de notificaciones que permita cursar las comunicaciones necesarias, luego de declarada la emergencia.
3. El PADE debe incorporar elementos que permitan a terceros, en especial las entidades de protección civil, determinar el alcance de las emergencias, constituido principalmente por niveles potenciales de inundación según el grado de la emergencia, que permita definir las áreas de evacuación que deben ser consideradas.
4. Programas y procedimientos de Protección Civil que puedan actuar como respuesta ante las emergencias, con ejercitación previa, que permita actuar rápidamente y con seguridad frente a un eventual incidente.

Los tres primeros puntos anteriores quedan bajo la responsabilidad de implementación, actualización y ejercitación de la entidad operadora de la presa, en tanto que el último punto debe quedar a cargo de las entidades que, aguas abajo de la presa, se ocupen de la protección civil, en este caso de ambos países ribereños, Argentina y Uruguay. En este último caso, el operador de la presa sólo es responsable de los procedimientos de protección que se refieren a sus propias instalaciones.

3.1.1 Contenido del PADE

El PADE constituye un manual propio del responsable de la operación de cada presa, que debe incluir los procedimientos para relevar y afrontar distintas emergencias, brindando los elementos necesarios para la actuación de su personal.

Teniendo en cuenta que cada presa constituye una estructura singular, tanto por la conformación de su diseño, como por las particularidades propias del sitio de implantación, por la cultura operativa de su responsable y por los destinatarios y canales de comunicación frente a las emergencias, el PADE es propio de la misma y debe incluir todos los aspectos particulares que sean necesarios.

Los procedimientos de acción durante emergencias describen los pasos que debe seguir el personal de operaciones, en todos sus niveles, estableciendo claramente, en orden de prioridad, las funciones y responsabilidades claves, como así también las notificaciones y los contactos externos que deban ser informados.

3.1.2 Entidades participantes del PADE

En la Gestión de las Emergencias, deben ser diferenciadas las distintas entidades que intervienen sobre la misma, ya que le corresponden funciones diferentes.

Una primera diferenciación de las entidades que intervienen, adaptado a la especial condición de Salto Grande, se incluye a continuación:

- a) Responsable de la Operación: corresponde a aquella organización que tiene a su cargo la operación de una presa, quien debe desarrollar un permanente seguimiento del comportamiento de la misma, advirtiendo cualquier indicio o elemento que pueda generar una emergencia, evaluando y calificando a la misma según categorías previamente establecidas. A partir de la detección de una situación riesgosa que pueda generar la emergencia, corresponde al responsable de la operación emitir, en tiempo y forma, un aviso a las entidades de protección civil del área potencialmente afectada por la emergencia. En este caso, el Responsable de la Operación corresponde a la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande.
- b) Entidades de Protección Civil: corresponden a aquellas entidades ubicadas aguas abajo de la presa que tiene a su cargo la implementación del plan de emergencia, asumiendo la eventual evacuación de la población afectada, dando respuesta al aviso recibido del responsable de la Operación. En el presente caso, por las características del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, las entidades de protección civil corresponderán a las propias de ambos países.
- c) Autoridad de Aplicación: cuando la operación de la presa tiene una autoridad de aplicación en los aspectos vinculados con la seguridad, como por ejemplo puede ser ORSEP en el caso de presas concesionadas por el estado argentino, corresponde a la misma la aprobación del PADE y la supervisión de las actividades de capacitación y ejercitación. En el caso del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande no existe una autoridad de aplicación que pueda fiscalizar el PADE, por lo cual corresponde exclusivamente a la CTMSG la responsabilidad de desarrollar y aplicar el procedimiento.

En determinadas jurisdicciones existen leyes y obligaciones reglamentarias que conllevan la necesidad de implantación del PADE para todo operador de una presa de embalse. No es el caso del CHSG; no obstante, la ausencia de una normativa legal que exija la disponibilidad e implementación del PADE no excluye la responsabilidad de la entidad operadora para disponer del mismo.

3.1.3 Implementación

La disponibilidad de un PADE sólo puede ser garantizada por su adecuada implementación y ejercitación.

Para el caso de presas nuevas, es usual que el PADE esté disponible y en vigencia, previo a la fase inicial de llenado. El propio plan de llenado del embalse puede, con características de temporario, formar parte del PADE.

En el caso de presas de cierta antigüedad, como puede ser el caso de Salto Grande, el PADE debe complementar los procedimientos operativos, nutriéndose e integrando los mismos, desde el momento mismo de su implementación.

3.1.4 Actualización

Cualquiera sea el origen del PADE, nueva presa a entrar en servicio o presa en operación, el documento debe ser actualizado periódicamente con el propósito de disponer de adecuadas condiciones operativas para el momento en que sea necesario su uso.

Algunos de los elementos que requieren actualización son los siguientes:

- a. Modificaciones organizativas, o sustituciones de funcionarios, propios de la entidad responsable de la operación.
- b. Modificaciones organizativas, o sustituciones de funcionarios, propios de las entidades de protección civil.
- c. Modificaciones de los vínculos, o modalidad, de comunicación entre las entidades, responsables de la operación y de protección civil.
- d. Mejores definiciones, o mayores precisiones, en la definición de las emergencias.
- e. Nuevas emergencias que puedan ser consideradas luego de la formulación inicial del documento.
- f. Disponibilidad de nuevos hechos aguas abajo que puedan modificar las curvas de inundación (como por ejemplo la implantación de una defensa costera).
- g. Ajustes en la información topográfica utilizada como elemento de base para el establecimiento de las curvas de inundación.

Atendiendo a los diversos aspectos involucrados la consideración anual del estado del PADE, y su necesidad de actualización, puede resultar suficiente para disponer de un documento acorde a la realidad de la presa, su operador y las entidades responsables de la protección civil.

La Entidad Responsable de la operación debe designar una persona como Coordinador de la implementación del PADE, quien será el responsable por la implementación de los programas de capacitación, la preparación y desarrollo del programa de ejercitaciones y la revisión y actualización del PADE.

Asimismo, el Coordinador será responsable de que el documento del PADE llegue a todos los destinatarios que hayan sido establecidos y que los diagramas de notificaciones se dispongan en las respectivas salas de control o donde corresponda.

3.1.5 Capacitación

Como una actividad inherente al propio mecanismo del PADE la Entidad Responsable de la operación debe implementar un programa de capacitación sobre el mismo, que posibilite que todo su personal conozca perfectamente la importancia y necesidad del plan.

Todo el personal técnico debe conocer perfectamente el complejo hidráulico y recibir capacitación en la detección y evaluación de problemas y en la adopción de medidas de reparación adecuadas.

Asimismo, estas jornadas de capacitación pueden integrar exposiciones y debates sobre los conceptos generales de seguridad de presas, presentando los riesgos asociados a la implantación de presas, algunos casos reales de incidentes o fallas que han ocurrido y la posible vinculación de los mismos con la presa que se encuentra en operación.

Es usual que las jornadas de capacitación se integren en forma conjunta con las de ejercitación, permitiendo ambas no sólo un pleno conocimiento de los procedimientos internos frente a emergencias, sino también los riesgos inherentes a las estructuras en operación.

3.1.6 Ejercitación

La ejercitación constituye una actividad de trascendente importancia para la implementación de un PADE, atendiendo que en esta actividad se pondrán en marcha la totalidad de los procedimientos contemplados en el documento para la emergencia que fuese adoptada para la simulación.

El principal objetivo de la ejercitación es el de evaluar el nivel de respuesta y la efectividad en la implementación de las acciones contempladas en el PADE.

Usualmente las ejercitaciones se conforman a partir de simular una emergencia en la presa que responda a algunas de las circunstancias relevadas en el PADE, abarcando fundamentalmente los siguientes aspectos:

- Desarrollo del diagrama de notificaciones correspondiente. Nivel de respuesta de los distintos organismos y entes involucrados en la emergencia simulada.
- Verificación de los medios de comunicación previstos.
- Control de los tiempos insumidos para concretar las comunicaciones
- Comportamiento y desempeño del personal propio de la entidad responsable de la operación.
- Relevamiento de cualquier posibilidad de mejora surgida a partir de la ejercitación.

Para probar las comunicaciones deberán cursarse las mismas a todos los organismos a notificar según el esquema vigente, tratando de contactar las personas indicadas y anotando los tiempos involucrados hasta poder concretarlas.

Como los encargados de cursar las comunicaciones pueden ser varios, deberá disponerse de una planilla para que cada uno de los responsables de las comunicaciones efectúe un chequeo de las que emita, verificando si las personas son contactadas y si los números de teléfonos son los correctos. En caso de dificultades deberán ser registrados en la misma planilla, cuáles son los inconvenientes encontrados.

Una vez finalizada la ejercitación con la comunicación a todos los involucrados, es necesario efectuar una reunión de evaluación con los responsables que actuarán en la emergencia a los efectos de recopilar las principales observaciones, comentarios, sugerencias, etc., las que servirán de referencia para eventuales futuras actualizaciones del PADE.

Sobre la base de las actividades desarrolladas es necesaria la elaboración de un Informe Final de la ejercitación que, en forma breve, incluya toda la información relativa a la Ejercitación, abarcando los siguientes aspectos: Objetivo; Tipo de Ejercitación; Fecha de realización; Alcance; Descripción de la emergencia simulada; Desarrollo de la ejercitación; Registro de información; Evaluación de resultados; Sugerencias para analizar modificaciones en el PADE, según resultados obtenidos.

3.2 PADE DE SALTO GRANDE

3.2.1 Normativas de referencia

Cabe señalar que las obras que componen el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande no se encuentra regido por una normativa de referencia para el desarrollo del Plan de Acción durante Emergencias; en otras presas en operación, como por ejemplo las concesionadas por el Estado Nacional en la República Argentina, el propio contrato de concesión establece la obligación, y pautas, del concesionario para contar con el PADE.

En el caso de Salto Grande, en su documento “Manual PADE” elaborado por EVARSA – INCOCIV (Ver Sección 2.3.1.6) que es la base para la elaboración de un PADE se tomaron las recomendaciones de FEMA-64 (*Federal Guidelines for Dam Safety - Emergency Action Planning for Dam Owners - Interagency Committee On Dam Safety U.S. Department Of Homeland Security Federal Emergency Management Agency October 1998 - Reprinted April 2004*).

Las recomendaciones de FEMA corresponden a lineamientos surgidos a partir de la *Interagency Committee on Dam Safety*, de Estados Unidos, y se vinculan principalmente con la clasificación del riesgo asociado a cada presa y los necesarios procedimientos de emergencia.

Teniendo en cuenta que la versión considerada corresponde al año 2004 y que existen nuevas recomendaciones emitidas por la FEMA-64 con posterioridad a la fecha elaboración del PADE (Año 2013), se considera necesario que, en la implementación del mismo, dichas recomendaciones sean revisadas con el propósito de ser consideradas.

Este nuevo documento editado en el 2013 es muy completo y establece normas generales aclarando entre otras cosas que cada presa debe ajustar su PADE a sus propias condiciones particulares. Establece claramente que es vital el desarrollo del PADE de manera coordinada con todas las entidades, jurisdicciones y autoridades que pueden eventualmente ser afectadas por un incidente en la presa o que tienen un rol en la comunicación de alertas o de evacuación. El PADE debe tener claramente definidas los roles de cada entidad. Establece también que, a pesar de que un PADE no necesita incluir un plan de evacuación, este debe indicar quién es el responsable de una evacuación.

Por otro lado, el Banco Mundial en su documento “*ESS 4, Annex 1: Safety of Dams*” presenta una serie de exigencias relacionadas a la seguridad de presas donde establece la necesidad de contar, entre otras cosas, de un manual de operación y mantenimiento y de un PADE. Este debe especificar los roles de todas las partes responsables cuando haya alguna eventualidad relacionada a la seguridad de la presa o cuando haya descargas operacionales que puedan provocar impactos aguas abajo.

También se recomienda que sean consideradas de manera complementaria los lineamientos de Seguridad de Presas emitido por la ORSEP de Argentina en el año 2014. El documento establece una serie de principios de Seguridad de Presas donde en particular el Principio Nro. 8 establece:

“Deberán asegurarse las provisiones necesarias para actuar en caso de emergencias. Los objetivos de la planificación frente a emergencias, por eventual colapso de la presa, incidentes o accidentes operativos, son el control y protección de las propias instalaciones y personal, así como el mitigar el impacto aguas abajo.

Toda presa en que su eventual colapso o falla operativa pueda resultar en la pérdida de vidas humanas, deberá indispensablemente contar con un Plan de Acción Durante Emergencias (PADE)."

3.2.2 Visita a Salto Grande

Como parte de las actividades del presente contrato se realizó una visita a las instalaciones de CHSG los días 5 y 6 de junio de 2018.

Durante la misma se tuvo oportunidad de mantener reuniones con personal de la CTMSG en las que se hizo un repaso de toda la documentación recibida. Se pudo también complementar la información previamente recibida con una serie de procedimientos que fueron discutidos durante las reuniones (ver Sección 3.2.4).

En las reuniones participó personal técnico del área de Hidrología con los cuales se pudo repasar la situación hidrológica del proyecto. Se pudo constatar que la información hidrológica disponible es muy completa, se mantiene actualizada y recientemente se ha efectuado un recálculo y confirmación la CMP y las condiciones hidrometeorológicas asociadas.

También, participó personal del área de Auscultación y Vigilancia quienes guiaron una visita general a las obras. Se visitaron diferentes sitios de interés como las galerías de drenaje e inspección (Figura 26), sectores donde se están aforando filtraciones (Figura 27) y el sector de las "presas bajas" de margen izquierda (Figura 28).



Figura 26 – Visita a la presa – Galería de drenaje e inspección



Figura 27 – Visita a la presa – Aforo de filtraciones en la presa



Figura 28 – Visita a la presa – Área de presas fusibles

En particular se visitó el sector de las obras de control del Descargador de Fondo (Figura 29). Se pudo observar el estado de las obras de control y se tuvo posibilidad de conversar con personal a cargo de su operación y mantenimiento. Durante la visita se pudo percibir que no todo el personal está familiarizado con el manejo del equipamiento de control de los Descargadores de Fondo. En general, saben las incertidumbres existentes relacionadas a su funcionamiento, pero estas conviven con el conocimiento de su baja probabilidad de operación. El hecho que los descargadores de fondo se operen sólo cuando se agota la capacidad de descarga de los vertederos, y que por lo tanto no se hayan tenido que operar nunca en la etapa de explotación del proyecto, no colabora a que la operación de los mismos sea algo ampliamente conocida. La operación de apertura y cierre de los Descargadores de Fondo es compleja y requiere una apertura en dos etapas donde se debe desacoplar el vástago de la compuerta.

Todo esto debe tenerse en cuenta en los planes de entrenamiento y capacitación dado que el manejo del equipamiento en seco facilitará mantener adecuadamente informado al personal.



Figura 29 – Visita a la presa – Descargador de Fondo de margen izquierda

Por último, se tuvo la oportunidad de realizar una visita a la obra Defensa Sur de la ciudad de Concordia (Arg.). La visita fue coordinada por personal de CTMSG y se pudo tener una visión general de la obra de defensa que resulta de un interés muy importante para la operación de Salto Grande. En el Anexo A se presenta un registro fotográfico de una visita.

3.2.3 Estado actual del PADE

STANTEC tuvo a su disposición la totalidad de la documentación desarrollada, con excepción de los modelos desarrollados, cuyos resultados se incluyen en el Anexo 9, correspondiente a la Modelación Hidrodinámica de Escenarios de PADE (ver Sección 2.3.1.6).

A partir de la revisión de la documentación disponible, pueden formularse las siguientes consideraciones en cuanto al estado actual de desarrollo del PADE:

- Los lineamientos para el desarrollo de un PADE han sido presentados en forma completa e integral por parte de las firmas consultoras, EVARSA e INCOCIV, oportunamente contratadas por CTMSG.
- El documento disponible integra las consideraciones referentes a los distintos elementos que normalmente componen un PADE.
- Especial importancia adquieren los planos de inundación, aguas arriba y abajo de la presa, considerando que los mismos señalan, para un rango amplio de caudales el nivel previsto en el río, que permiten evaluar las evacuaciones necesarias.
- El desarrollo corresponde al año 2011, sin existir a la fecha una actualización periódica como es aconsejable en este tipo de documentos.

Independientemente de lo anterior, se ha llevado a cabo un proceso de revisión del documento disponible para elaborar el PADE, señalándose una serie de comentarios y observaciones que se incluyen como Anexo B del presente informe. Se entiende que dichas observaciones pueden servir para la actualización del documento, a los efectos de su consideración y eventual ajuste o corrección.

3.2.4 Procedimientos de emergencia

Ha sido verificado que la CTMSG dispone de sus propios procedimientos de emergencia que son aplicados principalmente en el caso de crecidas del río Uruguay, que obligan a la evacuación de caudales de cierta importancia.

Asimismo, se nos ha informado que los planos con las curvas de inundación que han sido elaborados en el marco del PADE, han sido entregados a las entidades de protección civil de ambos países, para protección de las dos márgenes.

De acuerdo a la información que nos fuera enviada, existen dentro de las normas operativas definidas por CTMSG para el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, una serie de procedimientos que son utilizados para el control de las emergencias, las cuales, de alguna forma, sustituyen al PADE, nutriéndose de algunos elementos del mismo, como los mapas de inundación para diferentes caudales. No obstante, estos procedimientos no están integrados aún en un único documento.

Dentro de los procedimientos de emergencia, vigentes para su aplicación al Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, podemos mencionar los siguientes:

- Manual del Agua (ver Sección 2.3.2)
- Programa de Vertimiento (ver Sección 2.3.3)
- Plan de Acción ante Crecientes (ver Sección 2.3.4)
- Plan de Emergencias (ver Sección 2.3.5)
- Operación del vertedero, control del nivel del embalse

Atendiendo a toda esta disponibilidad de procedimientos se hace referencia a un cuestionario presente en el documento FEMA-64 del año 2013 que es un “*check-list*”. Son una serie de preguntas que son de gran ayuda para realizar un control de calidad de un PADE. En el Anexo C se presenta un cuestionario basado en el *check-list*. Este puede ser utilizado de manera conceptual como una herramienta para la evaluación del grado de preparación que tiene Salto Grande ante la ocurrencia operaciones de emergencias. Realizando este ejercicio, conociendo los procedimientos de emergencia vigentes y teniendo en cuenta la práctica ganada con las crecientes ocurridas durante la operación de Salto Grande, se puede notar que CTM tiene en su haber la mayor parte de los elementos que forman un PADE.

3.2.5 Grado de implementación

Luego de la revisión de la documentación recibida y de las reuniones de trabajo desarrolladas con los cuerpos técnicos de CTMSG, STANTEC entiende que Salto Grande posee desarrollados individualmente todos los procedimientos necesarios para la elaboración de un único documento denominado PADE.

CTMSG dispone de procedimientos de emergencia que son implementados en cada oportunidad que resulta necesario evacuar importantes caudales por la estructura vertedora, disponiendo de una

forma segura y eficiente para definir la evacuación de los pobladores ribereños, cuando se considere necesario.

Debido a que la ocurrencia de crecidas naturales del río Uruguay, asociadas a períodos de retornos bajos, resulta en inundaciones y afectaciones en diferentes áreas de poblaciones aguas abajo de la presa, CTM posee un entrenamiento y práctica en los mecanismos de avisos y alertas con todos los actores involucrados. Ante emergencias que puedan resultar en caudales mayores a los experimentados, los actores involucrados en principio serían los mismos.

Algunos de los elementos que surgen de la revisión efectuada que deben ser considerados para la implementación del PADE, son los siguientes:

- a) La versión disponible corresponde al Año 2011. Deberá ser actualizada al menos anualmente, como el mismo documento lo indica.
- b) Indicar en el documento a quienes se les entrega el PADE.
- c) Completar el Diagrama de Avisos. Incluir los nombres y teléfonos de quienes recibirían la comunicación de emergencia.
- d) El Diagrama de Avisos completo deberá estar disponible en la Sala de Control.
- e) Debe ser nominado el Coordinador del PADE.
- f) Debe incluirse la nominación del Comité de Emergencias.
- g) Debe ponerse en vigencia las claves validadoras previstas para las distintas alarmas o alertas que podrían ser emitidas.
- h) Debe incluirse un relevamiento y las vías de comunicación con lo que el documento denomina “pobladores cercanos”, quienes serían los primeros afectados en cualquier emergencia.
- i) El listado de proveedores estratégicos debe tener contactos personales, o telefónicos, y debe detallar qué pueden suministrar.
- j) Debe cumplirse el plan de Capacitación y Ejercitación, según lo previsto por el mismo documento.
- k) Debe implementarse el plan de acciones propuesto en el marco de la elaboración del documento de desarrollo del PADE, incluyendo: i) Socialización y Presentación Pública del PADE; ii) Formación Docente y Educación; iii) Trabajo Asociativo con los Medios de Comunicación; iv) Jerarquización de las acciones previstas.

