

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
Julio 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 0

July 11, 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	

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 _____

(signature)

Enter Name

Reviewed by _____

(signature)

Enter Name

Approved by _____

(signature)

Enter Name

Índice

1.0	ALCANCE.....	1
2.0	ANTECEDENTES.....	2
2.1	CUENCA DE SALTO GRANDE.....	2
2.2	COMPLEJO HIDROELÉCTRICO SALTO GRANDE.....	4
2.3	REVISIÓN DE ANTECEDENTES.....	5
2.3.1	“Crecida Máxima Probable, Normas de Operación y Plan de Acción Durante Emergencias”.....	7
2.3.2	“Manual del Agua”.....	14
2.3.3	“Programa de Vertimiento”.....	17
2.3.4	“Plan de acción ante creciente”.....	18
2.3.5	“Plan de Emergencias”.....	19
2.3.6	“Estudios Hidrológicos del Complejo y de la Cuenca del Río Uruguay” SN2 - BID.....	20
2.4	OBRAS DE DESCARGA.....	22
2.4.1	Vertedero.....	22
2.4.2	Descargador de fondo.....	23
2.4.3	Presas fusibles.....	27
3.0	RECOMENDACIONES PARA EL DESARROLLO DEL PADE.....	28
3.1	ASPECTOS GENERALES DE UN PADE.....	28
3.1.1	Contenido del PADE.....	28
3.1.2	Entidades participantes del PADE.....	29
3.1.3	Implementación.....	29
3.1.4	Actualización.....	30
3.1.5	Capacitación.....	30
3.1.6	Ejercitación.....	31
3.2	PADE DE SALTO GRANDE.....	32
3.2.1	Normativas de referencia.....	32
3.2.2	Visita a Salto Grande.....	33
3.2.3	Estado actual.....	35
3.2.4	Procedimientos de emergencia.....	36
3.2.5	Grado de implementación.....	36
3.3	IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES MEJORAS Y OPTIMIZACIONES.....	37
3.3.1	Introducción.....	37
3.3.2	Detección y clasificación de las Emergencias.....	38
3.3.3	Comentarios sobre los niveles de alerta.....	40
3.3.4	Situaciones de Emergencia previstas.....	42
3.3.5	Esquemas y Procedimientos de Notificación.....	44
3.3.6	Incorporación al PADE de procedimientos usuales de la CTMSG.....	45
3.3.7	Evaluación de Posibles Mejoras en los Mapas de Inundación.....	45
3.3.8	Aspectos vinculados con la Seguridad y Control de las obras.....	46
4.0	OPERACIÓN DE OBRAS DE DESCARGA.....	48
4.1	INTRODUCCIÓN.....	48
4.1.1	Crecidas de diseño.....	48
4.2	DESCARGADOR DE FONDO.....	49
4.2.1	Antecedentes de uso del Descargador de Fondo.....	50
4.2.2	Limitaciones operativas.....	51

4.2.3	Condicionantes operativas	52
4.2.4	Conclusión.....	54
4.3	PRESAS FUSIBLES	54
4.3.1	Conceptos Básicos de Presas Fusibles	54
4.3.2	Aplicación al Complejo Hidroeléctrico Salto Grande	55
4.3.3	Conclusión.....	56
5.0	CONCLUSIONES	57

TABLAS

Tabla 1 – Crecidas máximas – Período 1980 – 2014 (Fuente: SN2)	4
Tabla 2 – Curva de descarga de un Descargador de Fondo (Fuente: SN2)	26
Tabla 3 – Curva de restitución (Fuente: SN2)	26