3.3 IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES MEJORAS Y OPTIMIZACIONES

3.3.1 Introducción

En el presente capítulo se incluye la identificación de las posibles mejoras y optimizaciones surgidas de la revisión de la documentación disponible relacionada con las operaciones de emergencia y el PADE.

Gran parte de las posibilidades, y necesidades, de mejora se incorporan en el Anexo B donde se incluyen distintos comentarios surgidos de la revisión del documento para el desarrollo del PADE. No obstante, se señalan a continuación las posibles mejoras que el PADE podría introducir.

Cabe señalar que, tanto en el PADE, como en otros documentos, debería considerarse un esquema continuo de mejoras y optimizaciones, a partir de las sucesivas revisiones, por lo cual cabe ser entendida como una tarea continua, tendiendo siempre a disponer de procedimientos más seguros.

Asimismo, resulta importante considerar que la puesta en vigencia y aplicación del PADE, suministra una serie de elementos y sugerencias para implementación de posibles mejoras y optimizaciones en el documento y los procesos de emergencia asociados al mismo.

3.3.2 Detección y clasificación de las Emergencias

El documento para el desarrollo del PADE elaborado ha contemplado, y clasificado, las emergencias en tres categorías. Dentro de los niveles de emergencia, los criterios que son considerados para establecimiento de las mismas se basan en los siguientes aspectos.

- Observación del evento.
- Identificación del evento.
- Análisis del evento.
- Severidad del evento.
- Momento en que ocurre el evento.

Lo anterior debería ser complementado con un aspecto que no ha sido incluido y que necesariamente debe ser considerado y que se relaciona con el “Desarrollo del Evento”. En efecto, una vez relevado un evento, su desarrollo en el tiempo puede dar lugar a una alerta determinada, o al cambio de condición de la misma.

Los niveles de alerta señalados por el documento para el desarrollo del PADE corresponden a los siguientes:

- Alerta Blanca.
- Alerta Amarilla.
- Alerta Roja.

Estas alertas son diferentes a las presentadas en el Procedimiento “Plan de acción ante creciente” que define cinco niveles de alerta, desde un “Alerta Inicial” hasta un “Alerta 4” y también son diferentes a las que el personal de CTMSG está habituada. Todas estas denominaciones deberían ser compatibilizadas, uniformadas o redefinidas para que todo el personal de CTM y todos los actores involucrados durante una emergencia puedan manejar una única nomenclatura. Considerando la necesidad de unificar la nomenclatura de las alarmas y los actuales usos en Salto Grande, se recomienda adaptar a los niveles de alerta según colores, en niveles de alerta como los definidos en el Procedimiento “Plan de acción ante creciente”.

Incluso, en las definiciones presentes en el “Manual de Aguas” relacionadas con los niveles aguas abajo están otros niveles de alerta. Estos son los siguientes:

<p>2.1.9 Nivel de Alerta Aguas Abajo: 11,00 m de la escala del Puerto de Concordia y 11,00m de la escala del Puerto de Salto.</p> <p>2.1.10 Nivel Aguas Abajo de Flexibilización Operativa: 12,00 m escala Puerto de Concordia y 12,30 m de la escala Puerto de Salto</p>

Además, se debe considerar que al momento de compatibilizarlos con los niveles de alerta por colores definidos por el documento para el desarrollo del PADE, los cinco niveles de alerta definidos podrán requerir algún ajuste.

Esto puede ser realizado de manera similar a lo recomendado por el documento FEMA-64 del año 2013. Un punto destacado de las recomendaciones establecidas en este documento es la

recomendación de elaborar una correlación entre los caudales evacuados y los impactos esperados. En la siguiente figura se reproduce un ejemplo presente en el documento que muestra, a partir del número de compuertas abiertas, el caudal de descarga junto a una descripción de los impactos aguas abajo y que organizaciones deben ser notificadas en cada caso.

Table E-1 is an example that correlates outflows from a dam, expected impacts, and the organizations that will be notified. Actual organizations and order of notification should be coordinated with all emergency management authorities involved.

Table E-1: Example High Flow Notification Table

Number of Gates Open	Flow (cfs)	Downstream Impacts	Organizations to be Notified
1-4	<10,000	None	None
5	12,500	Minor riverbank flooding	Town Police, National Weather Service, Downstream Dam Owner
6	15,000	Minor flooding of local roads near river	Town Police, National Weather Service, Downstream Dam Owner
7	17,500	Significant flooding of local roads near river	Town Police, National Weather Service, Downstream Dam Owner
8	20,000	State Highway 92 bridge flooded, significant flooding of local roads and houses near river	Local Police, National Weather Service, Downstream Dam Owner, State Emergency Management Authority

cfs = cubic feet per second

Figura 30 – Ejemplo de tabla de notificaciones (FEMA-64, 2013)

Esta tabla tiene una relación directa con la metodología utilizada en el procedimiento “Plan de acción ante crecientes” donde se definen niveles de alerta en función del caudal de descarga y nivel de restitución.

A manera de ejemplo y en forma preliminar se presenta un gráfico en la Figura 31 con los niveles de restitución en Salto Grande, los niveles de alerta definidos según el Procedimiento “Plan de acción ante creciente” y su relación con los niveles en Concordia. Los niveles en Concordia se calcularon en base a la curva clave y nivel de cero de escala presentes en el Informe de EVARSA-INCOSIV del año 2011. La actual obra de defensa en Concordia está construida con una cota de coronamiento de 18 m respecto a cero local. En el Anexo A se presenta un registro fotográfico de una visita realizada en el marco del presente contrato.

Se observa que, bajo diferentes niveles de alerta, complementariamente a las acciones previstas en la central, se podrán considerar las acciones relacionadas con las poblaciones aguas abajo.

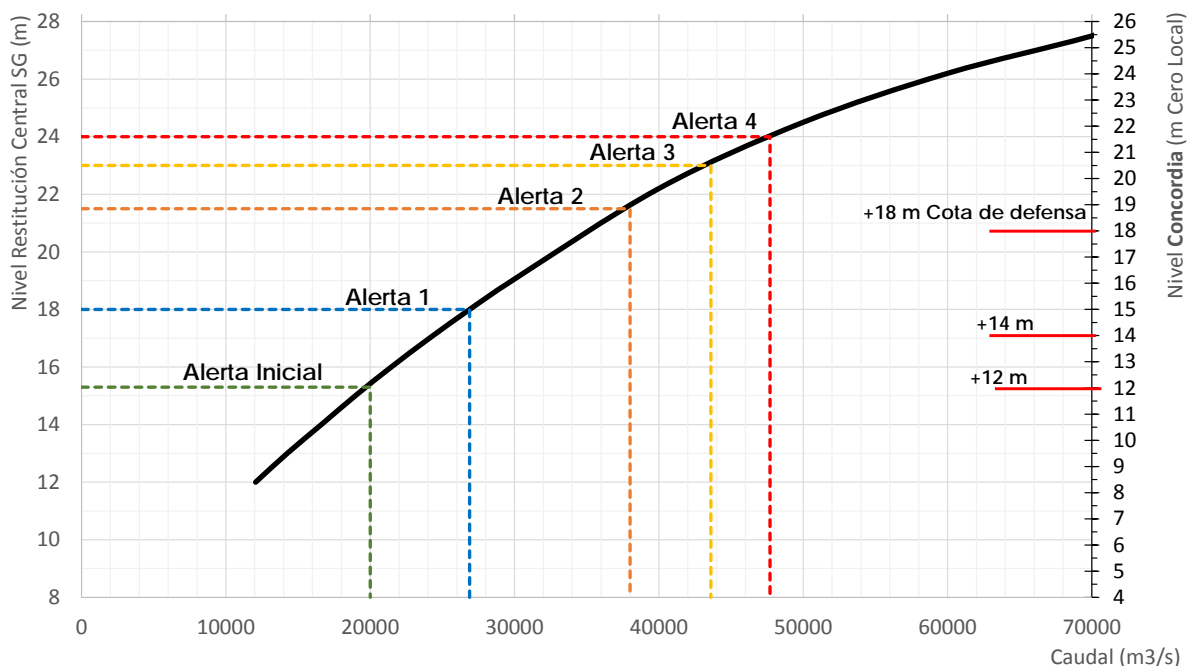


Figura 31 – Restitución en Salto Grande, Niveles de alerta y niveles en Concordia

Por otro lado, los eventos relacionados a eventuales condiciones de seguridad de presas no relacionados a eventos hidrometeorológicos extremos podrán ser integrados a los diferentes niveles de alerta y así mantener una única nomenclatura que pueda ser claramente identificada por todos los actores. Otra alternativa puede ser contemplar dos diferentes sistemas de alerta: uno relacionado a las crecientes del río Uruguay y otro relacionados a potenciales eventos de seguridad de presas. En todos los casos, estos deberán ser claramente definidos en el PADE junto con todas las acciones asociadas a cada nivel de alerta.

3.3.3 Comentarios sobre los niveles de alerta

Independientemente de la metodología de denominación de las alertas, en esta sección se realizan comentarios sobre los niveles de alerta por colores definidos por el documento para el desarrollo del PADE. Las sugerencias que se propondrán para las alertas mencionadas tienen como objetivo precisar mejor las condiciones para declarar diversos niveles de alerta asimilándolo más a lo que se utiliza en Salto Grande y tratando de eliminar eventuales dudas de interpretación al momento de generar la misma.

Alerta Blanca

Dentro de esta categoría, se incluyen algunas situaciones que implican un cambio en la situación de normalidad, y con relación a las cuales debe prestarse atención, mencionando dos casos:

- Desarrollo de una crecida ordinaria en la cuenca: la presa no presenta problema alguno, pero por crecidas en la cuenca deberán operar los órganos de evacuación previstos, poniendo a los valles de aguas abajo en situación de emergencia.
- Eventos de menor magnitud que afecten a la propia presa: sólo requieren un mayor control, implican “PRESTAR ATENCIÓN”.

Asociados a esta alarma no se encuentra asociado un diagrama de notificación.

Al respecto nos permitimos formular las siguientes recomendaciones:

- a. Convendría incorporar dentro de los casos correspondientes a esta alerta la posibilidad de que la condición reportada represente cualquier erogación imprevista, que implique un incremento de caudales en un tramo del río, no contemplado en el Manual del Agua, como por ejemplo originado en un comportamiento anormal o contingencia en algún componente de la obra destinado al control de las descargas, sin configurar una situación que pueda producir la rotura de la presa.
- b. Para lograr un adecuado nivel de definición de la alarma, en especial para los órganos de evacuación previstos, ya que en la forma planteada no existe un parámetro numérico que permita definirla, consideramos que sería necesario incorporar un valor de caudal aguas abajo, vinculado con la situación de las poblaciones ribereñas, que no genere inconvenientes en la misma. En especial, debería considerarse la situación de los posibles pobladores cercanos. Podría utilizarse los valores detallados en el numeral anterior en cuanto a los distintos niveles de alerta descriptos.

De todas formas se destaca que los operadores del Complejo hidroeléctrico Salto Grande tienen en claro hasta qué caudal hacia aguas abajo puede preverse, que no genere la necesidad de notificaciones especiales asociadas a posibles evacuaciones. De manera similar a la práctica actual de Salto Grande, siempre es conveniente el aviso cuando se producen incrementos importantes del caudal evacuado, aun cuando se esté por debajo del caudal que se defina para límite de esta alerta, a los efectos de que los pobladores conozcan el incremento de caudales.

Alerta Amarilla

En nuestro criterio, la definición de Alerta Amarilla tiene un grado importante de discrecionalidad que convendría clarificar, según se comenta a continuación.

- De acuerdo a lo definido en el documento del PADE, esta alerta se identifica como una situación cuando la falla se podría desarrollar, pero determinadas acciones correctivas llevadas a cabo para mitigar los efectos de los eventos (como grandes crecidas, terremotos, evidencia de filtraciones, etc.) que la produjeron. Estas eliminan las posibilidades de desarrollo de la falla, sin embargo, la condición de la estructura es altamente inestable o las descargas operacionales serán importantes, pero no amenazantes para la vida.
- El documento del PADE considera que aún si bien la falla es inevitable, hay más tiempo disponible que en una situación de "la falla ha ocurrido", para dar los avisos y/o tomar las acciones preventivas necesarias. Concretamente se propone la declaración de esta alerta cuando se observa una situación que afecta a la seguridad de una presa la que derivará en una falla si se la deja sin atención, no existiendo peligro inmediato.
- Según lo previsto la CTMSG determinará internamente si es pertinente dar un aviso de "se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa".
- En otras palabras, la CTMSG evaluará la situación para determinar si existe suficiente tiempo para monitorear y/o tomar acciones correctivas a fin de prevenir o mitigar el empeoramiento de la situación sin notificar a los organismos pertinentes o, en su defecto, declarar la emergencia de Alerta Amarilla y notificar a las Autoridades de la Emergencia.
- Corresponde a una situación en la que todos los responsables deben estar en estado de Alerta y Preparados para actuar o "LISTO PARA EJECUTAR".

En nuestro criterio, no resultan claro las condiciones en las cuales se debería declarar la Alerta Amarilla, atendiendo a que si las situaciones correctivas que se implementen diesen resultado, como se menciona, no se llega a la necesidad de evacuación de caudales que puedan generar la emergencia, pero si no se lograran se alcanzaría dicha condición.

En tal sentido sugerimos incorporar mayores precisiones sobre las mismas, tratando de definir con mayor precisión las causas que puedan generar la necesidad de Alerta Amarilla.

Dentro de las causas que puedan generar emergencias en el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, entendemos que las de mayor probabilidad de ocurrencia se generan con aspectos hidrológicos y de evacuación de caudales y, asociados a los mismos, consideramos necesario que el PADE defina y acote con mayor precisión las siguientes condiciones:

- a. Probabilidad de ocurrencia de las crecidas críticas en la cuenca de aporte: dadas las condiciones de posible afluencia de una crecida de esta magnitud, considerando las precipitaciones en los distintos sectores de la cuenca, debería necesariamente implementarse la Alerta Amarilla, disponiendo de un determinado tiempo para evacuar las personas potencialmente afectadas.
- b. Rotura de presas aguas arriba: la rotura de una presa, o conjunto de presas, aguas arriba debería, en la medida que la situación pueda generar la necesidad de evacuar un determinado caudal en el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, necesariamente llevar a implementar la Alerta Amarilla.

Finalmente cabría considerar el desarrollo de una emergencia a partir de una falla propia de la presa, atendiendo a posibles filtraciones, erosiones, tubificación, etc., entendiendo que en general estos eventos producirán caudales inferiores que los motivados en un evento hidrológico.

Alerta Roja

Corresponde a una situación en donde la falla es inminente o ya ha ocurrido, en cuyo caso no existen posibilidades de retroceso en el proceso de falla en desarrollo.

El PADE señala algunas situaciones de emergencia que requerirían declarar este nivel de emergencia, según se detalla textualmente a continuación

Alerta Roja - Caso I:

- Las descargas operacionales se han puesto en condición de vida-amenazantes.
- La presa está en el peligro de COLAPSO INMINENTE y ha sido determinado que la presa FALLARÁ DEFINITIVAMENTE.
- La presa está empezando a FALLAR realmente.
- LA PRESA HA FALLADO.

Alerta Roja - Caso II:

- Se ha producido la rotura de una presa aguas arriba con la presencia de tormentas de importancia en la cuenca hasta Salto Grande.

Los diversos aspectos que se sugiere ser revisados, a partir de las definiciones anteriores, son las siguientes:

- a. No resulta claro que es una “condición de vida – amenazantes”. Sugerimos modificar esta condición por su imprecisión, sustituyéndola por definiciones más precisas.
- b. Debe ser modificado el caso de rotura de una presa aguas arriba, ya que no toda rotura puede generar una falla en Salto Grande. En muchos casos podría corresponder a una alerta de menor rango a la Roja, dependiendo de la propagación de la crecida y la condición en que se produce la rotura.

3.3.4 Situaciones de Emergencia previstas

El documento para el desarrollo del PADE disponible considera distintas condiciones de emergencia, según el listado que se presenta a continuación.

- Eventos hidrológicos que pongan en peligro la estabilidad estructural de la presa.
- Filtración:
 - a. Filtración descontrolada sin remoción de material fino.
 - b. Burbujeo o Hervido: Se depositan partículas de suelo alrededor de la salida de agua formando un cono.
 - c. Sifonaje. Incontrolable pasaje de agua con remoción de material fino de la fundación o espaldones.
- Sumidero: Depresión de la superficie, ubicada agua abajo o aguas arriba.
- Torbellinos en el embalse.
- Deslizamientos.
- Fisuras:
 - a. Fisuras abiertas en los espaldones, paralelas o formando ángulo con el eje de la presa.
 - b. Hormigón: Fisura de estructuras localizadas en las juntas de expansión.
 - c. Fisuras en galería y Hormigón masivo.
 - d. Fisura en Vertedero y dissipador de energía.
- Fallas o rotura del Rip-Rap.
- Erosión por lluvia.
- Fallas de compuertas:
 - a. Mal funcionamiento de las compuertas de vertedero.
 - b. Vibración en las compuertas.
- Cambios anormales en drenes y/o lecturas de instrumentos de auscultación.
- Deformaciones estructurales:
 - a. Movimientos y asentamientos en la presa de Hormigón.
 - b. Movimiento de la central.
 - c. Movimientos del Vertedero durante el vertido.
 - d. Erosión en el descargador de fondo.
 - e. Erosión en la fundación del vertedero.
- Sismo.
- Actos de Sabotaje o Vandalismo.
- Agujeros realizados por roedores.

La totalidad de los elementos mencionados como originantes de una emergencia, presentan aspectos conceptuales que necesariamente deben adaptarse a las condiciones particulares de la presa que se esté considerando.

Al listado disponible, podrían agregarse otros elementos, que no figuran en los mismos, tales como:

1. Rotura, o roturas, de presas ubicadas aguas arriba del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, algunas de las cuales podrían generar emergencias en el complejo.
2. Funcionamiento incorrecto del vertedero que determinen posibilidad de apertura de compuertas sin control.
3. Inconvenientes en las compuertas del descargador de fondo que puedan dar lugar a una descarga descontrolada.
4. Inconvenientes en las compuertas de la esclusa de navegación que puedan dar lugar a una descarga descontrolada.

En tal sentido, en el Anexo 7, donde se presenta la descripción de anomalías, se expresa claramente que corresponde a una serie de posibles causas que son una guía que debe ser utilizada por expertos con criterios ingenieriles, expresando: *“La información brindada es meramente orientativa y no debe considerarse como un “manual de procedimientos”. Cada vez que se presente una situación anómala y al mismo tiempo que se procede según sugieren las tablas adjuntas, debe convocarse al Profesional Externo a CTMSG y/o al Consultor Independiente, según se determine a través de la primera evaluación la gravedad del problema.”*

Es claro que cada una de las posibles causas de las emergencias debe ser considerada con un criterio altamente especializado para evaluar si constituye, o puede constituir, una situación donde deba ser emitida un Alerta y, en tal sentido, sería importante que CTMSG disponga de una revisión periódica de las obras por parte de un Consultor Independiente, al cual sólo se lo podrá convocar frente a una posible situación de emergencia si dispone de un conocimiento previo sobre el estado y comportamiento de las obras.

3.3.5 Esquemas y Procedimientos de Notificación

El documento para el desarrollo del PADE disponible ha contemplado dos esquemas de notificación correspondiente a los siguientes casos:

- Diagrama de Aviso N°1: Alerta Amarilla o Alerta Roja, Caso II (Rotura de Presas Aguas Arriba).
- Diagrama de Aviso N°2: Alerta Roja, Caso I (Rotura Inminente o ya Ocurrió, en ausencia de Jefes y Gerentes).

Con relación a los diagramas previstos en relación a lo propuesto por el documento para el desarrollo del PADE, nuestra evaluación y sugerencias son las siguientes:

1. Entendemos conveniente que cada diagrama de aviso esté vinculado con el tipo de alerta, amarilla o roja, no involucrando en un mismo esquema a dos de ellas como está planteado actualmente para el caso N°1. Cada nivel de alerta, independientemente de cómo sea definido deberá estar vinculado a un diagrama de aviso.
2. La descripción del segundo diagrama de aviso no es clara, en especial con la definición de “en ausencia de Jefes y Gerentes”. El diagrama de notificaciones debería ser totalmente independiente de la presencia de determinados puestos y corresponde que funcione en forma automática cuando estén dadas las condiciones para emitir el aviso de Alerta.
3. Se entiende que el diagrama N°1 podría corresponder al caso de Alerta Amarilla, en donde los tiempos disponibles son más importantes antes de llegar a la falla y en tal caso la alerta podría ser declarada por el nivel gerencial que corresponda.
4. Por su parte el diagrama N°2 debería corresponder a la Alerta Roja, en cualquiera de sus dos casos, que por razones de tiempos disponibles, podría ser declarada por los niveles de jefatura de la Central.
5. Consideramos necesario que ambos diagramas integren dentro de los destinatarios de los avisos a las autoridades que regulan el tránsito por sobre el coronamiento de la presa, dado que resultará altamente conveniente, sino necesario, suspenderlo para el mejor atendimento de las emergencias. Este aspecto no ha sido contemplado en ninguno de los casos previstos por el documento de desarrollo del PADE.