FIGURAS

Figura 1 – Subcuencas del río Uruguay en Salto Grande	2
Figura 2 – Perfil longitudinal esquemático del río Uruguay	3
Figura 3 – Planta general de las obras principales.....	4
Figura 4 – Foto aérea de las obras principales.....	5
Figura 5 – Hidrograma de la CMP (Evarsa-Incociv, 2011)	8
Figura 6 – Tabla de afectaciones por Localidad (Ejemplo: Concordia)	10
Figura 7 – Envoltorio de niveles aguas abajo Salto Grande	11
Figura 8 – Caudales diario máximos anuales (1898-2005).	12
Figura 9 – Caudales máximos para diferentes períodos de retorno	12
Figura 10 – Extracto Manual del Agua – Definición de los modos de operación.....	15
Figura 11 – Extracto Manual del Agua – Modo de operación en Crecida	15
Figura 12 – Extracto Manual del Agua – Anexo B – Creciente de diseño	16
Figura 13 – Ejemplo de Comunicado diario para el 2 de julio de 2018	16
Figura 14 – Extracto Manual del Agua – Avisos – Información especial	17
Figura 15 – Diagrama para la elaboración del Programa de Vertimiento	18
Figura 16 – Curva de restitución en Salto Grande y Niveles de Alerta.....	19
Figura 17 – Comparación de seleccionadas CMPs (SN2, 2015).....	21
Figura 18 – Corte general de vertedero	22
Figura 19 – Capacidad de descarga del vertedero	23
Figura 20 – Corte general del Descargador de fondo.....	24
Figura 21 – Foto durante la construcción	24
Figura 22 – Foto durante la construcción	25
Figura 23 – Foto durante la construcción	25
Figura 24 – Foto durante la construcción	25
Figura 25 – Ubicación de las presas bajas “erosionables”	27
Figura 26 – Visita a la presa – Galería de drenaje e inspección	33
Figura 27 – Visita a la presa – Aforo de filtraciones en la presa.....	33
Figura 28 – Visita a la presa – Área de presas fusibles.....	34
Figura 29 – Visita a la presa – Descargador de Fondo de margen izquierda.....	35
Figura 30 – Ejemplo de tabla de notificaciones (FEMA-64, 2013).....	39
Figura 31 – Restitución en Salto Grande, Niveles de alerta y niveles en Concordia.....	40
Figura 32 – Extracto del Manual de Aguas – Crecida de diseño	49

Figura 33 – Fotografía de la descarga por apertura de la Compuerta del descargador de fondo con un tablero sin colocar	51
Figura 34 – Fotografía del Pórtico grúa de margen izquierda	52
Figura 35 – Elementos de Accionamiento del Descargador de Fondo.....	53
Figura 36 – Presa baja de margen izquierda.....	55

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

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 analiza el descargador de fondo, en el Capítulo 4 se desarrolla un análisis de las operaciones durante emergencias en Salto Grande y se elaboran recomendaciones para el desarrollo del PADE. Finalmente, en el Capítulo 5 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.