En forma conceptual se entiende que el desarrollo, la actualización y puesta en servicio del PADE debe contemplar una adecuación de los Diagramas de Aviso e integrar los nombres y teléfonos de los destinatarios de las notificaciones a cursar. Lo establecido en el documento actual para el desarrollo del PADE puede tomarse como referencia o ejemplo general, pero es conveniente que los

avisos y los niveles de alerta se adecuen a los procedimientos actualmente vigentes en Salto Grande, con mejoras o ajustes que surjan como beneficiosos cuando se unifique el documento.

En este sentido, se destaca que en “Plan de acción ante creciente” (ver Sección 2.3.4) establece distintos niveles de alerta y una serie de acciones asociadas. Una de las acciones previstas es que ante la declaración de un “Alerta Inicial” por parte del área de hidrología se convocará a un Comité de emergencias. El documento también detalla cómo se conforma el Comité y establece que: *“El Comité de Emergencia será el responsable de la decisión que “dispare” las acciones a tomar, en cada caso y de acuerdo a la cota de restitución que se especifica y a los caudales de aporte determinará el Alerta y notificará.”*. Durante las reuniones mantenidas durante la visita a Salto Grande, el personal comentó que este es el procedimiento que se utiliza en condiciones de crecientes.

3.3.6 Incorporación al PADE de procedimientos usuales de la CTMSG

Como ha sido expresado en el presente Informe, la operación de Complejo Hidroeléctrico Salto Grande dispone de una serie de normas internas vinculadas con la operación de las obras, principalmente con relación al manejo de los caudales, en distintas situaciones, que conforman verdaderos procedimientos de emergencia.

En tal sentido entendemos conveniente que la actualización del PADE contemple el desarrollo de las siguientes tareas:

1. Revisión de los procedimientos operativos actuales, para poder individualizar las previsiones existentes para el caso de ocurrencia de caudales elevados que pudieran dar lugar a potenciales emergencias de la presa.
2. Integrar estos procedimientos al PADE, vinculando las distintas posibilidades de erogación de altos caudales con las alarmas establecidas.

Resulta necesario, con relación a los procedimientos internos de CTMSG que resulten integrados al PADE, sean los que correspondan a condiciones de emergencia, no aquellos que se relacionan con la operación normal de las obras.

3.3.7 Evaluación de Posibles Mejoras en los Mapas de Inundación

En el Tomo II – Anexo 10 se incluyen los planos de inundación desarrollados en el marco del documento para el desarrollo del PADE. Estos planos corresponden a distintos escenarios considerados, totalizando un total de 32 posibilidades, por medio de una modelación hidrodinámica que simula diferentes situaciones.

Del total de las 32 posibilidades estudiadas, se ha verificado que 15 de ellas no representan peligro para las poblaciones y áreas rurales ubicadas aguas abajo y aguas arriba de Salto Grande. En los 17 restantes se incluyen una serie de variables muy importantes, en especial cuando se evalúan la posible rotura de las presas de aguas arriba y las condiciones meteorológicas en el área de influencia del embalse del CHSG. Esto genera no sólo una gran variedad de caudales evacuados, como también de los tiempos de traslado de las ondas de crecida.

En función de la totalidad de las variables consideradas se han elaborado una serie muy importante de planos de inundación. En cada uno de los planos disponible se han marcado las líneas de

inundación previstas para los distintos caudales considerados, los cuales brindan una buena aproximación a las condiciones que deberán enfrentar las poblaciones ribereñas frente a erogaciones de caudales de importancia como los mencionados.

Los planos (ver Sección 2.3.1.6) están preparados para caudales entre 20.000 y 90.000 m³/s, cada 10.000 m³/s. Es de destacar que el caudal medio diario a erogar es informado por Salto Grande todos los días (ver Figura 13).

Frente a la información disponible mencionamos a continuación los distintos elementos que consideramos necesarios mencionar:

1. Los planos desarrollados están integrados al PADE (Tomo II, Anexo 10) y deben ser puestos en conocimiento de las autoridades territoriales que correspondan, no sólo para estar preparados frente a posibles emergencias, sino para que conozcan las áreas afectadas y asuman las medidas de planificación territorial que sean necesarias. Entendemos que esta etapa ya ha sido cumplimentada y las correspondientes comunicaciones han sido cursadas.
2. Teniendo en cuenta que las curvas de inundación potencial se relacionan con los caudales escurriendo en el río, resultará necesario que, al asumirse una emergencia, cuando se emitan los avisos a las autoridades correspondientes se estimen los caudales que serán erogados para que las mismas puedan asumir los niveles de inundación previsibles. En caso de hidrogramas de descarga no constantes o variables en el transcurso del día, será importante brindar información adicional de esta variación al caudal medio diario previsto.
3. Los planos de inundación no incluyen la variable tiempo, la cual es muy importante para la atención de las emergencias. Declarada una emergencia, la misma deberá incorporar los tiempos previsibles de llegada de la onda de inundación máxima prevista con el propósito de organizar, y optimizar, las tareas de evacuación. Debería disponerse de una tabla que de manera simple establezca los horarios de llegada de los distintos caudales a las potenciales áreas de inundación ubicadas aguas abajo.
4. La formulación de los planos de inundación responde a dos variables principales: i) la modelación matemática que se efectúe; ii) la información topográfica utilizada como base para determinar los niveles de inundación. Entendemos que la modelación matemática se ha efectuado con las herramientas disponibles que dan un aceptable grado de precisión. En relación a la información topográfica, desconocemos la precisión de la utilizada para formulación de los planos, pero indudablemente que la estimación de los niveles está asociada a la misma.
5. Debe considerarse asimismo la acción antrópica sobre el terreno, tanto por la implantación de nuevas construcciones, cercos, etc., como para la incorporación de obras específicas de defensas, como la existente en la ciudad de Concordia que han modificado las previsiones consideradas en el año 2011 (ver Anexo A).
6. Se nos informó que está prevista la realización de un relevamiento con la metodología LIDAR, tanto en el sector del embalse, como en el inmediato aguas abajo. Sin duda que esta información podrá suministrar mayor precisión para un ajuste en el trazado de los niveles de inundación asociados con las mismas y sería muy conveniente la actualización de los planos de inundación con la mejor precisión disponible.

En conclusión, se entiende que, si bien no constituye un objetivo de corto plazo dentro de la revisión, actualización y puesta en vigencia del PADE para el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, a mediano plazo convendría revisar los planos de inundación elaborados en el año 2011. Sobre todo, actualizar la información relacionada a las obras de defensas existentes por ejemplo en Concordia y en Concepción del Uruguay.

3.3.8 Aspectos vinculados con la Seguridad y Control de las obras

Si bien no es el principal aspecto de la presente revisión del PADE, se incluirán en el presente punto algunos aspectos vinculados con la seguridad y control de las obras del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, actualmente en operación, con una edad del orden de los 40 años.

De acuerdo a lo que se nos informara y a un recorrido general efectuado en esta oportunidad no existen indicios que puedan sugerir aspectos de riesgo vinculados con la seguridad de las mismas.

En ocasión de los estudios y evaluaciones desarrolladas en el marco de los Estudios para el Diagnóstico y Modernización de la Central Hidroeléctrica Salto Grande (SN1), desarrollada por MWH – IATASA, en el año 2016 los profesionales y especialistas participantes no relevaron aspectos que pudiesen vincular con dudas en cuanto a la seguridad de las obras.

No obstante, la CTMSG ha desarrollado, tiene en ejecución, o se encuentran previstos, distintos trabajos que se relacionan conceptualmente con la seguridad de las presas, dentro de los cuales, sin que la siguiente lista sea limitativa, podemos mencionar:

1. Acondicionamiento del rip-rap de protección en el talud de aguas arriba de la presa, con un procedimiento de colocación de bloques que demostró ser muy exitoso.
2. Instalación de una red de puntos fijos en la presa para control de los movimientos de la misma.
3. Canalización, instalación de aforo y conducción de una filtración existente en el contacto entre el muro derecho de la esclusa de navegación y la presa de materiales sueltos.
4. Revisión de los criterios de diseño oportunamente considerados para el proyecto de la presa.
5. Evaluación y posible reparación de erosiones relevadas en las pilas del vertedero.
6. Implementación de un Programa de Seguridad de Presas que integra todas las actividades vinculadas con estos aspectos.

Independientemente de las acciones adoptadas por la CTMSG existen otras acciones que sugerimos considerar a los efectos de contemplar distintos aspectos que se relacionan con la seguridad de las obras, y que detallamos a continuación:

- a. Necesidad de evaluar la instrumentación de la presa, considerando la edad de los instrumentos originales, que algunos de ellos son obsoletos o no funcionan y la necesidad de disponer de información específica de sitios de interés. Nos referimos por ejemplo a la necesidad, y conveniencia, de disponer de piezómetros en los contactos de la presa de materiales sueltos con las estructuras de hormigón, considerando que corresponden a lugares que pueden dar lugar a filtraciones y, eventualmente, movilización de partículas.
- b. Conveniencia de que las obras sean periódicamente auditadas, en cuanto a aspectos de su seguridad, por parte de un Consultor o Panel Independiente, profesional altamente calificado que en un corto plazo pueda emitir opinión fundada sobre el estado de las mismas. Las Auditorías por Consultores Independientes tienen como principal objetivo verificar el estado de las obras, las prácticas adoptadas por el operador, eventuales anomalías en el mantenimiento y/u operación, así como de cualquier riesgo potencial no contemplado; recomendar la necesidad de estudios y/o investigaciones complementarias, trabajos correctivos u otras mejoras para la seguridad. La Auditoría por Consultor Independiente es práctica usual en muchos países, incluida la República Argentina para las obras concesionadas por el Estado Nacional y también forma parte de recomendaciones de ICOLD.
- c. Necesidad de implementar las medidas correctivas que correspondan para asegurar la operación del Descargador de Fondo, atendiendo a su colaboración para el manejo de crecidas críticas (ver Capítulo 4.0).

4.0 ACTUALIZACION DE LOS PLANES DE O&M DE LAS OBRAS DE DESCARGA

4.1 OPERACIÓN DE OBRAS DE DESCARGA

4.1.1 Introducción

Según ha sido considerado en distintos estudios y evaluaciones realizadas, con respecto a la operación del CHSG, la poco probable aunque posible existencia de fenómenos meteorológicos extremos, conforme a una determinada distribución en el área de la cuenca de aporte, puede dar lugar a la presencia de importantes crecidas, tanto en cuanto al caudal máximo previsto, como en volúmenes aportados, que generan la necesidad de un adecuado manejo del embalse de Salto Grande para poder erogar los caudales necesarios impuestos por las crecidas afluentes.

Sucesivas evaluaciones desarrolladas desde la época del diseño original han ido modificando los valores inicialmente considerados, incrementando ligeramente los caudales máximos previstos, pero en forma más importante los volúmenes asociados a las distintas crecidas.

Diversos fenómenos tal como los cambios climáticos, o la deforestación en el área de influencia llevan a considerar que la presa de Salto Grande podría enfrentar, como evento extremo, el ingreso de crecidas de importante volumen, que resulta necesario evacuar manteniendo la seguridad de la presa en esas condiciones extremas.

La presa de Salto Grande está constituida por una estructura de materiales sueltos, adecuadamente zonificados, con protección de enrocados en los taludes de aguas arriba y abajo, frente a potenciales erosiones por el oleaje, o las precipitaciones de alta intensidad.

De acuerdo con los antecedentes bibliográficos disponibles, la mayor causa de rotura de presas corresponde al sobrepaso del coronamiento ("*overtopping*"), como consecuencia de algún evento que no permita la erogación de caudales por las estructuras usuales de evacuación. Precisamente esa puede ser la potencial situación de la presa de Salto Grande, razón por la cual es necesario analizar y evaluar, en forma temprana, las posibilidades de evacuación de los caudales generados por las crecidas extraordinarias críticas, con el principal propósito de definir, y adoptar, las medidas correctivas que pudiesen ser necesarias.

4.1.1.1 Crecidas de diseño

De acuerdo a lo previsto en el proyecto originalmente concebido, año 1969, la crecida de diseño sería controlada a través de la descarga por el Vertedero alcanzando el embalse un nivel de 38,80 msnm y la descarga a través de los Descargadores de Fondo. El coronamiento de la presa corresponde al nivel 39,70 msnm. Según el "Manual de Aguas", la llegada de la crecida sería esperada con un nivel de embalse de a lo sumo 36,00 msnm, para aprovechar la capacidad de regulación del embalse.

La Figura 32 presenta un extracto del Manual de Aguas donde se presentan los estudios antecedentes relacionados a la crecida de diseño del proyecto.

La crecida máxima probable fue analizada desde un punto determinístico por dos consultores. El primero de estos estudios fue realizado por el Consorcio ACRES HIDROSUD, autores del proyecto ejecutivo de Salto Grande.

Posteriormente el Estudio GRADOWCZYK, realizó una revisión de los resultados anteriores, a solicitud de Main & Asociados.

Ambos análisis coinciden en que la máxima creciente físicamente posible es del orden de los 70.000 m³/seg.

Estos trabajos fueron sometidos a revisiones posteriores, llegándose a las siguientes conclusiones:

La metodología seguida en ambos casos es la usual para el cálculo de la creciente máxima probable en forma determinística.

Este valor máximo, sólo se puede producir por la superposición en el momento adecuado, de una creciente en la cuenca alta y media con otra de la cuenca inmediata.

La probabilidad de ocurrencia de la creciente de diseño es sumamente baja, ya que el valor máximo se obtiene por la ocurrencia simultánea de dos eventos de baja probabilidad de ocurrencia individual.

Figura 32 – Extracto del Manual de Aguas – Crecida de diseño

Posteriormente en el año 2011 se desarrolló una nueva revisión, en este caso por parte de EVARSA-INCOCIV, alcanzando una estimación de caudal máximo de unos 74.000 m³/s, y con un volumen de crecida asociado substancialmente superior.

Finalmente, en el año 2015, a través del contrato encargado por la CTMSG junto con el BID (Contrato “SN2”), se desarrolló por parte de las consultoras DHI-OFITECO-CSI un último estudio, verificando los picos máximos previstos, pero estimando mayores volúmenes asociados.

A partir de las sucesivas instancias anteriores, se verifica que las previsiones originales del diseño para manejo de las crecidas se han visto superadas por los nuevos cálculos de Crecida Máxima Probable, siendo necesario evaluar distintas posibilidades para el manejo de la misma.

Como ha sido anteriormente comentado, el equipamiento originalmente previsto para la evacuación de la crecida de diseño está compuesto por el vertedero y los descargadores de fondo. En el caso de la ocurrencia de crecidas extraordinarias extremas como las mencionadas anteriormente se activarían las presas fusibles.

Revisaremos la situación actual de los diversos elementos disponibles, sugiriendo algunas consideraciones para estimar su futuro comportamiento frente a la ocurrencia de una crecida crítica.

4.1.2 Descargador de Fondo

Previo a la evaluación de las condiciones operativas del Descargador de Fondo del CHSG, consideramos conveniente analizar conceptualmente los objetivos que pueden asignarse al mismo.

La estructura de evacuación de un embalse como el Descargador de Fondo tiene por lo general distintas funciones vinculadas con distintas etapas de la operación de un embalse, tales como las siguientes:

- a. Control de los caudales hacia aguas abajo en la etapa de llenado del embalse, incluyendo mantenimiento del escurrimiento y regulación de escalones de llenado para verificar comportamientos de las obras.

- b. Remoción de sedimentos acumulados en el área vecina al Descargador de Fondo, por desembalse periódico de un determinado volumen de agua que proceda al arrastre de los mismos.
- c. Erogación de un determinado caudal hacia aguas abajo, usualmente denominado caudal ambiental, o ecológico, en condición de central hidroeléctrica parada para posibilitar cumplir con distintos requerimientos del cauce aguas abajo, como la alimentación de un embalse, o la garantía de un caudal mínimo para cumplir con determinado objetivo, por ejemplo, consumo humano, riego, industrial, o generación de energía.
- d. Reducción del nivel de embalse durante su operación, a los efectos de inspección, mantenimiento o reparación de la presa.

Normalmente el Descargador de Fondo no es utilizado para el control de crecidas, o descarga de excedentes, los cuales deben ser administrados por el organismo específico constituido por el Vertedero.

En el caso particular del CHSG la estructura está prevista para el manejo de las crecidas extraordinarias críticas, por lo cual es necesario verificar su adecuado comportamiento con el propósito de garantizar su operación bajo las condiciones dadas al momento que sea requerida.

Considerando que la cota de la cresta de los vertederos es 17,00 msnm, el aporte de los descargadores de fondo ante una eventual operación de vaciado del embalse es marginal.

A partir de la evaluación precedentemente señalada, se considera que el uso previsto para el Descargador de Fondo en el CHSG sólo puede ser utilizado en casos extremos como elemento decisivo en la seguridad del embalse, contribuyendo con el vertedero en la descarga de los caudales originados por el ingreso de las crecidas críticas (que pueden llegar a la CMP), constituyendo el principal, y único, objetivo del mismo.

4.1.2.1 Antecedentes de uso del Descargador de Fondo

Los conductos que conforman el Descargador de Fondo fueron oportunamente utilizados para desvío del río durante la fase constructiva del CHSG (Ver foto en Figura 24).

Posteriormente fueron cerrados con las compuertas de mantenimiento y montado el equipamiento de control, constituido por las compuertas vagón.

Según la información recibida, estos descargadores nunca han actuado como tales, con excepción de una única oportunidad en donde, por una maniobra operativa no adecuada, se produjo una evacuación de caudales, limitados, hacia aguas abajo en el año 2013. Según lo expuesto en el informe del estudio “SN1”³:

“En 2013 se retiró la compuerta de aguas arriba del descargador, una por vez, en uno de los vanos de la margen izquierda, estando solo una de las ataguías de aguas abajo instalada. En esta operación no hubo inconvenientes en el movimiento de la compuerta de aguas arriba, no obstante al no haberse instalado la ataguía superior se produjo la descarga de agua a través del vano libre de la misma”

³ 2016, MWH-IATASA. Informe Final – Fase I - Diagnóstico Integral – “Estudios para el Diagnostico y Modernización de la Central Hidroeléctrica Salto Grande”.



Figura 33 – Fotografía de la descarga por apertura de la Compuerta del descargador de fondo con un tablero sin colocar

4.1.2.2 Limitaciones operativas

En el informe “SN1” se presenta un análisis de las fuerzas estáticas e hidrodinámicas que se necesitan vencer para realizar una apertura del descargador de fondo bajo diferentes condiciones de niveles de aguas arriba y abajo. En la Figura 34 se reproduce el cálculo realizado en base a la metodología propuesta por Naudascher (1986)⁴ para la estimación del downpull en compuertas de estas características.

⁴ Eduard Naudascher, ASCE, R.P.Rao, A.Richter, P.Vargas, G.Wonik, Prediction and control of down-pull on tunnel gates, Journal of hydraulic engineering, Vol 112, No. 5, Mayo 1986.

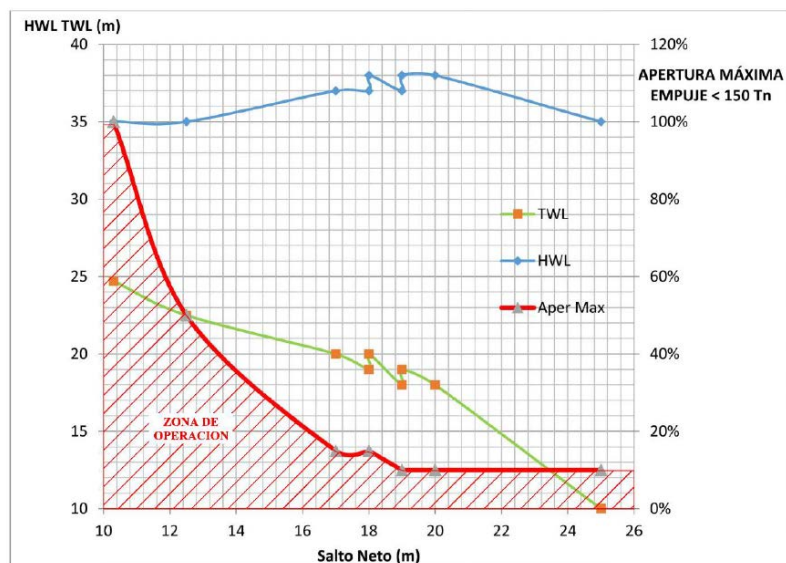


Figura 34 – Límites de apertura de la compuerta (Fuente: Estudio SN1)

A partir de las estimaciones realizadas, el informe concluye que *“en las condiciones actuales el pórtico grúa no tiene la capacidad suficiente para manipular las mismas en todas las condiciones de salto y apertura”*. La capacidad máxima del pórtico grúa es de 150 toneladas.

Un análisis detallado de la información presentada en ese informe indica que los descargadores de fondo sólo podrían ser abiertos completamente si el salto bruto (diferencia entre el nivel de embalse y la restitución) es menor a 10,30 m. Para saltos mayores a este, se debería limitar la apertura del descargador a fin de que el downpull generado más el resto de las cargas estáticas no supere la capacidad del pórtico grúa de 150 toneladas.



Figura 35 – Fotografía del Pórtico grúa de margen izquierda

Por otra parte, recomienda la elaboración de un plan de acción que tenga como objetivo a largo plazo la posibilidad de efectuar periódicamente un ensayo operativo de los descargadores de fondo. Además, manifiesta que tratándose de un órgano de seguridad “*se deberá analizar la extensión de los planes de mantenimiento aplicados a las compuertas de guardia de las unidades, para las compuertas de los descargadores de fondo con las adaptaciones necesarias*”.

A partir de la limitación operativa evaluada en el informe “SN1”, sólo sería posible operar el Descargador de Fondo en situaciones de altos caudales, cuando los saltos brutos sean inferiores a 10,3 m. Si se considera lo expresado en el punto 2.4.2 en relación a los valores de caudales y niveles esperados ante la ocurrencia de una crecida extraordinaria crítica, el descargador de fondo debería poder abrirse para un salto como mínimo de 12,2 m (luego baja a 11,2 m dado el aumento de restitución). Se puede concluir, con la incertidumbre asociada a la estimación del *downpull*, que no sería posible ejecutar esta operación. En consecuencia deben verificarse los requerimientos y las condiciones de operación del descargador de fondo para asegurar que su uso sea posible en las condiciones descritas. Consideramos imprescindible efectuar las adecuaciones necesarias para garantizar su utilización en el manejo de crecidas extraordinarias críticas.

4.1.2.3 Condicionantes operativas

Teniendo en cuenta la necesidad de operación del Descargador de Fondo para el manejo de caudales en ocasión de crecidas extremas críticas, se han considerado los distintos elementos que pueden condicionar dicha operación, mencionándose los que se detallan a continuación.

- a. Elementos de izaje de las compuertas que puedan garantizar una apertura y cierre confiable para los niveles de embalse y restitución correspondientes a un escenario de crecidas extremas críticas (ver escenarios de descarga analizados en la sección anterior).
- b. Verificación de las condiciones de cierre de las compuertas, por peso propio, en las posibles condiciones de embalse y restitución.
- c. Erosiones potenciales en el hormigón frente al paso de caudales de cierta importancia.
- d. Erosiones en el lecho del río aguas abajo de la estructura de hormigón del descargador de fondo.

De los cuatro elementos considerados, entendemos que los más críticos son los puntos a) y b). Si no resulta posible la apertura de las compuertas, se vería limitado el caudal a evacuar y podría ocurrir que el nivel de embalse alcance valores inadmisibles por no poder evacuar el caudal previsto por los descargadores de fondo.

Según se expresó en el punto 4.1.2.2, el pórtico de izaje presentaría ciertas limitaciones operativas que requieren condiciones elevadas de la restitución para operar. Si en dicha situación, la apertura se viera imposibilitada, no existirían alternativas de descarga disponibles y el riesgo de alcanzar niveles de embalse inadmisibles ante crecidas extraordinarias críticas se incrementa.



Figura 36 – Elementos de Accionamiento del Descargador de Fondo

A los efectos de poder garantizar la apertura, oportunamente en el estudio SN1 se recomendaron algunas acciones en relación a las limitaciones operativas del Descargador de Fondo. Dichas acciones deberían tomarse, si una vez confirmados los valores teóricos, se hicieran necesarias medidas correctivas sobre el mando de la compuerta.

Los valores teóricos estimados pueden ser confirmados mediante la ejecución de un modelo físico de detalle del descargador de fondo y su compuerta en diferentes condiciones de apertura de la misma que permita determinar los esfuerzos hidrodinámicos (downpull y uplift) y así poder determinar los valores de tiro sobre la misma. De esta manera se podrán evaluar todas las variables hidrodinámicas que actúan durante la operación de las compuertas del descargador de fondo. Este estudio sería complementario a los cálculos teóricos presentados en el informe SN1.

Si bien es posible efectuar una simulación numérica (CFD), teniendo la ventaja de disminuir costos y tiempos de ensayo, entendemos que esta técnica por sí sola no elimina totalmente las incertidumbres ya que las mismas dependen muy fuertemente entre otras, de la calidad del modelo y de capacidades computacionales a utilizar en la simulación. Teniendo en cuenta la importancia y sensibilidad de la obra se considera necesario de todos modos una validación de los resultados por medio de ensayos con un modelo físico de detalle.

De esta manera se podrán confirmar cuales son las acciones hidrodinámicas sobre las compuertas y reducir significativamente las incertidumbres asociadas a su necesidad de operación eventual, obteniéndose así información confiable para ajustar, en caso de requerirse, el diseño de los medios de izaje necesarios.

De confirmarse los resultados teóricos, las posibles acciones correctivas a considerar para poder operar la compuerta en forma segura son:

- a. Implantación de un servomotor para operación de cada una de las compuertas, con la capacidad necesaria para poder alcanzar las condiciones de cierre dentro de los saltos netos en los que debe operarse el descargador de fondo, según lo expresado más arriba en este informe.
- b. Consideración de la posibilidad de que los dos pórticos de aguas arriba disponibles pudiesen actuar en tándem para disponer de una capacidad de elevación combinada de 300 toneladas.

Respecto de la capacidad de cierre, dependiendo de los resultados del ensayo de modelo físico, de las dos alternativas posibles para asegurar la operatividad de las compuertas del Descargador de Fondo en las condiciones de salto definidas, la a) permitirá utilizar la fuerza de los servomotores para la maniobra de cierre de las compuertas, en tanto que en la b) el cierre siempre seguirá siendo por peso propio, existiendo la posibilidad de lastrar la compuerta.

4.1.2.4 Conclusión

La erogación de caudales a través del Descargador de Fondo, considerada para colaborar en el control de crecidas extraordinarias críticas (esta erogación alcanza el 10% del aporte del vertedero completamente abierto para un nivel de embalse igual a 36,00 m), requeriría, ad referendum de los resultados del ensayo de modelo físico, la realización de adecuaciones sobre los elementos de izaje de las compuertas del descargador, que deben ser cuidadosamente analizados e implementados para asegurarse que las mismas estarán operativas cuando sea necesaria su apertura.

4.1.3 Presas fusibles

4.1.3.1 Conceptos Básicos de Presas Fusibles

Un dique fusible es un terraplén de material seleccionado, diseñado para ser removido de una manera controlada, cuando el nivel embalsado supere al coronamiento. Una vez se alcance este estado, el material suelto es removido por el vertimiento de las aguas y la presa comienza a trabajar como un vertedero de cresta ancha que continúa erosionándose.

Las primeras investigaciones en presas fusibles surgieron en Estados Unidos a partir de la necesidad de introducir nuevas estructuras económicas a los vertederos en presas. Las investigaciones se centraron principalmente en dos aspectos:

- Investigar la mecánica del lavado de los terraplenes de los diques fusibles, que condicionan la remoción del mismo por la acción del agua.
- Investigar los parámetros de diseño de los vertederos incluyendo la estimación de los caudales vertidos luego de producida la rotura.

En función de los resultados obtenidos, incluyendo ensayos en modelo hidráulico físico, fueron construidas presas fusibles para algunos proyectos hidroeléctricos, o presas de almacenamiento, tal es el caso de las presas *Horseshoe*, *Bartlett* o *Silver* y otras.

En la República Argentina fue construido un vertedero fusible para la presa de Arroyito (río Limay, aguas debajo de presa El Chocón), para evacuar el caudal excedente al previsto para el vertedero controlado con compuertas. Posteriormente fue desactivado a partir de un cálculo de la regulación de las posibles crecidas sobrevinientes.

Una de las condiciones principales de diseño de los denominados vertederos fusibles es la limitación lateral de las erosiones, que se logra incorporando un elemento rígido que controle la propagación de las erosiones a lo largo de la presa, como por ejemplo un muro de hormigón, o de gaviones, al sector predefinido.

Por otra parte, la evaluación detallada de posibilidad de uso de vertederos fusibles debe poder confirmar los caudales específicos estimados, ya que el valor mencionado anteriormente es relativamente elevado.

4.1.3.2 Aplicación al Complejo Hidroeléctrico Salto Grande

La posibilidad de funcionamiento del vertedero fusible a través de las “presas bajas”, está vinculada principalmente al vertimiento por sobre el nivel del coronamiento del sector predefinido, antes de producirse en el resto de la presa. En la siguiente foto se ve la presa baja de margen izquierda.



Figura 37 – Presa baja de margen izquierda

La presa en operación se encuentra construida con el mismo nivel para todo el coronamiento, por lo cual un eventual vertimiento se daría a lo largo de la totalidad de la misma y, en tal sentido no funcionaría como elemento fusible. Como opción a esta situación, podrían ser adoptadas algunas de las dos posibles soluciones siguientes, las cuales deban analizarse detalladamente:

- a. Podría construirse un muro de hormigón sobre el borde de aguas abajo del puente o borde aguas arriba de la central de unos 0,9 m de altura y continuarse de alguna manera en el coronamiento de las “presas altas” manteniendo la misma cota por unos 200 m contiguos a ambos lados, para luego disminuir su altura o desaparecer sobre las “presas bajas”. De tal forma, la erosión se iniciará por los extremos avanzando hacia el centro, e inclusive, si sobrepasa este murete bajo, erosionará tramos adicionales de las presas bajas aumentando también progresivamente la erogación en esta extrema situación. La función prevista para el muro es la de contener temporariamente la sobreelevación del embalse originada por una crecida extraordinaria y proteger el sector de la obra, correspondiente a las centrales, donde una inundación produciría una importante inutilización de equipamiento electromecánico.
- b. Alternativamente podría considerarse en reducir el nivel de coronamiento actual, en las denominadas “presas bajas”, con similar objetivo que el anterior, perdiendo revancha frente a la condición actual, en dicho sector, pero contando con la seguridad de que el sector de

presa previsto se erosionará si se dan las condiciones de diseño. En este caso la reducción podría ser continua, en las “presas bajas”, con un máximo de 0,90 metros en los extremos. Esta solución debería contar también con una protección continua menor en el borde de aguas arriba de la central, para mantener una revancha razonable en la misma. Con esta disposición podría verificarse que la rotura se iniciará en ambos extremos, en las presas de menor altura, sin afectar el sector central de las denominadas “presas altas”.

En cualquiera de las dos posibilidades, la presa de materiales sueltos no cuenta con un elemento “rígido” que limite las erosiones, por lo cual no puede precisarse la conformación final de la brecha, sus dimensiones, y el sector de presa a ser reconstruido luego de la operación del vertedero fusible.

Complementariamente podría integrar la solución propuesta para el vertedero fusible, un acondicionamiento del talud de aguas abajo de las “presas bajas”, reduciendo el tamaño del revestimiento al necesario para controlar la erosión por lluvia, tentativamente 6 a 8 pulgadas, y favoreciendo la erosión por arrastre en situación de crecidas. Tanto en los taludes aguas arriba como aguas abajo se podrían construir unos espigones de enrocado de manera de tratar de fijar límites hasta donde se pretende que progrese la erosión. Esto podría complementarse con un acopio cercano de una cierta cantidad de enrocado destinado a controlar la erosión y eventualmente una vez producida, a detenerla.

4.1.3.3 Conclusión

A partir de lo anteriormente expuesto, si se considerara que las “presas bajas” existentes pueden actuar como presas fusibles, deberán desarrollarse diversos estudios para la definición e implementación de los trabajos necesarios para que las mismas se adecúen a dicha condición.

Debe ser considerado que el uso de estas presas como fusibles sería el único recurso disponible en las obras del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, si se exigieran evacuar caudales mayores a la capacidad máxima de evacuación del Vertedero y Descargador de Fondo (similares a los de CMP determinada) si no se considera la descarga de ambas centrales.

4.2 MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS HIDROMECHANICOS DE LAS OBRAS DE DESCARGA

4.2.1 Introducción

Como principales equipos hidromecánicos vinculados a la presa, se señalan aquellos equipos hidromecánicos asociados a las obras de descarga. Los mismos permiten controlar los caudales de descarga y su importancia en la seguridad de la central de Salto Grande es fundamental para asegurar la correcta erogación de caudales generados por las crecidas extraordinarias críticas. Los equipos hidromecánicos vinculados para tales fines son los siguientes:

- Compuertas radiales del vertedero
- Compuertas planas del vertedero:
- Compuertas de toma
- Compuertas del descargador de fondo
- Grúas pórticos de aguas arriba

La descripción de las características de las Compuertas de Vertedero y del Descargador de Fondo se encuentran en el capítulo 2.4.

Las Compuertas planas del vertedero es el equipamiento que además de ser utilizado para el mantenimiento de las compuertas radiales de vertedero, poseen la característica de poder instalarse aun con flujo existente, brindando una seguridad adicional al cierre de un vano de vertedero, en caso de imposibilidad de cierre de las compuertas radiales. La instalación se efectúa por medio de la grúa pórtico de aguas arriba acoplada a una viga de izaje. Según personal de área de ingeniería de CTM, actualmente no existen tareas programadas de mantenimiento para las compuertas planas de vertedero.

Las Compuertas de Toma se utilizan para el cierre de emergencia de las unidades generadoras ante la imposibilidad del cierre del distribuidor, evitando de esta manera el embalamiento de las turbinas. Las compuertas de toma son planas con ruedas y capaces de efectuar el cierre con flujo, las dimensiones de las mismas son de 15m de alto por 7,5m de ancho y se encuentran accionadas por medio de servomotores. Cada unidad generadora tiene instalado en su toma, 3 compuertas, una por vano, totalizándose 42 compuertas para toda la central.

En la central de Salto Grande se encuentran instalados dos Grúas pórtico de aguas arriba, cada una con 2 ganchos de 75tn de capacidad. Las mismas se utilizan para la colocación de rejas, ataguías de toma, para el izaje de las compuertas del descargador de fondo, instalación de compuertas planas de vertedero y tareas de mantenimiento general. Como se menciona en el capítulo 4.1.2.2, puede existir una limitación operativa para el accionamiento de las compuertas de descargador de fondo, producto de los esfuerzos hidrodinámicos sobre la compuerta.

Se ha efectuado entrevistas al personal de Mantenimiento de la central, relevándose el estado actual del equipamiento y de las intervenciones efectuadas a partir de las recomendaciones brindadas en el

informe SN1, Adicionalmente se ha recopilado información de los planes vigentes de mantenimiento de los equipos (ver Anexo D).

En el numeral 4.2.3 se detallan las tareas pendientes de ejecución para aquellas intervenciones que requieren ensayos y mantenimiento mayor descritas en el informe SN1 que no se han efectuado por dificultades técnicas, se desarrollan recomendaciones con métodos alternativos que logren objetivos equivalentes. La actualización de los procedimientos para el mantenimiento de los equipos hidromecánicos que se encuentran en el numeral 4.2.4 tiene como objetivo lograr la funcionalidad completa de los equipos bajo las condiciones diseñadas.

Para finalizar, en el numeral 5.0, se describe la capacidad organizativa de CTM para la ejecución de los proyectos previstos dentro de las intervenciones contempladas en la operativa impulsada con financiamiento del BID.

4.2.2 Antecedentes

Como parte de la presente consultoría, se revisó documentación referente al mantenimiento de los equipos hidromecánicos de la central. Se analizaron los siguientes documentos para la evaluación del mantenimiento de los equipos de las obras de descarga.

- a. **“Estudios para el diagnóstico y modernización de la central hidroeléctrica Salto Grande” SN1, Tomo II.** Elaborado por MWH-IATASA Año 2016 para el BID y CTMSG
- b. **“Planillas de Mantenimiento Preventivo Programado (PPM)”**. Elaborado por CTMSG

El tomo II del informe de SN1 resume el análisis de documentación disponible del equipamiento analizado, actividades de inspecciones realizadas, para luego detallar un diagnóstico y efectuar recomendaciones al equipamiento de la central. De las recomendaciones expuestas, CTM ha avanzado en intervenciones a los equipos, finalizando varias de estas o encontrándose desarrollando los pliegos de llamado a licitación para las obras. A continuación, para cada equipo, se listan las recomendaciones efectuadas y las tareas ejecutadas a la fecha.

4.2.2.1 Compuertas radiales del vertedero

Resumen de recomendaciones del informe SN1:

1. El análisis estructural elaborado en el informe SN1 concluye que operar la compuerta en cotas de embalse superiores a 37,00 msnm significa exponer a la estructura a niveles de tensión por encima de los valores para los que fue proyectada. Recomendamos a CTM instrumentar una de las compuertas para validar las tensiones calculadas por medio de elementos finitos y en caso de ser necesario, reforzar estructuralmente la compuerta.
2. Adicionalmente, la presión sobre los bujes supera los valores de la especificación de diseño si se opera las compuertas a niveles de embalse por encima de 37,00 msnm. Se sugiere que durante el mantenimiento de las compuertas se efectúe una inspección externa de los bujes de articulación de las compuertas.
3. Continuar con el plan previsto de repintado de las compuertas de vertedero pues se observan signos de un marcado deterioro de la protección superficial en todas ellas.

4. Inspeccionar el estado de los sellos de los servomotores de accionamiento de las compuertas con el objetivo de detectar fugas incipientes de aceite a través de los mismos.
5. Efectuar investigaciones sobre el estado actual de las vigas gorriones de las compuertas, incluido los cables pretensados que se encuentran embebidos dentro del hormigón de las pilas del vertedero.
6. Implementar un control digital exclusivo para cada compuerta, con un control cableado de respaldo para permitir la operación manual en caso de falla del primero. Renovar el tablero de 400V de alimentación eléctrica de vertedero, cambiar la ubicación del sensor de posición instalándolo en los brazos de la compuerta. La disposición del cableado de control de las compuertas deberá ser en anillo, de manera de brindar mayor seguridad operativa al sistema.

Tareas ejecutadas al día de la fecha:

1. CTM ha procedido efectuar el estudio de tensiones en una compuerta radial del vertedero, instalando dispositivos Strain Gauge en el escudo, cuyo resultado ha validado las tensiones calculadas por medio de métodos computacionales según el cálculo desarrollado en el informe SN1.
2. CTM actualmente se encuentra llevando a cabo el pintado de compuertas con cambio de sello incluido (2 compuertas finalizadas al día de la fecha). En dichas compuertas ha modificado también la ubicación de los sensores de posición.
3. CTM se encuentra desarrollando el proyecto de potencia y control digital redundantes del Vertedero.
4. CTM ha comentado que se ha efectuado acercamientos con especialistas para la revisión de los cables de pretensado que se encuentran en las pilas del vertedero.



Figura 38 – Compuerta radial recientemente pintada

5. Durante la visita, el personal de CTM ha comentado que efectuar el análisis de la inspección externa del buje, como se encuentra descrito en el informe SN1, poseen dificultades técnicas que la hacen muy difícil de llevar a cabo.

4.2.2.2 Compuertas planas del vertedero

Resumen de recomendaciones del informe SN1:

1. Continuar con el plan de mantenimiento que contemple la revisión periódica del estado estructural, así como de las ruedas y sus ejes, la condición de los sellos y el estado de la protección superficial.
2. Teniendo en cuenta que las consultas previas efectuadas por el personal de la CTMSG con una empresa especializada en sistemas de protección catódica arrojaron resultados negativos, resultando que no sería posible incorporar tal sistema a las guías y umbral de las compuertas planas y como el fenómeno de la corrosión es esencialmente progresivo recomendamos implementar dentro del programa de mantenimiento un control sistemático (por ejemplo semestral) del avance de la corrosión sobre las piezas sumergidas no factibles de recibir alguna protección superficial, registrando los resultados de dicho avance por medio de mediciones de la profundidad del ataque y registros fotográficos en puntos preestablecidos para evaluar el avance del fenómeno en vista de futuros cursos de acción. En la medida que se observe que la evolución de la corrosión pudiere interferir con la operación, efectuar las correcciones respectivas, ya sea con recargue de soldadura o la sustitución de la pieza.