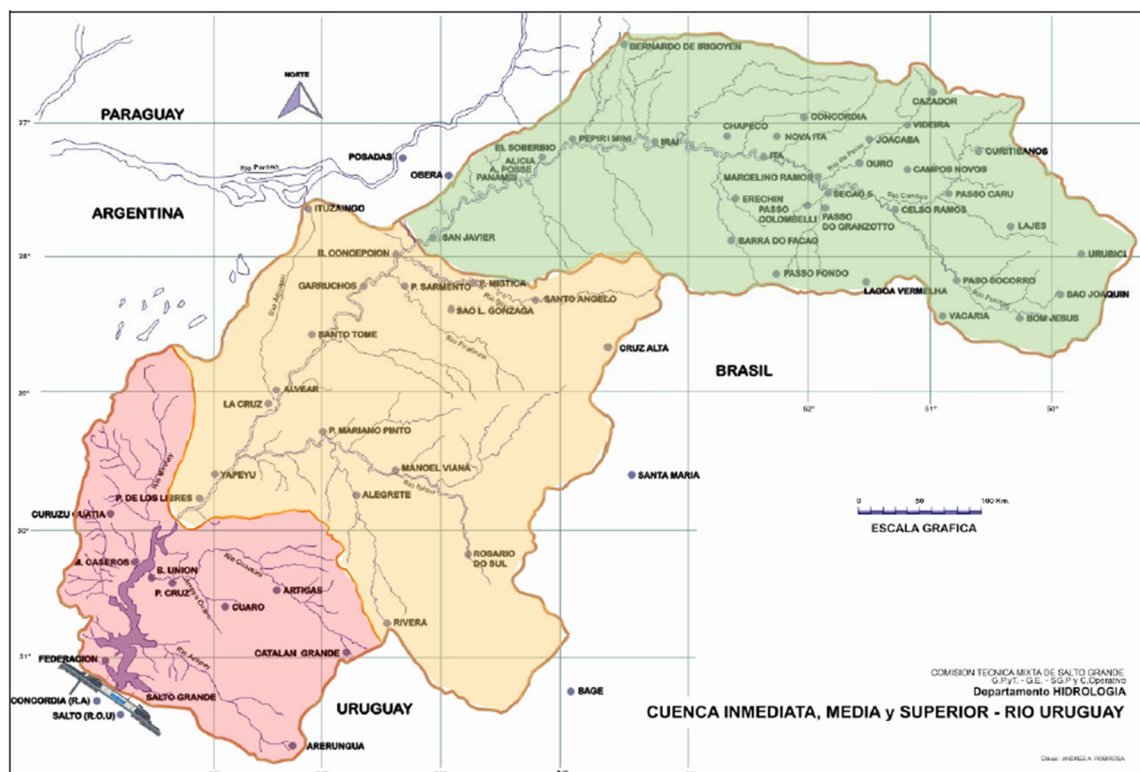


Figura 1 – Subcuencas del río Uruguay en Salto Grande

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.

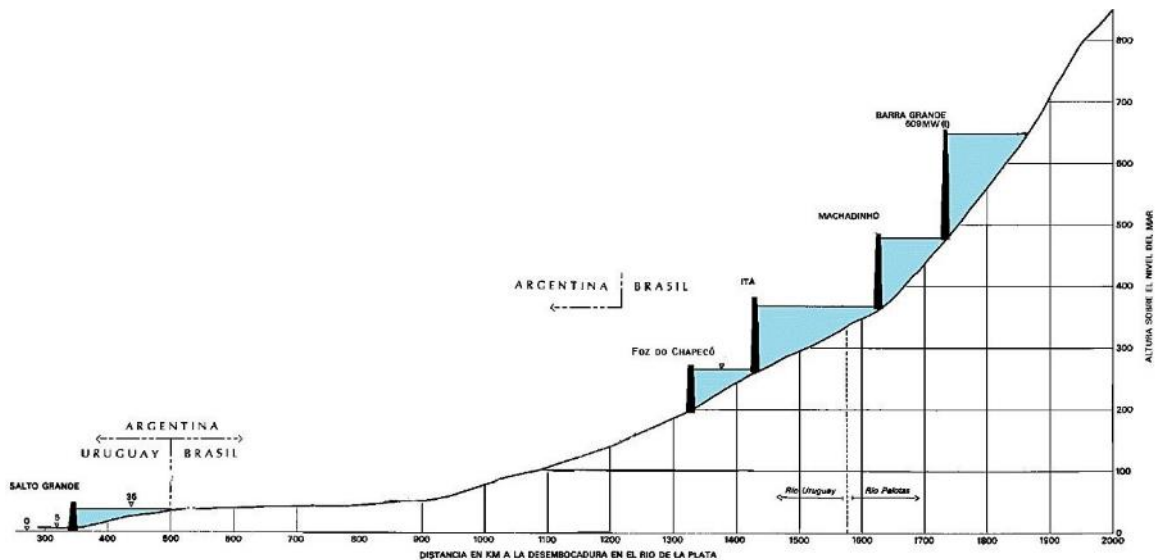


Figura 2 – Perfil longitudinal esquemático del río Uruguay

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 37714 m³/s (año 1992) y el 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.