Tareas ejecutadas al día de la fecha:

1. Se encuentra en marcha y a la espera de los resultados para su evaluación, el estudio "Consultoría para el Mantenimiento Adecuado de las Estructuras Metálicas de Salto Grande". Con dicho estudio se intentará definir el recubrimiento adecuado para la protección superficial de los paneles de compuerta de vertedero y el procedimiento adecuado para el control sistemático del avance de la corrosión sobre las guías laterales y de umbral.

4.2.2.3 Compuertas de toma

Resumen de recomendaciones del informe SN1:

1. Implementar dentro del programa de mantenimiento, un control sistemático del avance de la corrosión sobre las piezas sumergidas (guías laterales y de umbral) no factibles de recibir alguna protección superficial para evaluar el avance del fenómeno en vista de futuros cursos de acción. Existe además la posibilidad de que, si en el futuro el avance de la corrosión lo justificara, se reemplace durante una parada de maquina prolongada, la pista de rodadura y el umbral de acero al carbono de la compuerta por otro de acero inoxidable.
2. Elaborar un plan de acción que tenga como meta efectuar periódicamente, ensayos operativos de las compuertas de toma.

3. Seguir con el proceso de repintado de los órganos de accionamiento de las compuertas iniciado por CHSG.

Tareas ejecutadas al día de la fecha:

1. Se encuentra lista para su uso, la compuerta de toma de repuesto que se encontraba en proceso de fabricación en el astillero Rio Santiago durante el desarrollo del informe de SN1. Dicha compuerta permite efectuar el mantenimiento mayor de todas las compuertas de toma, sin efectuar paradas prolongadas de las unidades generadoras.
2. CTM ha iniciado un proceso de recuperación de las ruedas de las compuertas de toma, consistente en un reemplazo de la cara externa de la rueda. Hasta la fecha ha efectuado la recuperación de 14 de ellas.
3. Se encuentra en marcha y a la espera de los resultados para su evaluación, el estudio “Consultoría para el Mantenimiento Adecuado de las Estructuras Metálicas de Salto Grande”. Con dicho estudio se intentará definir el procedimiento adecuado para el control sistemático del avance de la corrosión sobre las guías laterales y de umbral.
4. Se han pintado los servomotores de las compuertas de toma.



Figura 39 – Servomotores de compuertas de toma pintados

4.2.2.4 Compuertas del descargador de fondo

Resumen de recomendaciones del informe SN1:

1. Si bien CTM ha decidido iniciar un proceso de dragado y limpieza, se recomienda efectuar una inspección extendida a todo el frente de la presa, la que puede hacerse con un vehículo submarino (ROV).
2. Elaboración de un plan de acción que tenga como meta final a largo plazo la posibilidad de efectuar periódicamente ensayos operativos de los descargadores de fondo.
3. Validar los resultados del valor del *downpull* teórico calculado

Tareas ejecutadas al día de la fecha:

1. CTM se encuentra definiendo el alcance del pliego de consultoría para elaborar un plan de acción que permita definir las acciones que en particular se efectuarán con el descargador de fondo, las que incluyen inspecciones y estudios adicionales de manera de poder garantizar que el mismo funcionará sin inconvenientes para el manejo de crecidas críticas.

4.2.2.5 Grúas pórticos de aguas arriba

Resumen de recomendaciones del informe SN1:

1. Dado que el resultado del cálculo de *downpull* de la Compuerta del descargador de fondo indica que existen limitaciones en la capacidad de las grúas de aguas arriba para operar las compuertas del descargador, efectuar sobre las grúas ensayos para validar los resultados teóricos a través de la medición con celdas de carga.
2. Completar y terminar las acciones correctivas indicadas por la empresa REYSE en Setiembre de 2014.
3. Debe estudiarse la desalineación de los tambores e introducir las medidas correctivas.
4. Efectuar el perforado de las vigas para drenar el agua de las mismas y efectuar un sellado de las tapas de acceso al interior de las vigas.
5. Reparar el sistema de control de velocidad renovando los componentes eléctricos del mismo. En un futuro podrá considerarse su reemplazo por un sistema de control de velocidad variable continuo a través del control de frecuencia, implicando un reemplazo de los motores.
6. Instalación de celdas de carga.
7. Cambio de cables por otros de igual diámetro, composición y flexibilidad que los originales pero fabricados con acero de resistencia específica de 200 o 220 kg/mm² según corresponda (los originales son de acero de 180 kg/mm²) de manera que su carga mínima de rotura sea igual o superior a la necesaria para obtener un coeficiente de seguridad de 6 mínimo.

8. Ensayos sin carga, ensayo dinámico con carga nominal y de sobrecarga (de acuerdo a ASME B30.2-2005).
9. Una vez implementadas las modificaciones, certificar las grúas de acuerdo a la Ley 19.587 y su Decreto Reglamentario 351/79, artículos 114 al 127 referentes a puentes grúas y elementos de izaje y las indicaciones de la norma ASME B30.

Tareas ejecutadas al día de la fecha:

1. CTM se encuentra definiendo el alcance de los términos de referencia de la consultoría para la ejecución de la renovación, modernización, actualización y certificación de los equipos de izaje, en el cual se incluye las grúas pórtico de aguas arriba.

4.2.3 Revisión de antecedentes y recomendaciones

4.2.3.1 Compuertas radiales del vertedero

1. En relación a la recomendación de efectuar la inspección externa de los bujes de la articulación de las compuertas radiales para determinar el estado de las mismas, según procedimiento desarrollado en el informe de SN1, el personal de mantenimiento de Salto Grande ha manifestado encontrarse con dificultades técnicas para su ejecución, por el cual se propone la siguiente metodología para determinar el estado funcional del buje.

En los correos electrónicos intercambiados entre CTM y el fabricante del buje, Lubrite Technologies pidiendo recomendaciones sobre ensayos no destructivos para determinar el estado del mismo, se comenta que la inspección debe efectuarse de manera visual. Y advierte que si por alguna razón, es necesario desarmar o extraer el eje, se debe reemplazar el buje.

Como método para la determinación del estado funcional del buje del muñón, se sugiere efectuar mediante mediciones indirectas, el cálculo del coeficiente de fricción. Dicho registro debe servir como línea base para permitir un seguimiento y del estado del buje y diagnosticar posibles anomalías ante un incremento importante de los valores de fricción.

Si bien existen varios métodos para determinar la fricción sobre el buje, se sugiere un método simple que puede ser efectuado por el personal de CTM y que no requiere de mediciones complejas y que consiste en:

- Registrar presiones de cada servomotor de accionamiento en un ciclo de apertura y cierre de la compuerta. Esta medición puede ser implementada antes de iniciar el proceso de pintado de la compuerta para optimizar tiempos.
- Por medio del registro de las presiones del servomotor se efectuará el cálculo del coeficiente de fricción.

Este método, si bien no posee la exactitud que puede tener la medición de deformaciones en los brazos de las compuertas por medio de strain gauges, se sugiere por su practicidad de implementación.

El US Bureau of Reclamation y el US Army Corp of Engineer, en el documento ``VII-1. Failure of Radial (Tainter) Gates under Normal Operational Conditions``⁵, dan las siguientes 2 tablas en el cual se listan los diferentes valores de coeficientes de fricción según su diseño, material de fabricación y su condición:

Tabla 4 – Coeficientes de fricción típicos de bujes

Table VII-1-1	
Typical Pin Friction Values for Different Pin-Bushing Arrangements (As-Designed Conditions)	
Pin-Bushing Arrangement	Typical Friction Coefficients
Steel Pin on Steel Plate	0.4 - 0.8
Plain Bronze Bushings on Steel Pin	0.3
Externally Lubricated Bushings on steel pin	0.1 – 0.2
Self-Lubricating Bushings	as specified by the bushing manufacturer
Graphite Insert Self-Lubricated Bushings	0.1

Table VII-1-2	
Typical Pin Friction Values for Different Pin-Bushing Arrangements (Failed Bushings)	
Pin Bushing Arrangement	Typical Pin Friction Coefficients
Externally Lubricated Bushings	0.3
Self-Lubricating Bushings	0.3
Graphite Insert Self-Lubricated Bushings	0.3

Dado que el material de los bujes de las compuertas radiales de la central de Salto Grande son los autolubricados con insertos de grafito, según dicha tabla, los coeficientes de fricción corresponden a 0,10 para la condición de diseño y de 0,30 para la falla.

Por medio de la memoria de cálculo de las compuertas radiales del vertedero, documento 85622/V - Rev 2, ``Cálculo de los gorriones y accesorios``, se determina en forma teórica, las presiones que debería registrarse para un aumento de coeficiente de fricción, en el instante inicial de apertura.

⁵ <https://www.usbr.gov/ssle/damsafety/risk/BestPractices/Chapters/VII-1-20150527.pdf>

Tabla 5 – Presiones de izaje a distintos coeficientes de fricción

Coeficiente de fricción	Presión nominal de izaje
0.10	95.7 kg/cm ²
0.25	101.7 kg/cm ²
0.30	103.7 kg/cm ²
0.40	107.7 kg/cm ²

Se sugiere la siguiente secuencia de ensayo para una compuerta radial:

- a. Verificación de pérdidas hidráulicas. Se deberá asegurar la inexistencia de pérdidas de fluido en el circuito de aceite, que puedan alterar las mediciones. Para ello se debe inspeccionar los sellos de los vástagos de los servomotores de accionamiento de las compuertas radiales, mangueras, acoplamientos, etc.
- b. Instalación de registradores de presión en ambos extremos del pistón de los servomotores de accionamiento.
- c. Ensayo sin sellos con la compuerta en seco. Se sugiere efectuar un primer registro sin los sellos, el que podrá coincidir con la intervención de pintado de las compuertas.
- d. Ensayo con sellos. Se efectuará el ensayo con sello para una carrera de apertura y cierre y se registrarán presiones con el fin de determinar la tendencia en la variación del coeficiente de fricción del buje.

Si los valores calculados del coeficiente de fricción registrando presiones dieran como resultado valores cercanos a los límites funcionales citados en el cuadro anterior, se sugiere Investigar las causas del mismo, efectuando ensayos adicionales a través de strain gauges que midan deformación en el brazo para una fuerza de los servos y posición de compuerta determinada. El seguimiento de las posibles variaciones del coeficiente de fricción permitirá detectar fallas tempranas en el mecanismo de compuerta y tomar las acciones preventivas necesarias-

2. Con el objetivo de asegurarse que las compuertas puedan operar en todo su rango de movimiento, tanto el US Bureau of Reclamation como el FERC, recomiendan efectuar ensayos operativos de apertura y cierre completos. Se recomienda efectuar el ensayo cada tres años. El ensayo debe efectuarse tanto con la alimentación normal como con la alimentación de emergencia.

4.2.3.2 Compuertas planas del vertedero

1. Finalizados los estudios de la ``Consultoría para el mantenimiento adecuado de las Estructuras Metálicas de Salto Grande'', efectuar los procedimientos para la aplicación del recubrimiento para los tableros adecuado según los resultados de dicha consultoría.

4.2.3.3 Compuertas de toma

1. Si en el futuro el avance de la corrosión lo justificara, se recomienda el reemplazo de la pista de rodadura y el umbral de la compuerta por acero inoxidable.
2. Con el objetivo de asegurarse que las compuertas puedan operar en todo su rango de movimiento, el US Bureau of Reclamation, recomienda efectuar ensayos operativos de apertura y cierre completos. Se recomienda efectuarlo con carga equilibrada, con una frecuencia de 3 años. El ensayo debe efectuarse tanto con la alimentación normal como con la alimentación de emergencia.

4.2.3.4 Compuertas del descargador de fondo

1. Las tareas de mantenimiento programado consisten en la lubricación de los rodillos de las compuertas con una frecuencia anual y una purga trimestral de conducto para limpieza.
2. Considerar recomendaciones realizadas en el numeral 4.1.2.4.

4.2.3.5 Grúas pórticos de aguas arriba

1. Ejecutadas las obras de renovación, modernización, actualización y verificación de los equipos de izaje, las mismas se encontrarán aptas para operación. En aconsejable mantener la certificación de las grúas a través de los años. Para ello el ente certificador deberá inspeccionar la grúa anualmente.

4.2.4 Plan de actualización de procedimientos de mantenimiento

A medida que se ejecuten las intervenciones de mantenimientos mayores, la actualización del plan de procedimientos de mantenimiento debe tener como meta efectuar periódicamente los siguientes ensayos operativos. Se recomienda que estos ensayos operativos sean incluidos como parte del programa de mantenimiento. Dado que actualmente no se existen tareas programadas para las compuertas planas de vertedero, se recomienda implementar un programa basado en la Tabla 7.

Tabla 6 – Ensayos operativos

Equipo	Tarea	Frecuencia
Compuertas radiales del vertedero	Monitoreo del coeficiente de fricción de los bujes de muñones	3 años
	Ensayo de ciclo de apertura y cierre completo, con alimentación normal y de emergencia	3 años

Equipo	Tarea	Frecuencia
Compuertas de toma	Ensayo de ciclo de apertura y cierre completo con carga equilibrada, con alimentación normal y de emergencia	3 años
Compuertas del descargador de fondo	Ensayo de ciclo de apertura y cierre completo con carga equilibrada	3 años
Grúas pórticos de aguas arriba	Inspección de grúas para mantener la validez de la certificación	1 año

Tabla 7 – Inspección y mantenimiento de compuertas planas de vertedero

Equipo	Tarea	Frecuencia
Compuertas planas del vertedero	Inspección de estructura: inspeccionar visualmente en busca de corrosión, deterioro del recubrimiento, daños a la estructura y perdidas de fijaciones.	1 año
	Rodillos: Inspeccionar y lubricar los rodillos principales y laterales.	1 año
	Sellos: Inspeccionar sellos visualmente	1 año

5.0 CAPACIDAD ORGANIZATIVA PARA LA EJECUCIÓN DE LAS INTERVENCIONES DEL PRESTAMO RG-L1124

La CTMSG es un organismo binacional creado por la República Argentina y la República Oriental del Uruguay para aprovechar los rápidos del río Uruguay en la zona de Salto Grande. La CTMSG se encuentra presidida por una delegación uruguaya y una argentina quienes manejan las siguientes gerencias, Gerencia general, Asesoría letrada, Secretaria general, Auditoría General de Calidad y Control de Gestión, y a la Auditoría General Financiera Administrativa. La Gerencia General a su vez controla las siguientes subgerencias; generación, transmisión, operación, ingeniería y planeamiento, contable y recursos.

La empresa se encuentra organizada según se muestra en el siguiente diagrama:

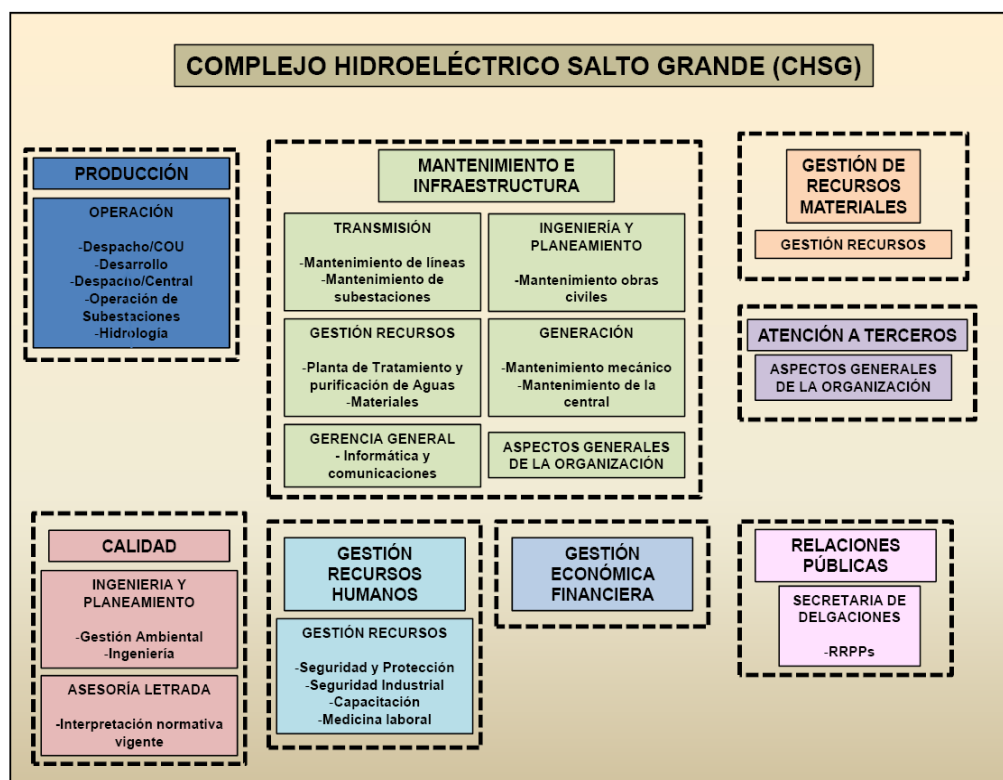


Figura 40 – Esquema organizacional de CTM SG

A casi 40 años de funcionamiento, Salto Grande ha trazado un plan estratégico a 25 años para la Renovación de la infraestructura y equipamiento electromecánico auxiliar y principal del Complejo. El plan ha sido dividido en 3 etapas, actualmente implementándose la primera de 5 años cuyo objetivo es contribuir a garantizar la disponibilidad del Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande, aportando mayor confiabilidad a la interconexión entre Argentina y Uruguay, manteniendo una operación eficiente, mediante la modernización de su infraestructura y equipamiento, renovando parte de los equipos electromecánicos auxiliares, y la infraestructura necesaria para el apoyo de las etapas siguientes, por un monto total de USD 80 millones, financiado a los estados parte por igual, mediante el préstamo “Modernización del Complejo Hidroeléctrico Binacional Salto Grande”, RG-L1124, siendo el Organismo Ejecutor la CTM del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande.