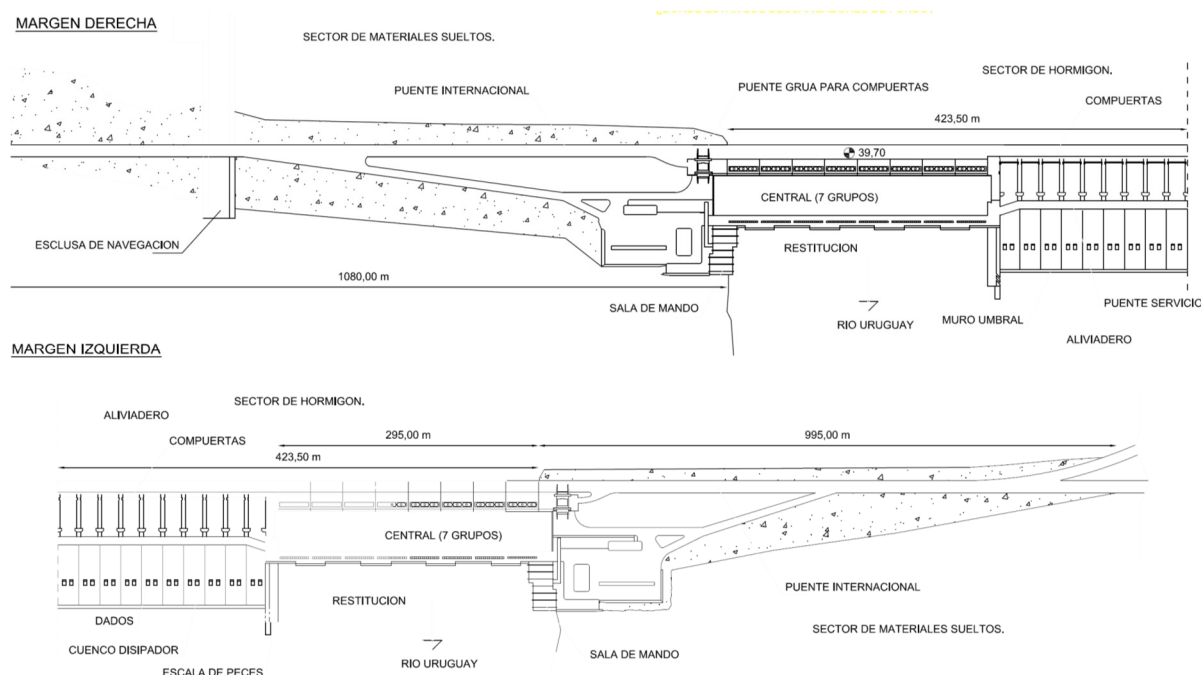


Figura 3 – Planta general de las obras principales



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 1890 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 5500 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-INCOIV 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***
ANEXO B –Plan de Acción ante Emergencias.

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 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 de unos 74000 m³/s presentando un gran volumen.

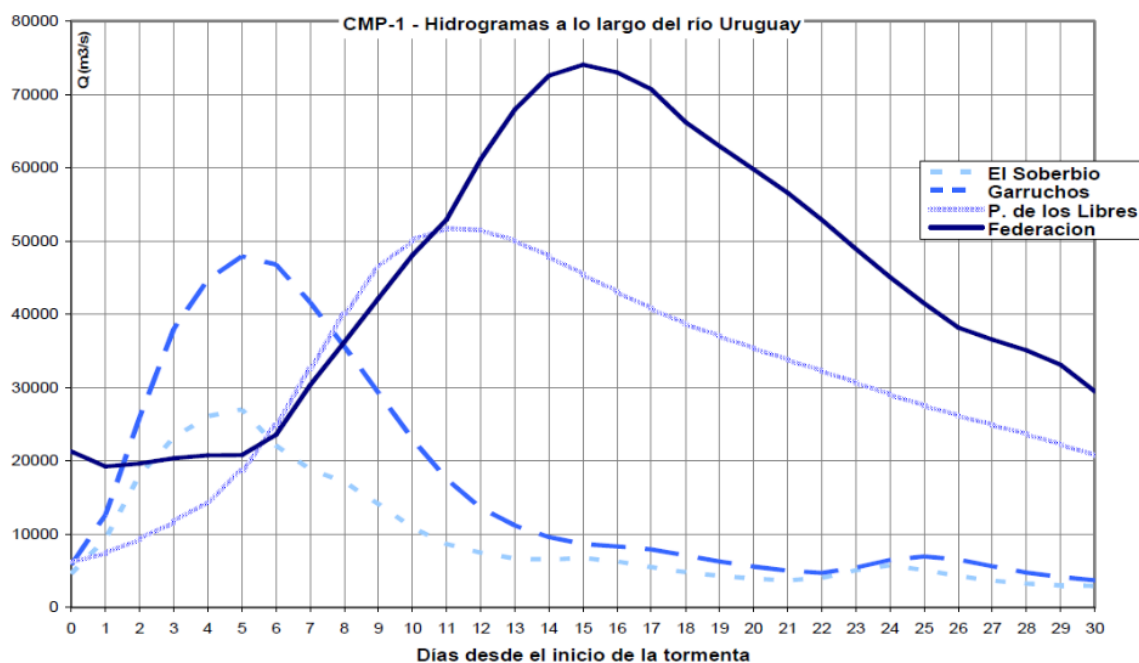


Figura 5 – Hidrograma de la CMP (Evarsa-Incoci, 2011)

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 73947 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 25103 m³/s]
 - Escenario B-3: Caudales de operación durante la crecida con tiempo de retorno de 100 años (TR100) [Pico asociado 35000 m³/s]
 - Escenario B-4: Caudales de operación durante la crecida con tiempo de retorno de 1000 años (TR1000) [Pico asociado 50000 m³/s]
- **Escenario C:** Rotura por sobrepaso durante la atenuación de una crecida por falla en los órganos de evacuación [Pico asociado 46407 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 53332 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 90585 m³/s]
 - Escenario E-2 (Campos Novos) con mal tiempo [Pico asociado 88642 m³/s]
 - Escenario E-3 (Machadinho) con mal tiempo [Pico asociado 85701 m³/s]
 - Escenario E-4 (Itá) con mal tiempo [Pico asociado 85701 m³/s]
 - Escenario E-5 (Passo Fundo) con mal tiempo [Pico asociado 85061 m³/s]
 - Escenario E-6 (Foz do Chapecó) con mal tiempo [Pico asociado 84130 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 48050 m³/s]

- Escenario F-3: desembalse rápido a partir de cota 36.50 con mal tiempo [Pico asociado 50950 m³/s]
- Escenario F-4: desembalse rápido a partir de cota 37.50 con mal tiempo [Pico asociado 54150 m³/s]
- **Escenario G:** Rotura de la presa de hormigón
 - Escenario G-1: rotura de la presa de hormigón con mal tiempo [Pico asociado 50398 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 20000, 30000, 400000, 50000, 60000, 70000, 80000 y 90000 m³/s

b) aguas arriba de la presa Salto Grande

- b1. Caudales de 20000 y 40000 m³/s y cota 35.50 m en presa
- b2. Caudales de 20000, 40000 y 60000 m³/s y cota 36.50 m en presa
- b3. Caudales de 20000, 40000 y 60000 m³/s y cota 37.50 m en presa.