Se listan a continuación, los proyectos de modernización que serán ejecutados durante el periodo 2019-2024. El proyecto se encuentra dividido en 11 productos de la siguiente manera:

Tabla 8 – Intervenciones de modernización 2019-2024

	# Producto BID	# Proyecto CTM	Referencia RG- T2256 SN1	Denominación General de la Intervención
PRODUCTO 1: SISTEMAS REGULADORES DE VELOCIDAD MODERNIZADOS	1.1	PROY08	4.1.3	Proyecto de modernización, provisión en obra, montaje y puesta en marcha de reguladores de velocidad (14 unidades – 3 x año)
PRODUCTO 2: EQUIPAMIENTO HIDROMECÁNICO DEL VERTEDERO Y DE LAS CASAS DE MÁQUINAS MODERNIZADOS	2.1	PROY0016	4.3.1/4.3.4/4.3.6	Renovación integral compuertas radiales del vertedero (incluyendo refuerzo y extensión del escudo); planas de la toma y el descargador de fondo y de las rejas de cada central
	2.2	PROY0059	4.3.4	Proyecto, suministro en obra y montaje de barreras flotantes aguas arriba de cada central
PRODUCTO 3: MEDIOS DE IZAJE DEL COMPLEJO RENOVADOS	3.1	PROY0020	4.4.1/4.4.2	Renovación integral y modernización de las grúas puente y de las grúas pórtico de la toma y restitución de cada central
	3.2	PROY0022	4.4.3	Sustitución de las grúas móviles y del equipamiento de traslación y manipuleo de productos del Complejo
	3.3	PROY0019	4.3.8/4.3.9	Verificación de la capacidad de izaje de los pórticos para operar las compuertas de los descargadores de fondo y formulación de propuestas de acción
	3.4	Incl. PROY0020	4.4.1/4.4.2	Consultoría evaluación estado de las grúas puente y de las grúas pórtico de la toma y restitución de cada central y elaboración TDR PROY0020
PRODUCTO 4: SISTEMAS AUXILIARES MECÁNICOS DEL COMPLEJO MODERNIZADOS	4.1	PROY0214	4.5.3	Mejora de las instalaciones del sistema ventilación forzado de las centrales
	4.2	PROY0071	4.5.1/4.5.2	Mejora de las instalaciones de los sistemas de desagote y drenaje de cada central, incluyendo la adecuación de las tuberías empotradas de agua de refrigeración
	4.3	PROY0076	4.5.5/4.6.9/4.7.2	Proyecto, suministro en obra y montaje de la renovación integral del sistema contra incendio de las centrales, estaciones de maniobras MI&MD y almacenes
PRODUCTO 5: SISTEMAS AUXILIARES ELÉCTRICOS DEL COMPLEJO MODERNIZADOS	5.1	PROY0086	4.6.7	Renovación integral del grupo electrógeno de emergencia de cada central
	5.2	PROY0116	4.6.10/4.9.1/4.9.2	Consultoría para la adecuación de los sistemas de protección contra descargas atmosféricas y puesta a tierra de cada central, estación de maniobras y línea de 500KV

	# Producto BID	# Proyecto CTM	Referencia RG- T2256 SN1	Denominación General de la Intervención
PRODUCTO 6: INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CONTROL DEL COMPLEJO MODERNIZADA	6.1	PROY0045	4.2.4	Suministro en obra, montaje y puesta en marcha del sistema de medición dinámica del entrehierro (Airgap) de los generadores de cada central
	6.3	PROY0091	4.7/4.9	Consultoría para el proyecto de integración tecnológica del sistema automatización, control, protección, medición y comunicaciones del Complejo
	6.4	PROY0093	4.7.1	Suministro y puesta en marcha del nuevo sistema de automatización y control del CHSG de acuerdo con la Consultoría PROY0091.
PRODUCTO 7: TRANSFORMADORES PRINCIPALES REEMPLAZADOS	7.1	PROY0024	4.8.1	Suministro a obra, montaje y puesta en marcha de un banco de tres transformadores monofásicos 500/13.8 KV
	7.2	PROY0107	4.8.1/4.9.1	Suministro en obra, montaje y puesta en marcha sistema de monitoreo online en transformadores principales de cada central y estaciones de maniobras
PRODUCTO 8: SISTEMAS DE COMUNICACIONES Y EQUIPOS DEL CUADRILATERO DE TRANSMISIÓN DE 500KV RENOVADOS	8.1	PROY0117	4.9.1	Renovación del sistema de control, protección y medición de las cuatro estaciones del cuadrilátero y del sistema de potencia de la red de media tensión de las SSEE SGA y SGU
	8.2	PROY0126	4.9.3	Montaje de cable de guardia con fibra óptica (OPGW) en líneas de 500 kV bajo modalidad trabajo con tensión (TCT)
	8.3	PROY0127	4.9.3	Renovación equipamiento del sistema de comunicaciones por onda portadora (Etapa 1º)
	8.4	PROY0111	4.9.1	Suministro en obra, montaje y puesta en marcha de inductores 100 MVar para estaciones de maniobra
	8.5	PROY0114	4.9.1	Ejecución de ensayos mecánicos sobre un aislador soporte y sobre un aislador de seccionadores
	8.6	PROY0112	4.9.1	Ejecución de ensayos sobre un reactor de línea
	8.7	PROY0125	4.9.2	Estudios complementarios evaluación del estado de los amortiguadores espaciadores de las líneas 500KV y definición de la oportunidad de renovación
	8.8	PROY0026	4.9	Proyecto e ingeniería de detalle para la renovación y modernización de las estaciones de maniobras en 500 kV
PRODUCTO 9: OBRAS CIVILES DE LA CENTRAL MEJORADAS	9.1	PROY0108	4.8.2/4.9.4	Proyecto y construcción sistema contención de derrames de aceite en recintos de transformadores de central y transformadores y reactores de estaciones de maniobras

	# Producto BID	# Proyecto CTM	Referencia RG- T2256 SN1	Denominación General de la Intervención
	9.2	PROY0034	4.11.2	Inspección y reparación de las conducciones de la escala de peces
	9.3	PROY0137	4.10.3	Modernización del sistema de auscultación y vigilancia de la presa, suministro, montaje y puesta en marcha de nuevos instrumentos y del sistema de adquisición de datos
	9.4	PROY0141	-	Ejecución de mejoras, reparación de juntas de techos y pintura de los edificios de las centrales MD&MI, almacenes y talleres
	9.5	Incl. PROY0018	4.8.2/4.9.4	Consultoría para el proyecto del sistema contención de derrames de aceite en recintos de transformadores de central y transformadores y reactores de estaciones de maniobras
	9.6	Incl. PROY0137	4.10.3	Consultoría para el proyecto de modernización del sistema de auscultación y vigilancia de la presa
PRODUCTO 10: MEJORAS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL COMPLEJO IMPLEMENTADAS	10.1	PROY0035	7.2.3 (SN3- VOL.1)	Implementación programa hidrológico y ambiental en el embalse (modelo hidrodinámico 3D, estaciones automáticas de relevamiento de la calidad del agua)
	10.2	PROY0078	7.2.12 (SN3- VOL.1)	Implementación mejoras en planta de tratamiento y redes distribución agua potable y en plantas aguas residuales
	10.3	Incl. PROY0078	7.2.12 (SN3- VOL.1)	Consultoría para el estudio de implementación de lagunas de oxidación en plantas de tratamiento de aguas residuales
PRODUCTO 11: ESTUDIOS PARA LA REHABILITACIÓN TURBINA - GENERADOR COMPLETADOS	11.1	PROY09	3.2 (SN1-TOMO I)	Complementación de los estudios para definir la alternativa de rehabilitación del grupo turbina-generador a ser implementada y preparación de los TDR para adquirir la primera turbina
	11.2	PROY0014	4.2	Preparación de los TDR para adquirir el primer generador a ser renovado

En función de la información recabada de los estudios, inspecciones efectuadas durante la visita, resultados obtenidos y de la lectura del informe de SN1, se considera adecuada la capacidad organizacional de CTM para efectuar las tareas de Operación y Mantenimiento del equipamiento de la central de Salto Grande. Sin embargo, dada la cantidad de intervenciones planificadas durante el periodo 2019-2024, sumado a que muchas de ellas se ejecutan simultáneamente, obligan a considerar una estructura organizacional ampliada, que permita seguir atendiendo las necesidades de operación y mantenimiento de la planta y al mismo tiempo atender el desarrollo de los proyectos, la inspección y ejecución de los trabajos mencionados.

Una manera posible de flexibilizar esta necesidad es a través de contrataciones puntuales tanto de supervisión de la ejecución como de inspección.

Del análisis de las intervenciones a ejecutar en el plan de acción 2019-2024 dentro del marco de los trabajos previstos por el BID, se observa que se han contemplados recursos de soporte a administración y coordinación de inspección, que serán necesarios para cubrir las necesidades de CTMSG durante los cinco años que duren las tareas.

6.0 CONCLUSIONES

Con el propósito de cumplir con los objetivos establecidos se revisó la documentación disponible provista por Salto Grande y el BID relacionada al PADE, se han elaborado recomendaciones y se ha realizado un análisis del estado de situación actual de los planes de acciones durante emergencias en Salto Grande.

Las principales conclusiones son las siguientes:

- La documentación disponible relacionada a la hidrología de extremos del río Uruguay es muy completa y actualizada. CTMSG posee varios estudios donde se analizan en detalle los posibles eventos hidrometeorológicos extremos que puedan ocurrir en la cuenca del río Uruguay y puedan potencialmente representar algún riesgo a las obras. CTMSG, además de mantener activa una red hidrometeorológica, tiene caracterizada y analizada de manera completa la hidrología de la cuenca del río Uruguay y su relación con la capacidad de descarga de las obras actuales.
- Según la información antecedente, la capacidad máxima de descarga del embalse para cota de embalse 38,8 m es de unos 62.100 m³/s de los cuales 57.303 m³/s son descargados por el vertedero y unos 4.800 m³/s por el Descargador de Fondo. Es para destacar que este último valor es significativamente mayor a la crecida máxima observada en 1992 con 37.317 m³/s en el río en los últimos 120 años de registro (1898-2018).
- Debido a la relación existente entre la capacidad de descarga de las obras y la hidrología del río Uruguay, el descargador de fondo es considerado como uno de los órganos necesarios para la evacuación de crecidas. Un análisis del diseño del descargador de fondo y de las fuerzas hidrodinámicas que son esperadas durante una eventual maniobra de apertura y cierre es recomendada.
- A partir de la limitación operativa evaluada en el informe “SN1”, sólo sería posible operar el Descargador de Fondo en situaciones de altos caudales, cuando los saltos brutos sean inferiores a 10,3 m. De acuerdo al análisis realizado, el descargador de fondo debería poder abrirse para un salto como mínimo de 12,2 m. En consecuencia deben verificarse los requerimientos y las condiciones de operación del Descargador de Fondo para asegurar que su uso sea posible en las condiciones descriptas. Los valores teóricos estimados pueden ser confirmados mediante la ejecución de un modelo físico de detalle del mismo con su compuerta en diferentes condiciones de apertura de tal forma que permita determinar los esfuerzos hidrodinámicos sobre la misma (downpull y uplift). Una vez confirmados estos valores, si fuera necesario, consideramos imprescindible tomar acciones correctivas a los efectos de posibilitar la operación del Descargador de Fondo a los fines previstos.
- Los Descargadores de Fondo sólo se operan cuando se agota la capacidad de descarga de los vertederos y nunca se han tenido que operar en la etapa de explotación del proyecto. Esto resulta en que no todo el personal esté familiarizado con el manejo de su equipamiento de control y con todas las maniobras necesarias para su apertura y cierre. Todo esto debe tenerse en cuenta en los planes de entrenamiento y capacitación dado que el manejo del equipamiento en seco facilitará mantener adecuadamente informado al personal.

- Si se considerara que las “presas bajas” existentes pueden actuar como presas fusibles en caso de ocurrencia de una crecida extraordinaria crítica, deberán desarrollarse diversos estudios para la definición e implementación de los trabajos necesarios para que las mismas se adecúen a dicha condición. Debe ser considerado que el uso de estas presas como fusibles sería el único recurso disponible en las obras del CHSG, si se exigieran evacuar caudales mayores a la capacidad máxima de evacuación del Vertedero y Descargador de Fondo y que las centrales no se encuentren operativas.
- CTMSG dispone de un Manual del Agua y otros procedimientos internos donde se establecen las normas de operación y avisos previstos a terceros para diferentes escenarios hidrológicos. En estas normas se destaca la relevancia de los condicionamientos impuestos a la operación por las ciudades ubicadas aguas abajo sobre las márgenes del río Uruguay.
- En las reuniones mantenidas, el personal de hidrología de CTMSG ha manifestado un conocimiento de los mecanismos de avisos y de los principales actores a ser comunicados ante las eventuales crecidas naturales del río Uruguay o eventuales descargas no controladas del embalse.
- El CHSG no se encuentra regido por normativa de referencia para el desarrollo del Plan de Acción durante Emergencias; en otras presas en operación, como por ejemplo las concesionadas por el Estado Nacional en la República Argentina, el propio contrato de concesión establece la obligación, y pautas, del concesionario para el PADE.
- CTMSG posee desarrollados individualmente todos los procedimientos necesarios para la elaboración de un único documento denominado PADE. Dispone de procedimientos de emergencia que son implementados en cada oportunidad que resulta necesario evacuar importantes caudales por la estructura vertedora.
- Debido a que la ocurrencia de crecidas naturales del río Uruguay asociadas a períodos de retornos bajos resultan en inundaciones y afectaciones en diferentes áreas de poblaciones aguas abajo de la presa, CTMSG posee un entrenamiento y práctica en los mecanismos de avisos y alertas con todos los actores involucrados. Se entiende que para emergencias que puedan resultar en caudales mayores a los experimentados, los actores involucrados serían los mismos.
- Se recomienda la unificación de las denominaciones de los niveles de alerta existentes en diferentes documentos y procedimientos. Los niveles de alerta deberían ser los que habitualmente son utilizados y entendidos por todos los actores involucrados ya sea por condiciones hidrológicas extremas o por eventos relacionados a la seguridad de presas.
- Se recomienda la elaboración de un documento único denominado Plan de Acción durante Emergencias (PADE) incluyendo un compendio de todos los procedimientos y mecanismos de aviso actualmente en práctica del personal de CTMSG. De esta manera se contará con un documento unificado que respete lineamientos y normas nacionales e internacionales en el manejo y gestión de la seguridad de presas.
- Se recomienda incluir como actualización de los planes de mantenimiento, los ensayos operativos descriptos en el numeral 4.2.4, con el objetivo de asegurarse la correcta operabilidad de los equipos hidromecánicos.

- Finalmente, se recomienda tal como se encuentra previsto, la implementación de una consultoría que de soporte a CTMSG durante el periodo de ejecución de las intervenciones objeto del préstamo RG-L1124 para la coordinación general, asistencia técnica e inspecciones en fabrica y en obra.

ANEXOS

ANEXO A

VISITA A DEFENSA SUR DE CONCORDIA

Se presenta un anexo fotográfico de la visita a la obra Defensa Sur de la ciudad de Concordia (Arg.) realizada el 5 de junio 2018 como parte del presente contrato. La visita fue coordinada por personal de CTMSG y por parte de STANTEC participaron los profesionales Nicolás Badano, Oscar Navarro y Fernando Re. Durante la visita se pudo tener una visión general de la obra de defensa que resulta de un interés muy importante para la operación de Salto Grande debido a las limitaciones que, en general, presentan las localidades riverseñas aguas abajo.



Ubicación general de la obra de defensa

La obra consiste fundamentalmente en una presa o dique lateral al río Uruguay con una longitud de aproximadamente 5,5 km. La cota de coronamiento de las obras es 18 m respecto a cero local. En los extremos de la defensa se construyeron muros de hormigón que materializan el cierre de las defensas y en algunas secciones es necesaria la instalación de ataguías (tipo stop-logs) para mantener la continuidad del cierre en caso de que suban los niveles del río Uruguay.

Tiene una estación de bombeo principal de grandes dimensiones y una de menor porte que se utilizan para drenar las aguas superficiales de las cuencas internas al sector defendido.

La obra se observa en buen estado y finalizada. La obra ya ha operado, aunque el contratista constructor todavía no ha hecho entrega final de todas las obras.



Ubicación general de la obras de defensa



**Foto 1 – Hidrómetro de Prefectura Naval Argentina en Concordia
(Tramos 13m-17m y 14m-17m)**



Foto 2 - Coronamiento de la defensa en cercanías al muro de cierre Este



Foto 3 – Espaldón de la defensa en cercanías al muro de cierre Este



Foto 4 - Estación de bombeo complementaria y empalme de la defensa con muro de cierre Este de hormigón



Foto 5 - Descarga de estación de bombeo



Foto 6 – Rejas de la obra de toma de estación de bombeo



Foto 7 – Coronamiento de la defensa en las cercanías a la estación de bombeo



Foto 8 – Coronamiento de la defensa en las cercanías del cierre Oeste



Foto 9 – Muro de cierre Oeste

ANEXO B COMENTARIOS PARTICULARES SOBRE EL DOCUMENTO “MANUAL PADE”

Introducción

La revisión de los documentos correspondientes al PADE disponible, permitieron formular una serie de comentarios, dudas, o sugerencias, que detallamos en este Anexo a los efectos que las mismas sean consideradas y, eventualmente consideradas en una actualización del Documento.

Los comentarios son presentados por volúmenes disponibles.

Informe Final PADE

1. La versión disponible corresponde al Año 2011. No se dispone de nueva versión. Debe ser actualizado.
2. El documento preparado se basa en las recomendaciones de FEMA (Federal Guidelines for Dam Safety - Emergency Action Planning for Dam Owners - Interagency Committee On Dam Safety U.S. Department Of Homeland Security Federal Emergency Management Agency October 1998 - Reprinted April 2004)- Existen nuevas recomendaciones emitidas por la FEMA con posterioridad a la elaboración del PADE que deberán ser revisadas en instancias de la actualización.
3. Punto 2.5 – Pobladores Cercanos, página 9 de 11: deben ser identificados, considerar si se disponen de vías rápidas de comunicación con ellos y, de no existir, implementarlas.
4. Punto 2.6 – Adecuación de la estructura de CTMSG, página 9 de 11: para actuar en una emergencia. Estas recomendaciones deben ser adecuadas a la estructura actual de la CTMSG.
5. Punto 2.6 – página 11: Se sugiere la contratación de un panel de expertos internacionales que audite periódicamente las obras. Entendemos que esto no se concretó. Se considera muy conveniente.
6. Punto 2.7 – página 11: La sugerencia formulada es muy general. Debería evaluarse el sistema disponible de cámaras que dispone el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, considerar los puntos críticos para posibles acciones de sabotaje y vandalismo y formula recomendaciones expresas de los nuevos puntos de visión a considerar.

Tomo I – Manual del PADE

7. Páginas 5 y 6: se incluye una tabla con los destinatarios a los cuales se le habría entregado el PADE. No está completada, por lo cual se interpreta que el documento completo no fue entregado aún. En las condiciones actuales se entiende que no resulta conveniente distribuirlo hasta tanto no sea actualizado.
8. Como elementos externos a la CTMSG se incluyen: Defensa Civil Concordia (ER), Centro Coordinador de Emergencia Departamentales de Salto (ROU), Prefectura Naval Argentina Salto Grande, Prefectura Nacional Naval (ROU). No hay otras organizaciones a las cuales avisar, por ejemplo Policía, Gendarmería, Migraciones, etc.? O les avisa Defensa Civil?
9. Sugerimos agregar notificación a las entidades de ambos países que regulan el tránsito sobre la presa ya que frente a una emergencia posiblemente sea necesario cortar el tránsito sobre la misma.
10. Página 7: se incluye un listado de modificaciones. No se concretó ninguna modificación del PADE hasta el presente.
11. Página 8: según lo expresado todos los avisos son responsabilidad de Emergencia Civil. No resulta claro que ocurre con los pobladores cercanos. Debe clarificarse esta situación.

12. Página 10: revisión anual del PADE. No se concretó ninguna por el momento. Debe revisarse anualmente.
13. Página 10: se presentan los tres niveles de alertas, Blanca, Amarilla y Roja. Pero no está claro quien define estas alertas. Debe resultar totalmente claro a cargo de que funcionario se encuentra la declaración de la alerta. Esto se encuentra contemplado en otros sectores del documento y sería conveniente mencionarlo también en la definición de las alertas.
14. Página 10: debe definirse mejor los eventos de menor magnitud. Sería conveniente incorporar algunos ejemplos.
15. Página 11: no queda claro cuando se declara la alerta amarilla. Aparentemente la CTMSG evalúa y define si decreta la Alerta Amarilla. Como, y quien evalúa, la posibilidad de que la alerta amarilla pase a ser roja.
16. Página 11: en la definición de la Alerta Roja – Caso I se incluyen descripciones confusas como la siguiente: *Las descargas operacionales se han puesto en condición de vida-amenazantes*. ¿Qué se quiere decir con esta frase? Es muy confusa.
17. Página 11 - Alerta Roja - Caso II: es muy impreciso. Ha fallado una presa aguas arriba. ¿Pero compromete a la propia presa de Salto Grande? Debería contemplarse quién y como lo define.
18. Página 12 - Alerta Roja - Caso II: Declarada la alerta roja no es indiferente que la falla sea eminente o haya ocurrido. Se dan los avisos y los organismos competentes deben proceder a evacuar, pero si la falla es eminente puede existir algún tiempo superior para la respuesta.
19. Página 13: Diagramas de Aviso. Cuadros 1, 2 y 3 se encuentran vacíos, sin los números de teléfono. Estos deben ser completados y actualizados anualmente. En caso de no hacerlo, es imposible cursar las notificaciones.
20. Página 13 – Diagrama de Notificación N° 1: Alerta Amarilla o Alerta Roja (Caso II): esto puede confundir bastante. Se entiende que debería existir un diagrama de notificación para alerta amarilla y otro para alerta roja. Pero esto debe estar asociado a una clara definición de cada emergencia.
21. Página 14: en el diagrama de notificación se incluye las estaciones de salida y CAMMESA de ambos países, pero éstas no tienen el PADE. No figura dentro de quienes se les entrega el Manual. Si se les va a cursar aviso, se les debería entregar el manual, informarlos y capacitarlos, para que puedan actuar en la emergencia.
22. Página 15: Tal como está definido en su encabezamiento, el diagrama de aviso resulta confuso, ya que menciona, “En ausencia de Jefes y Gerentes”. ¿A quién se refiere? Entendemos que el aviso, en caso de Alerta Roja, debe ser emitido sin considerar quienes están presentes. Debe revisarse la definición. Por otra parte, reiteramos que convendría disponer de un Diagrama de Aviso para la Alerta Amarilla y otro para la Alerta Roja.
23. Página 16: Los diagramas de aviso deben estar expuestos en un lugar visible de la Sala de Control de la Central. Deben actualizarse periódicamente.
24. Página 17: No consta que haya sido entregada la clave para validación de las notificaciones, entendiendo que esto no ha ocurrido. Luego de entregada debe considerarse la actualización anual.
25. Página 18: Quien es el coordinador del PADE?. Entendemos que no ha sido definido aún porque no se implementó el PADE. Debería ser definido.
26. Página 18: Como se relacionan las Emergencias, que declara el Gerente General, con las Alertas? ¿Todas las Alertas son Emergencias? ¿Cuándo se declara la Alerta? Esto se contrapone con lo indicado en el Diagrama de Aviso N° 2
27. Página 20: Está conformado el Comité de Emergencia para el PADE? ¿Quién es el Coordinador Interno y quien el Alterno? ¿Es el mismo del PADE? Deben clarificarse las figuras con los nombres de las personas designadas.
28. Página 21: No se conoce si se ha designado el Coordinador Interno del PADE y su Alterno. Se entiende que como un paso inicial para la actualización y puesta en vigencia del PADE, debería designarse un Coordinador Interno.
29. Página 22: Es muy poco precisa la definición de las posibles causas de condiciones de anomalía. No es claro cómo interpretar: *“Eventos hidrológicos que pongan en riesgo la estabilidad de la presa”* o *“Erosión por lluvia”* o *“Agujeros realizados por roedores”* o

“Sismos”. Pueden existir distintos incidentes con esta definición que no afectan la seguridad de la presa.