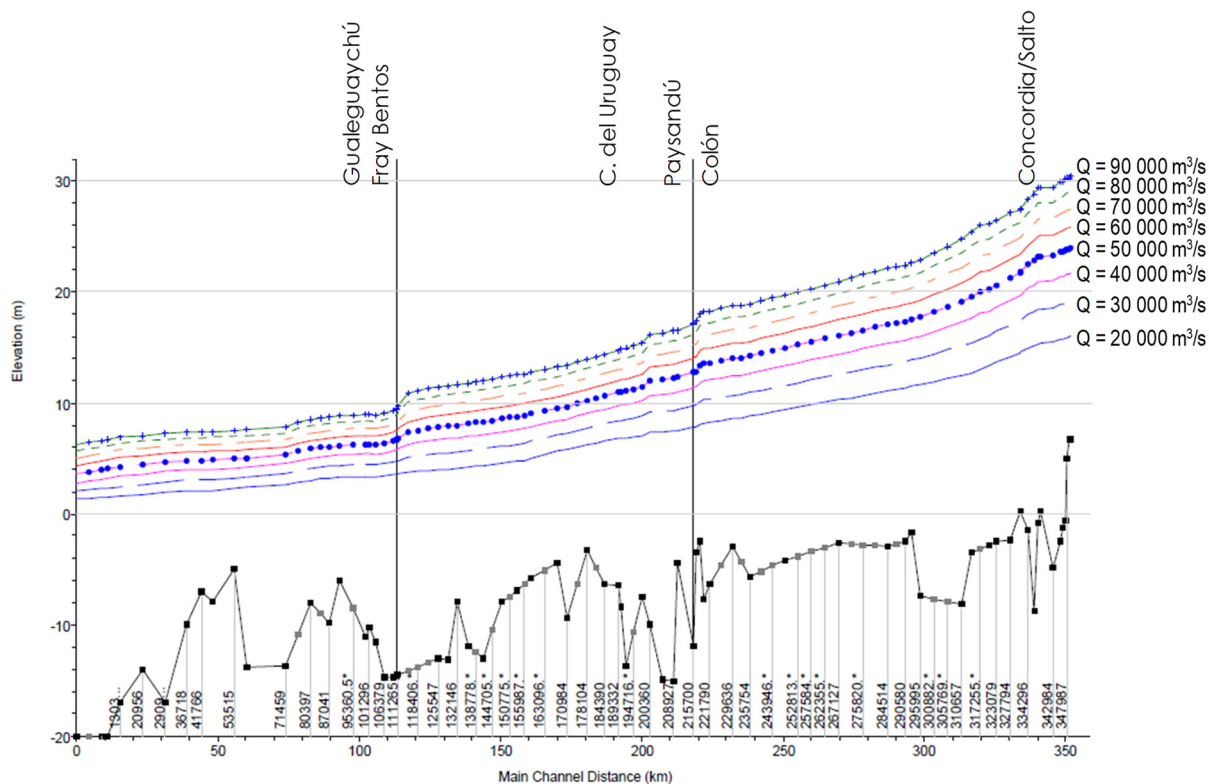


Figura 7 – Envoltorio de niveles aguas abajo Salto Grande para diferentes caudales en régimen permanente

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.

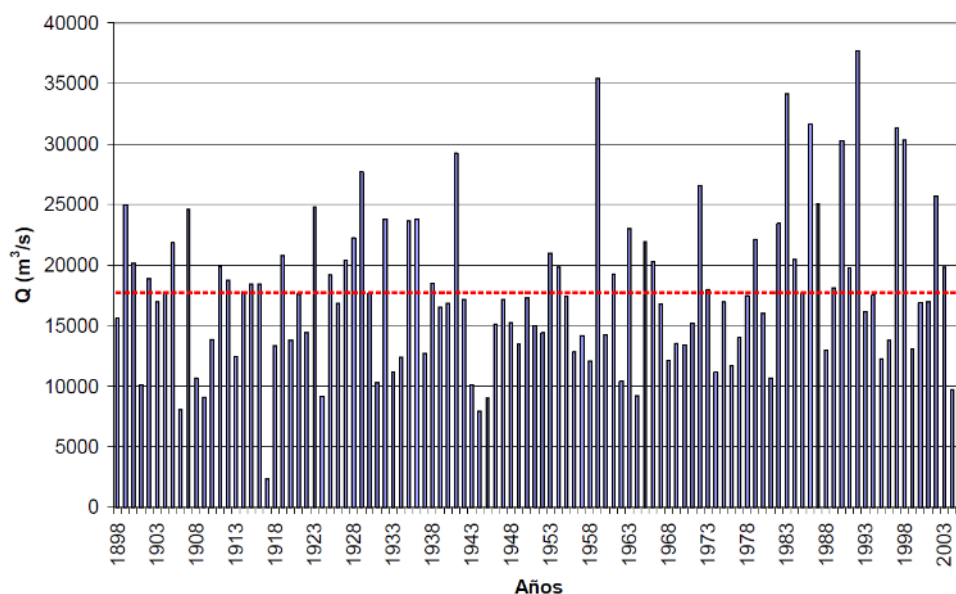


Figura 8 – Caudales diario máximos anuales (1898-2005).

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.

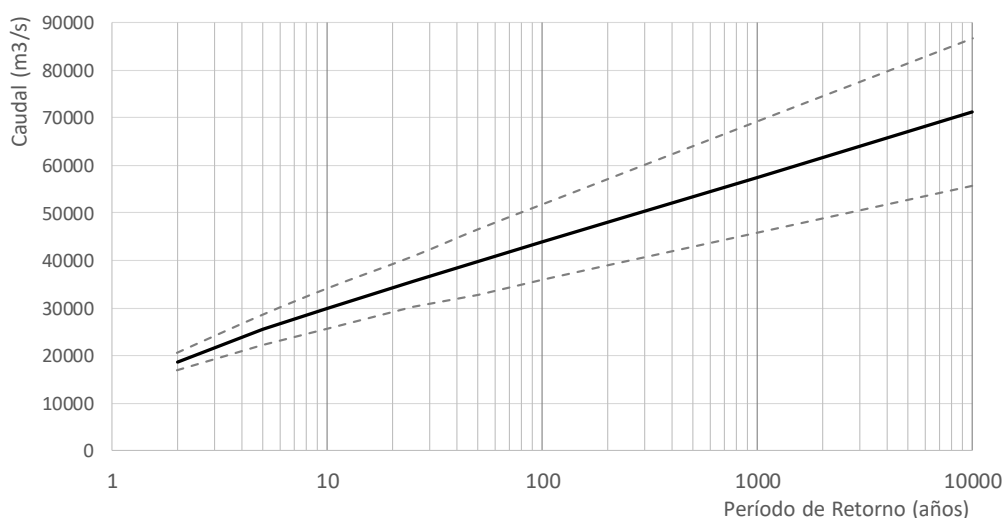


Figura 9 – Caudales máximos para diferentes períodos de retorno y un intervalo de confianza del 95%. (Fuente: Evarsa-Incociv, 2011)