30. Página 22: No se ha incluido la potencial rotura, o falla, de las presas ubicadas aguas arriba en la cuenca del Río Uruguay.
31. Página 24: No resulta claro si sigue existiendo los cargos de Jefe de Turno y Contra maestre de Turno. En todo caso, ¿quién es el responsable del turno?
32. Página 24: No está claro si la Alerta Blanca responde a una Emergencia. Entendemos que responde al requerimiento de una acción interna. Por otra parte, se la vincula con el Manual de Aguas, pero puede originarse por otra condición que no sea hidrológica.
33. Página 25: Tal como están formulados, los mensajes pre escritos deberían ser modificados, considerando los siguientes elementos: i) Incluir el nombre del responsable que lo comunica; ii) Se debería pedir la contraseña del receptor; iii) El mensaje debería incluir una estimación del caudal que sería erogado y los tiempos en los cuales se considera concretarlos. Sin el valor de los caudales no se podría tomar decisiones en cuanto a la evacuación de personas afectadas. Igualmente debería implementarse el aviso de finalización de emergencias.
34. Página 29: Dentro de las inspecciones previstas deberían integrarse las inspecciones extraordinarias por Consultor Independiente. Las mismas han sido previstas por el PADE y han mostrado muy útiles y convenientes para el seguimiento de las obras en operación.
35. Página 30: Debe actualizarse el listado en general. Por ejemplo, como Expertos Consultores se incluye al Ing. Ernesto Ortega (Auscultación), que falleció hace ya varios años. Si el listado no está actualizado no servirá para su utilización en situación de emergencia. Por otra parte, en esta lista debería incluirse especialistas con amplio conocimiento de las obras, como por ejemplo los especialistas que han participado en su diseño y construcción, así como el, o los, Consultores Independientes que hayan sido convocados.
36. Página 31: Tal como está formulado el Listado de Proveedores, no es de gran utilidad. Cada proveedor debe incorporar una persona, y teléfono, de contacto. Asimismo, algunos de ellos no se sabe qué pueden suministrar.
37. Página 31: Con relación a los accesos a la Presa, entendemos que los accesos por sobre la misma deberían ser interrumpidos para el tránsito internacional, cuando se decreta una alarma amarilla o roja.
38. Página 33: Entendemos que el listado de equipos disponibles debería incorporar grupos electrógenos para la situación de trabajos en horarios nocturnos, sin alimentación eléctrica.
39. Página 33: Del listado, constituido por todos los vehículos de CTMSG, debería resaltarse los que se dispondrían para el manejo de las emergencias.
40. Página 34: Se entiende que el acopio de materiales, constituido por enrocado, se encuentra aún disponible ya que no se utilizó para la reparación de la presa. Debería verificarse el estado del mismo y que no se encuentra meteorizado. Si esa fuera la situación, su utilidad en caso de emergencia no sería la esperada.
41. Página 34: No se entiende la razón por la cual el proveedor de materiales de cantera SCEVOLA no está dentro de los proveedores estratégicos, del punto.4.4.2. El suministro de gravas y arenas constituye un material crítico para la atención de una emergencia.
42. Página 35: Deberían vincularse los tiempos incluidos en esta tabla con los tiempos de atención de la Emergencia. No se aprecia cual es la ubicación del Centro de Emergencia. Convendría incorporar un esquema con la ubicación del mismo.
43. Página 35: en el punto 4.11 se indica que se las oficinas del Centro de Emergencia están precisamente en la Central. Quizás convendría seleccionar como Centro de Emergencias un edificio alejado de la central hidroeléctrica como podría ser el edificio de administración de margen derecha, que está alejado de posibles inundaciones generadas por la emergencia.
44. Página 38: En los Informes sobre Eventos Anormales debe completarse la Planilla N° 1 por parte del Jefe de la Central. Es probable que, si se detecta un evento en horarios no laborales, el Jefe no se encuentre. El llenado de la planilla debería quedar a cargo del responsable del turno (Contra maestre o Jefe) que está siempre presente en la Central.
45. Página 37: se menciona la posibilidad de convocar a un Panel de Expertos. Reiteramos que es necesario consolidar un listado de expertos adecuado a la importancia de la presa y

asegurar su participación para la evaluación periódica del estado de la misma, como un procedimiento rutinario, independientemente de la emergencia.

46. Página 40: Se resalta la importancia de la Capacitación y Ejercitación. Según redactado en este punto es muy poco preciso. Debe verificarse lo incluido en el Anexo 11.

TOMO II – Anexos 01 a 08

Tomo II – Anexo 01

47. Páginas 3 y 4: la descripción es muy general. Sería necesario incorporar un mayor detalle para lograr el conocimiento técnico de las obras. Sería importante incorporar datos e información de caudales previstos para operaciones normales de Vertedero y Central Hidroeléctrica. Asimismo, algunos esquemas de las principales estructuras de las obras podrían ayudar a interpretar mejor la descripción del proyecto.

Tomo II – Anexo 02

48. Página 5: faltan datos indicados en verde. Posiblemente sería conveniente detallar más algún equipamiento vinculado con la seguridad de las obras (Descargador de Fondo).

Tomo II – Anexo 03

49. Páginas 6 y 7: no se menciona nada de la CMP, que ha sido recalculada. Entendemos necesario introducir una descripción y principal información calculada para la misma.

Tomo II – Anexo 04

50. Página 8: La presa de Foz do Chapecó se encuentra terminada desde el año 2012; resulta necesario proceder a la actualización del PADE. La terminación de la presa implica un nuevo volumen de agua incorporado a la cuenca del Río Uruguay.
51. Páginas 8 a 21: Debe incorporarse una descripción del tipo de presas ubicadas aguas arriba y el volumen de embalse de las mismas, para poder evaluar la incidencia de la potencial rotura en el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande.
52. Página 13: El volumen de embalse de la Tabla 4 incluye un error de unidades. Son 3.339 Hm^3 y no $3.339 \times 10^3 \text{ Hm}^3$.
53. Página 13: Hay errores conceptuales en la descripción de presas. No corresponde “*enrocado con espaldón de hormigón*”. Posiblemente haya querido expresarse enrocado con cara de hormigón (CFRD).
54. Página 15: Similar error conceptual en la descripción de la presa.

Tomo II – Anexo 05

55. Página 22: En esta página se incluye un glosario. Posiblemente sería conveniente que el glosario se inserte en el volumen principal ya que muchos de estos términos se mencionan en el mismo.
56. Página 22: En el Glosario faltan una serie importantes de definiciones, tales como: Alarma, Coordinador del PADE, Coordinador Alterno, Jefe de Turno, Contramaestre de Turno, etc. Se sugiere revisar el PADE y volcar al Glosario todos los términos mencionados en el mismo.

Tomo II – Anexo 06

57. Página 26: Se han perdido varios piezómetros eléctricos y se considera que estos instrumentos son muy importantes para evaluar filtraciones por el núcleo y la fundación. Debe considerarse la reposición de los mismos, analizando con detenimiento ya que son los

instrumentos idóneos para evaluar posibles erosiones internas, en la fundación o en el contacto con las estructuras de hormigón y estribos de la presa.

Tomo II – Anexo 07

58. Páginas 27 y 28: la descripción de las anomalías es muy general. Debería utilizarse una descripción más precisa para poder interpretar mejor las potenciales anomalías.
59. Páginas 29 a 35: El documento preparado puede ser una buena guía para evaluar las distintas emergencias, pero el cuadro debe ser revisado y corregido en su totalidad ya que se encuentra incompleto o con errores. En muchos casos se refiere a otros documentos del PADE, sin tener la referenciación adecuada.
60. Se sugiere reformular este cuadro aplicado específicamente a Salto Grande ajustando términos y definiciones. Por otra parte, deber ser revisado cuidadosamente cada uno de los elementos indicadores con la alerta que genera.

Tomo II – Anexo 08

61. Páginas 38 y 39: Lo volcado en este Anexo es muy general, está extraído del INPRES y no puede ser utilizado para evaluar la incidencia de los sismos en las obras.
62. Este Anexo debería ser reformulado, aplicándolo específicamente a Salto Grande, vinculando las magnitudes de los eventos registrados por los Sismocopios, que se encuentran instalados en las obras, con las acciones sísmicas consideradas para el diseño de las obras.

Tomo III

Tomo III – Anexo 09

63. El Anexo se plantea la modelación hidrodinámica de escenarios, y varios subescenarios, con un total de 32 variantes y distintos grados de caudales máximos previstos, evaluándose en cada uno la traslación de las ondas hacia aguas abajo.
64. El escenario E debería ser complementado con la eventual rotura de la presa de Fox de Chapecó, que ya está operando. Se refiere a una actualización, ya que al momento de realizarse la modelación no se encontraba concluida dicha presa.
65. También debería analizarse que ésta última presa, ubicada aguas arriba de Salto Grande, no se rompa, pero evacúe el caudal máximo previsto para la misma, del orden de 62.000 m³/s, para considerar su incidencia, en distintas condiciones meteorológicas, en el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande.
66. Página 87: El escenario G, rotura de la presa de hormigón, no parece posible, ya que no se visualizan posibilidades de que exista una modalidad de rotura que pueda dar lugar a un desembalse sin control.
67. Posiblemente hubiese sido conveniente contemplar otros escenarios derivados de fallas en el propio equipamiento de Salto Grande, tales como: i) Maniobra imprevista que origine la apertura de una, o varias, compuertas del vertedero, fuera de una maniobra programada; ii) Falla de la compuerta de la esclusa de navegación que dé lugar a un desembalse sin control por la estructura de hormigón de la misma.

Tomo III – Anexo 10

68. Se cuenta con un importante volumen de información, conformado por los diferentes planos de inundación, pero debería vincularse cada uno de estos planos con las consecuencias de definir las alertas previstas en el PADE, correspondiente a Alerta Amarilla y Alerta Roja.
69. Debería verificarse que los organismos de Defensa Civil, Prefectura y los que correspondan para la protección ciudadana, conozcan estos planos, los dispongan y puedan vincularlos con los avisos de alarma, que oportunamente podrían llegar a recibir.

70. Una vez más debemos señalar que si los organismos de defensa civil no están preparados, conociendo que áreas se pueden inundar frente a cada alarma, lo estipulado por el PADE no será de aplicación y cualquier emergencia podría generar muchos más daños en personas y bienes que si estuvieran preparados y adiestrados.

Tomo III - Anexo 11

71. En este Anexo se incluye el Plan de Capacitación y Ejercitación, el cual se presenta como muy detallado; no obstante, entendemos que el mismo aún no se ha implementado.
72. Podría ser conveniente comenzar con el desarrollo de este plan, a partir de proponer objetivos relativamente más modestos que podrían incluir algunos aspectos tales como: Riesgos generados por las presas; Casos históricos de fallas en presas; Aspectos más vulnerables de las obras de SG; Vinculación de casos históricos de fallas con posibles hechos similares en SG; comentarios sobre algunos incidentes de presas argentinas y de los países vecinos; la importancia del tiempo en las emergencias; la necesidad de capacitación y ejercitación en el marco del PADE, etc.
73. Debe considerarse dentro del Plan de Capacitación la invitación a los representantes de las organizaciones externas a la CTMSG, que intervengan en las comunicaciones del PADE.

Tomo III – Informe Protección Civil

74. El documento presenta una buena síntesis de la información que primariamente debe ser entregada a las entidades de protección civil.
75. Para su entrega debería previamente actualizar el PADE, completar los distintos aspectos que han sido señalados, y volcar los mismos en este Informe.
76. Sería muy importante que este documento incluya una tabla con los destinatarios a quienes se les envía el mismo. Servirá para que cada uno de los mismos, conozca que otras instituciones lo recibirá.
77. Página 9: Se incluye un listado de los niveles alcanzados por el río, en distintas localidades, y frente a distintos caudales, siempre con relación a las escalas hidrométricas locales.
78. Se considera importante poder complementar esta tabla con un detalle de los tiempos previstos para el traslado de ondas a partir de generación de un desembalse en el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, para que las autoridades de protección civil puedan estimar el tiempo disponible para concretar la evacuación de las zonas afectadas.

ANEXO C

CUESTIONARIO – FEMA64

Cuestionario basado en el *Check-list* presente en el documento FEMA-64 (*"Federal Guidelines for Dam Safety: Emergency Action Planning for Dam Owners"*, Año 2013).⁶

General

- 1) ¿Es el documento un "Documento Controlado"? ¿Tiene un plan de distribución?
- 2) ¿Están los roles y las responsabilidades del personal clave de emergencia claramente documentadas, preferentemente al comienzo del documento?
- 3) ¿El documento presenta un registro de revisiones?
- 4) ¿Los números y fechas de revisión están identificados en cada pie de página del documento?

Detección

- 1) ¿Están los sistemas de detección y/o de alerta temprana de la presa claramente descritos, incluyendo la observación de los operadores, los sistemas de instrumentación y las observaciones del público general?

Toma de decisión

- 2) ¿Están los niveles de alerta claramente descritos?
- 3) ¿Hay claros lineamientos y criterios para la toma de decisión que asistan al responsable de la presa a determinar condiciones inusuales o de emergencia que puedan producirse en la presa?

Notificaciones y comunicaciones

- 1) ¿Hay un sistema principal y alternativo (*backup*) de comunicaciones entre el Responsable de la presa y todos los actores principales que actúan durante una emergencia que estén descritos en el documento?
- 2) ¿Es el diagrama de aviso completo y lógico?
- 3) ¿Están los números de teléfono fijo y celulares en la lista de contactos? ¿El personal alternativo de contacto (*backup*) está listado en el diagrama de aviso y en la lista de contactos de emergencia?
- 4) ¿El diagrama de aviso incluye personal o consultores de ingeniería?
- 5) ¿El diagrama de aviso incluye contactos gerenciales locales de organizaciones en caso de niveles de alerta importantes?
- 6) ¿El diagrama de aviso minimiza el número de llamadas que los operadores de la presa deben realizar?

Acciones preestablecidas

- 1) ¿Hay una descripción de acciones recomendadas en caso de condiciones potencialmente inusuales o condiciones de emergencia en la presa?

⁶ El documento FEMA-64 está en idioma inglés. La traducción presentada en este anexo es solo preliminar.

- 2) ¿Hay un listado de recursos local disponible como ingenieros, obreros, maquinistas, materiales o equipamiento que pueda ser requerido durante una emergencia?
- 3) ¿El listado de recursos local ha sido actualizado y verificado?

Fin de la emergencia y seguimiento

- 1) ¿Es la persona con la autoridad para dar fin a la emergencia identificada?
- 2) ¿Están los procedimientos para el determinar el fin de la emergencia claramente descriptos?
- 3) ¿Hay una guía para el seguimiento de las responsabilidades después de finalizada la emergencia?

Mapas de inundación

- 1) ¿Los mapas de inundación incluyen la orientación y una barra de escala?
- 2) ¿Están las áreas claramente dibujadas y denominadas?
- 3) ¿Los mapas de inundación incluyen alguna nota acerca que los límites de inundación podrían variar debido varias razones?
- 4) ¿Están los caminos locales, drenajes, y otras marcas del terreno claramente etiquetadas en el mapa?
- 5) ¿Es el límite de aguas debajo del mapa de inundación lógico?
- 6) ¿Fueron trazados cortes transversales en secciones críticas como en cruces de caminos principales, ciudades, escuelas, etc.?
- 7) ¿Está la siguiente información acerca de la inundación en locaciones importantes disponible?:
 - a. Pico de inundación
 - b. Tiempo de arribo de la onda de crecida
 - c. Tiempo de arribo del pico de la crecida
 - d. Máximo nivel de agua
 - e. Caudal pico

ANEXO D

Planes de mantenimiento vigentes

Se recibe de parte de CTM el listado de tareas de Mantenimiento Preventivo Programado (PPM) para los equipos hidromecánicos analizados.

Compuertas radiales de vertedero.

Listado de PPM - S01451 Vterdedero

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
1	A05447	766RAD004	Mantenimiento y calibración instrumentos casetas de vertedero	Grupo de instrumentos paneles hidráulicos caseta vertedero 01-02
2	A05448	766RAD004	Mantenimiento y calibración instrumentos casetas de vertedero	Grupo de instrumentos paneles hidráulicos caseta vertedero 03-04
3	A05449	766RAD004	Mantenimiento y calibración instrumentos casetas de vertedero	Grupo de instrumentos paneles hidráulicos caseta vertedero 05-06
4	A05450	766RAD004	Mantenimiento y calibración instrumentos casetas de vertedero	Grupo de instrumentos paneles hidráulicos caseta vertedero 07-08
5	A05451	766RAD004	Mantenimiento y calibración instrumentos casetas de vertedero	Grupo de instrumentos paneles hidráulicos caseta vertedero 09-10
6	A05452	766RAD004	Mantenimiento y calibración instrumentos casetas de vertedero	Grupo de instrumentos paneles hidráulicos caseta vertedero 10-11
7	A05453	766RAD004	Mantenimiento y calibración instrumentos casetas de vertedero	Grupo de instrumentos paneles hidráulicos caseta vertedero 12-13
8	A05454	766RAD004	Mantenimiento y calibración instrumentos casetas de vertedero	Grupo de instrumentos paneles hidráulicos caseta vertedero 14-15
9	A05455	766RAD004	Mantenimiento y calibración instrumentos casetas de vertedero	Grupo de instrumentos paneles hidráulicos caseta vertedero 16-17
10	A05456	766RAD004	Mantenimiento y calibración instrumentos casetas de vertedero	Grupo de instrumentos paneles hidráulicos caseta vertedero 18-19
11	A05459	766RAD005	Mantenimiento motobomba diesel elevación emergencia compuertas de vertedero	Motobomba diesel 1 elevación emergencia compuertas radiales vertedero
12	A05460	766RAD005	Mantenimiento motobomba diesel elevación emergencia compuertas de vertedero	Motobomba diesel 2 elevación emergencia compuertas radiales vertedero
13	S00048	766RAD003	Inspección, limpieza y engrase de compuertas radiales	Sistema compuertas radiales de vertedero
14	S00049	767RAD001	Mantenimiento eléctrico casetas de vertedero	Sistema compuertas radiales de vertedero
15	S00049	766RAD001	Muestreo anual y análisis FQ aceite sistema hidráulico de vertedero	Sistema hidráulico compuertas radiales de vertedero
16	S00049	766RAD002	Revisión general sistema hidráulico de vertedero	Sistema hidráulico compuertas radiales de vertedero

GERENCIA DE INGENIERÍA Y PLANEAMIENTO

Compuertas planas de vertedero.

Según el personal de mantenimiento de la central, en las compuertas planas de vertedero no existen actualmente tareas de mantenimiento programadas.

Compuertas de toma.

Listado de PPM - S00044 Sistema de compuertas de toma

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
1	A01194	767CTO001	Mantenimiento general tableros bombas compuertas de toma (TBCT) MD	TBCT MD - Tablero comando de bombas compuertas de toma MD
2	A01194	767CTO004	Retirar relé compuerta de toma (RST), por medidas de seguridad de Automatismos	TBCT MD - Tablero comando de bombas compuertas de toma MD
3	A01195	767CTO004	Retirar relé compuerta de toma (RST), por medidas de seguridad de Automatismos	TBCT MI - Tablero comando de bombas compuertas de toma MI
4	A01195	767CTO002	Mantenimiento general tableros bombas compuertas de toma (TBCT) MI	TBCT MI - Tablero comando de bombas compuertas de toma MI
5	A01310	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH01
6	A01311	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH02
7	A01312	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH03
8	A01313	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH04
9	A01314	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH05
10	A01315	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH06
11	A01316	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH07
12	A01317	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH08
13	A01318	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH09
14	A01319	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH10
15	A01320	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH11
16	A01321	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH12
17	A01322	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH13
18	A01323	767CTO003	Mantenimiento eléctrico tableros control compuertas de toma	Tablero control local compuertas de toma UH14
19	A01679	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH01
20	A01680	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH02
21	A01681	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH03
22	A01682	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH04
23	A01683	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH05
24	A01684	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH06
25	A01685	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH07
26	A01686	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH08
27	A01687	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH09
28	A01688	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH10
29	A01689	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH11
30	A01690	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH12
31	A01691	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH13
32	A01692	766CTO001	Mantenimiento de guías de compuertas de toma	Conjunto piezas y guías empotradas compuerta de toma UH14
33	A02656	766CTO025	Inspección y limpieza de rejillas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejillas de toma UH01
34	A02657	766CTO025	Inspección y limpieza de rejillas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejillas de toma UH02
35	A02658	766CTO025	Inspección y limpieza de rejillas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejillas de toma UH03
36	A02659	766CTO025	Inspección y limpieza de rejillas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejillas de toma UH04
37	A02660	766CTO025	Inspección y limpieza de rejillas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejillas de toma UH05
38	A02661	766CTO025	Inspección y limpieza de rejillas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejillas de toma UH06
39	A02662	766CTO025	Inspección y limpieza de rejillas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejillas de toma UH07
40	A02663	766CTO025	Inspección y limpieza de rejillas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejillas de toma UH08

GERENCIA DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO

Listado de PPM - S00044 Sistema de compuertas de toma

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
41	A02664	766CTO025	Inspección y limpieza de rejas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejas de toma UH09
42	A02665	766CTO025	Inspección y limpieza de rejas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejas de toma UH10
43	A02666	766CTO025	Inspección y limpieza de rejas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejas de toma UH11
44	A02667	766CTO025	Inspección y limpieza de rejas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejas de toma UH12
45	A02668	766CTO025	Inspección y limpieza de rejas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejas de toma UH13
46	A02669	766CTO025	Inspección y limpieza de rejas compuertas de toma, retiro de troncos en zona.	Conjunto de rejas de toma UH14
47	A05476	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH01
48	A05477	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH02
49	A05478	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH03
50	A05479	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH04
51	A05480	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH05
52	A05481	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH06
53	A05482	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH07
54	A05483	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH08
55	A05484	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH09
56	A05485	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH10
57	A05486	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH11
58	A05487	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH12
59	A05488	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH13
60	A05489	766INS006	Mantenimiento y calibración manómetros paneles hidráulicos compuertas de toma	Grupo de manómetros de paneles hidráulicos compuertas de toma UH14
61	S00037	833CEN016	Medir pérdidas de carga en Rejas de toma CMI	Sistema rejas de toma MI
62	S00038	833CEN015	Medir pérdidas de carga en Rejas de toma CMD	Sistema rejas de toma MD
63	S00062	766CTO011	Engrase compuertas de toma MD	Sistema compuertas de toma MD
64	S00062	766CTO002	Mantenimiento allímetros compuertas de toma MD	Sistema compuertas de toma MD
65	S00062	766CTO009	Limpieza y engrase roscas vástagos y tornillos ganchos de sujeción CTO MD	Sistema compuertas de toma MD
66	S00062	833CEN026	Inspección compuertas de toma cota 39 y tableros en módulo MD	Sistema compuertas de toma MD
67	S00063	833CEN027	Inspección compuertas de toma cota 39 y tableros en módulo MI	Sistema compuertas de toma MI
68	S00063	766CTO010	Limpieza y engrase roscas vástagos y tornillos ganchos de sujeción CTO MI	Sistema compuertas de toma MI
69	S00063	766CTO003	Mantenimiento allímetros compuertas de toma MI	Sistema compuertas de toma MI
70	S00063	766CTO012	Engrase compuertas de toma MI	Sistema compuertas de toma MI
71	S00064	766CTO004	Muestreo anual y análisis FQ aceite sistema hidráulico compuertas de toma	Sistema sala de bombeo compuertas de toma MD
72	S00064	766CTO032	Engrase cadena acople bomba Izaje, descenso y compensación comp. de toma	Sistema sala de bombeo compuertas de toma MD
73	S00064	766CTO024	Mantenimiento filtros de aspiración y retorno sistema de bombeo compuerta toma	Sistema sala de bombeo compuertas de toma MD
74	S00064	766CTO029	Ensayo funcional central bombeo compuerta de toma	Sistema sala de bombeo compuertas de toma MI
75	S00065	766CTO029	Ensayo funcional central bombeo compuerta de toma	Sistema sala de bombeo compuertas de toma MI
76	S00065	766CTO024	Mantenimiento filtros de aspiración y retorno sistema de bombeo compuerta toma	Sistema sala de bombeo compuertas de toma MI
77	S00065	766CTO032	Engrase cadena acople bomba Izaje, descenso y compensación comp. de toma	Sistema sala de bombeo compuertas de toma MI
78	S00065	766CTO004	Muestreo anual y análisis FQ aceite sistema hidráulico compuertas de toma	Sistema sala de bombeo compuertas de toma MI
79	S00066	766CTO013	Mantenimiento allímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH01
80	S00066	766CTO008	Control funcional compuertas de toma MD	Sistema compuertas de toma UH01
81	S00066	766TAC001	Limpieza recatas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH01

Listado de PPM - S00044 Sistema de compuertas de toma

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
82	S00066	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH01
83	S00066	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH01
84	S00066	766CTO014	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH01
85	S00066	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH01
86	S00066	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH01
87	S00066	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH01
88	S00066	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH01
89	S00066	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH01
90	S00066	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH01
91	S00066	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH01
92	S00066	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH01
93	S00066	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH01
94	S00066	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH01
95	S00067	766CTO025	Mantenimiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH02
96	S00067	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH02
97	S00067	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH02
98	S00067	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH02
99	S00067	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH02
100	S00067	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH02
101	S00067	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH02
102	S00067	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH02
103	S00067	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH02
104	S00067	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH02
105	S00067	766UH001	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH02
106	S00067	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH02
107	S00067	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH02
108	S00067	766TAC001	Limpieza recatas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH02
109	S00067	766CTO013	Mantenimiento alfileros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH02
110	S00067	766CTO008	Control funcional compuertas de toma MD	Sistema compuertas de toma UH02
111	S00068	766CTO008	Control funcional compuertas de toma MD	Sistema compuertas de toma UH03
112	S00068	766CTO013	Mantenimiento alfileros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH03
113	S00068	766TAC001	Limpieza recatas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH03
114	S00068	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH03
115	S00068	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH03
116	S00068	766CTO014	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH03
117	S00068	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH03
118	S00068	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH03
119	S00068	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH03
120	S00068	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH03
121	S00068	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH03
122	S00068	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH03

Listado de PPM - S00044 Sistema de compuertas de toma

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
123	S00068	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH03
124	S00068	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH03
125	S00068	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH03
126	S00068	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH03
127	S00069	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH04
128	S00069	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH04
129	S00069	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH04
130	S00069	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH04
131	S00069	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH04
132	S00069	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH04
133	S00069	766CTO019	Cambio paragolpes de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH04
134	S00069	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH04
135	S00069	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH04
136	S00069	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH04
137	S00069	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH04
138	S00069	766CTO014	Limpieza de techo y calones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH04
139	S00069	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH04
140	S00069	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH04
141	S00069	766TAC001	Limpieza recatas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH04
142	S00069	766CTO008	Control funcional compuertas de toma MD	Sistema compuertas de toma UH04
143	S00069	766CTO013	Mantenimiento altímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH04
144	S00070	766CTO013	Mantenimiento altímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH05
145	S00070	766CTO008	Control funcional compuertas de toma MD	Sistema compuertas de toma UH05
146	S00070	766TAC001	Limpieza recatas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH05
147	S00070	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH05
148	S00070	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH05
149	S00070	766CTO014	Limpieza de techo y calones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH05
150	S00070	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH05
151	S00070	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH05
152	S00070	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH05
153	S00070	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH05
154	S00070	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH05
155	S00070	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH05
156	S00070	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH05
157	S00070	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH05
158	S00070	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH05
159	S00070	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH05
160	S00071	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH06
161	S00071	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH06
162	S00071	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH06
163	S00071	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH06

Listado de PPM - S00044 Sistema de compuertas de toma

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
164	S00071	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH06
165	S00071	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH06
166	S00071	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH06
167	S00071	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH06
168	S00071	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH06
169	S00071	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH06
170	S00071	766CTO014	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH06
171	S00071	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH06
172	S00071	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH06
173	S00071	766TAC001	Limpieza recalas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH06
174	S00071	766CTO013	Mantenimiento altímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH06
175	S00071	766CTO008	Control funcional compuertas de toma MD	Sistema compuertas de toma UH06
176	S00072	766CTO007	Control funcional compuertas de toma MI	Sistema compuertas de toma UH07
177	S00072	766CTO013	Mantenimiento altímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH07
178	S00072	766TAC001	Limpieza recalas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH07
179	S00072	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH07
180	S00072	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH07
181	S00072	766CTO014	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH07
182	S00072	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH07
183	S00072	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH07
184	S00072	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH07
185	S00072	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH07
186	S00072	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH07
187	S00072	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH07
188	S00072	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH07
189	S00072	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH07
190	S00072	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH07
191	S00072	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH07
192	S00073	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH08
193	S00073	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH08
194	S00073	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH08
195	S00073	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH08
196	S00073	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH08
197	S00073	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH08
198	S00073	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH08
199	S00073	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH08
200	S00073	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH08
201	S00073	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH08
202	S00073	766CTO014	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH08
203	S00073	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH08
204	S00073	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH08

GERENCIA DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO

Listado de PPM - S00044 Sistema de compuertas de toma

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
205	S00073	766TAC001	Limpieza recatas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH08
206	S00073	766CTO013	Mantenimiento altímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH08
207	S00073	766CTO007	Control funcional compuertas de toma MI	Sistema compuertas de toma UH08
208	S00074	766CTO007	Control funcional compuertas de toma MI	Sistema compuertas de toma UH09
209	S00074	766CTO013	Mantenimiento altímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH09
210	S00074	766TAC001	Limpieza recatas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH09
211	S00074	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH09
212	S00074	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH09
213	S00074	766CTO014	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH09
214	S00074	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH09
215	S00074	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH09
216	S00074	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH09
217	S00074	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH09
218	S00074	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH09
219	S00074	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH09
220	S00074	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH09
221	S00074	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH09
222	S00074	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH09
223	S00074	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH09
224	S00075	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH10
225	S00075	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH10
226	S00075	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH10
227	S00075	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH10
228	S00075	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH10
229	S00075	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH10
230	S00075	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH10
231	S00075	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH10
232	S00075	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH10
233	S00075	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH10
234	S00075	766CTO014	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH10
235	S00075	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH10
236	S00075	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH10
237	S00075	766TAC001	Limpieza recatas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH10
238	S00075	766CTO013	Mantenimiento altímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH10
239	S00075	766CTO007	Control funcional compuertas de toma MI	Sistema compuertas de toma UH11
240	S00076	766CTO007	Control funcional compuertas de toma MI	Sistema compuertas de toma UH11
241	S00076	766CTO013	Mantenimiento altímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH11
242	S00076	766TAC001	Limpieza recatas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH11
243	S00076	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH11
244	S00076	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH11
245	S00076	766CTO014	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH11

GERENCIA DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO

Listado de PPM - S00044 Sistema de compuertas de toma

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
246	S00076	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH11
247	S00076	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH11
248	S00076	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH11
249	S00076	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH11
250	S00076	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH11
251	S00076	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH11
252	S00076	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH11
253	S00076	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH11
254	S00076	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH11
255	S00076	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH12
256	S00077	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH12
257	S00077	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH12
258	S00077	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH12
259	S00077	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH12
260	S00077	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH12
261	S00077	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH12
262	S00077	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH12
263	S00077	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH12
264	S00077	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH12
265	S00077	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH12
266	S00077	766CTO014	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH12
267	S00077	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH12
268	S00077	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH12
269	S00077	766TAC001	Limpieza recalas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH12
270	S00077	766CTO013	Mantenimiento altímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH12
271	S00077	766CTO007	Control funcional compuertas de toma MI	Sistema compuertas de toma UH12
272	S00078	766CTO013	Mantenimiento altímetros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH13
273	S00078	766TAC001	Limpieza recalas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH13
274	S00078	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH13
275	S00078	766CTO015	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH13
276	S00078	766UH001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH13
277	S00078	766CTO014	Limpieza de techo y cajones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH13
278	S00078	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH13
279	S00078	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH13
280	S00078	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH13
281	S00078	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH13
282	S00078	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH13
283	S00078	766CTO008	Control funcional compuertas de toma MD	Sistema compuertas de toma UH13
284	S00078	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH13
285	S00078	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH13
286	S00078	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH13

GERENCIA DE INGENIERIA Y PLANEAMIENTO

Listado de PPM - S00044 Sistema de compuertas de toma

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
287	S00078	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH13
288	S00079	766CTO022	Mantenimiento cajas de levas de posición de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH14
289	S00079	766CTO021	Tratamiento de superficie y pintura barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH14
290	S00079	766TAC003	Retiro de tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH14
291	S00079	766CTO023	Cambio barra corta por barra larga de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH14
292	S00079	766CTO027	Revisión de Oportunidad del Descenso de Compuerta de Toma	Sistema compuertas de toma UH14
293	S00079	766CTO026	Cambio de compuerta de toma	Sistema compuertas de toma UH14
294	S00079	766CTO020	Preparación de superficies cabezas de barra larga para ensayo	Sistema compuertas de toma UH14
295	S00079	766CTO017	Mantenimiento cañerías de engrase compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH14
296	S00079	766CTO016	Mantenimiento sello dintel compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH14
297	S00079	766CTO014	Limpieza de techo y calones de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH14
298	S00079	766UHG001	Vaciado de cámaras intermedias compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH14
299	S00079	766TAC002	Cambio barra larga por barra corta de compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH14
300	S00079	766TAC002	Colocación tableros auxiliares de cierre aguas arriba	Sistema compuertas de toma UH14
301	S00079	766TAC001	Limpieza recalas de tableros auxiliares de cierre	Sistema compuertas de toma UH14
302	S00079	766CTO013	Mantenimiento alfileros compuertas de toma	Sistema compuertas de toma UH14
303	S00079	766CTO007	Control funcional compuertas de toma MI	Sistema compuertas de toma UH14
304	S00080	766CTO030	Inspección de pasamuros, abrazaderas y fijación de cañerías compuertas de toma	Sistema hidráulico de distribución a compuertas de toma MD
305	S00081	766CTO030	Inspección de pasamuros, abrazaderas y fijación de cañerías compuertas de toma	Sistema hidráulico de distribución a compuertas de toma MI

Descargador de fondo

MP	Descripción	Clase de MP	Tipo de OT	Serv. alqc.	Act.	Descripción Act.	Seq.	Descripción Punto
7960JCD001	Lubricación rodillos compuestas descargadores de fondo	HIDROMEC	Preventivo	HERKOROS		10 Lubricar rodillos de ruedas compuesta de: Vano A 20 Lubricar rodillos de ruedas compuesta de: Vano B 30 Lubricar rodillos de ruedas compuesta de: Vano C 40 Lubricar rodillos de ruedas compuesta de: Vano D		
833CEN0011	Purga de descargadores de fondo CMD	OPCEN	Preventivo	OPCEN		10 Limpieza del fondo del descargador CMD 20 Purga de descargadores de fondo CMD		
833CEN0012	Purga de descargadores de fondo CMD	OPCEN	Preventivo	OPCEN		30 Verificación con manguera descargadores de fondo CMD		
7833CEN0012	Limpieza del fondo del descargador CMD					10 CMD 20 Purga de descargadores de fondo CMD		<p>1. Abrir el COU para inhibir la medición de corte de extrusión de la manga.</p> <p>2. Cerrar válvula Nº2 de entrada a las bombas de medida de los tres vanos A, C, y U</p> <p>3. Cerrar válvula manómetra</p> <p>4. Abrir válvula de cámara control de una de las unidades de la manga</p> <p>5. Abrir válvula ----- durante 10 min y cerrar</p> <p>6. Abrir válvula ----- durante 10 min y cerrar</p> <p>7. Abrir válvula ----- durante 10 min y cerrar</p> <p>8. Cerrar válvula de cámara espiral de una de las unidades de la manga</p> <p>9. Abrir válvula manómetra</p> <p>10. Continuar con la purga de los otros de 30"</p> <p>1. Registrar valor del nivel de agua abajo</p> <p>2. Comunicar al COU para que desactive la medición hacia el sistema supervisor.</p> <p>3. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>4. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>5. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>6. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>7. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>8. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>9. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>10. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>11. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>12. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>13. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>14. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>15. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>16. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>17. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>18. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>19. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>20. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>21. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>22. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>23. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>24. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>25. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>26. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>27. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>28. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>29. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>30. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>31. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>32. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>33. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>34. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>35. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>36. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>37. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p>
7833CEN0011	Limpieza del fondo del descargador CMD					10 CMD 20 Purga de descargadores de fondo CMD		<p>1. Registrar valor del nivel de agua abajo</p> <p>2. Comunicar al COU para que desactive la medición hacia el sistema supervisor.</p> <p>3. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>4. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>5. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>6. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>7. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>8. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>9. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>10. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>11. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>12. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>13. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>14. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>15. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>16. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>17. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>18. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>19. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>20. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>21. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>22. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>23. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>24. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>25. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>26. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>27. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>28. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>29. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>30. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>31. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>32. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>33. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>34. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>35. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>36. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>37. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p>
7833CEN0012	Verificación con manguera descargadores de fondo CMD					10 CMD 20 Purga de descargadores de fondo CMD		<p>1. Verificar/indicar normalización del sistema</p> <p>2. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>3. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>4. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>5. La diferencia es menor a XXXX cm?</p> <p>6. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>7. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>8. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>9. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>10. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>11. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>12. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>13. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>14. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>15. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>16. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>17. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>18. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>19. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>20. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>21. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>22. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>23. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>24. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>25. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>26. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>27. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>28. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>29. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>30. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>31. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>32. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>33. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>34. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>35. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>36. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p> <p>37. Registrar nivel de agua en sistema supervisor</p>

Grúas pórtico de aguas arriba

Listado de PPM - A01307 Grúa pórtico 2x75T / 2x17,5T / 7,5T +39,00 MI

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
1	A01307	767GRU003	Mantenimiento general grúas pórtico 150T / 35T +39,00	Grúa pórtico 2x75T / 2x17,5T / 7,5T +39,00 MI
2	A01307	765GRU003	Limpieza tanques de combustible pórticos	Grúa pórtico 2x75T / 2x17,5T / 7,5T +39,00 MI
3	A01307	765GRU016	Lubricación anual grúa pórtico 2x75Tn/2x17,5Tn/2x7,5Tn cota +39	Grúa pórtico 2x75T / 2x17,5T / 7,5T +39,00 MI
4	A01307	765GRU017	Lubricación bianual grúa pórtico 2x75Tn/2x17,5Tn/2x7,5Tn cota +39	Grúa pórtico 2x75T / 2x17,5T / 7,5T +39,00 MI
5	A01307	765GRU002	Mantenimiento grúas de Central	Grúa pórtico 2x75T / 2x17,5T / 7,5T +39,00 MI
6	A01307	765GRU018	Lubricación trianual grúa pórtico 2x75Tn/2x17,5Tn/2x7,5Tn cota +39	Grúa pórtico 2x75T / 2x17,5T / 7,5T +39,00 MI
7	A07700	765GDE004	Mantenimiento mecánico semestral grupo diesel grúa pórtico cota +39	Grupo generador diesel grúa pórtico +39 MI

Listado de PPM - A01306 Grúa pórtico 2x7.5T / 2x17.5T / 7.5T +39,00 MD

#	IdActivo	Nombre PPM	Descripción PPM	Descripción Activo
1	A01306	767GRU003	Mantenimiento general gruas pórtico 150T / 35T +39,00	Grúa pórtico 2x7.5T / 2x17.5T / 7.5T +39,00 MD
2	A01306	765GRU003	Limpieza tanques de combustible pórticos	Grúa pórtico 2x7.5T / 2x17.5T / 7.5T +39,00 MD
3	A01306	765GRU016	Lubricación anual grúa pórtico 2x7.5Tn/2x17.5Tn/2x7.5Tn cota +39	Grúa pórtico 2x7.5T / 2x17.5T / 7.5T +39,00 MD
4	A01306	765GRU002	Mantenimiento grúas de Central	Grúa pórtico 2x7.5T / 2x17.5T / 7.5T +39,00 MD
5	A01306	765GRU017	Lubricación bianual grúa pórtico 2x7.5Tn/2x17.5Tn/2x7.5Tn cota +39	Grúa pórtico 2x7.5T / 2x17.5T / 7.5T +39,00 MD
6	A01306	765GRU018	Lubricación trienal grúa pórtico 2x7.5Tn/2x17.5Tn/2x7.5Tn cota +39	Grúa pórtico 2x7.5T / 2x17.5T / 7.5T +39,00 MD
7	A07699	765GDE004	Mantenimiento mecánico semestral grupo diesel grúa pórtico cota +39	Grupo generador diesel grúa pórtico +39 MD