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 Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande 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), Gualeduaychú (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 Complejo Hidroeléctrico Salto Grande. 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.

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.

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 12000 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:

- 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.
- 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.
- 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 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.

COMISION TECNICA MIXTA DE SALTO GRANDE

Gerencia de Ingeniería 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:

¹ <https://www.saltogrande.org>.

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

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.

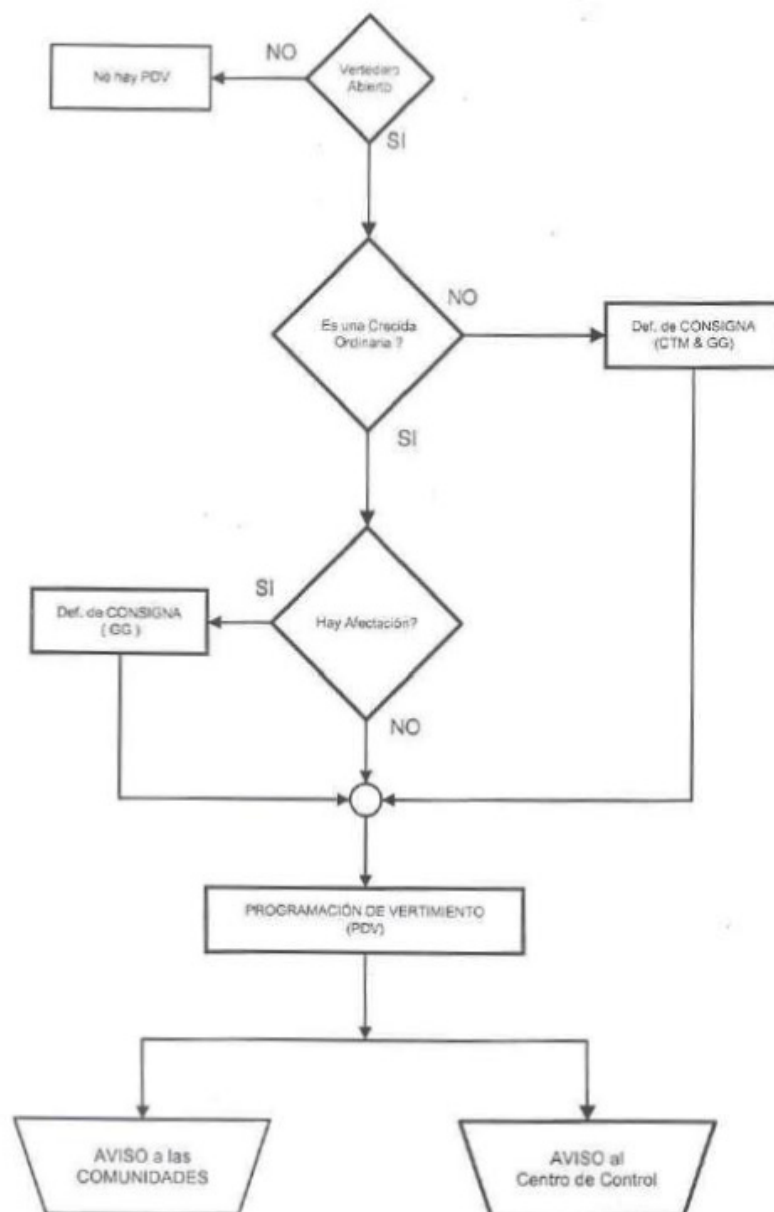


Figura 15 – Diagrama para la elaboración del Programa de Vertimiento

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= 20000 m3/s.
- Alerta 1
Situación: CR +18.00m – Q= 26300 m3/s Tendencia CR +19.20m – Q=30000 m3/s.
- Alerta 2
Situación: CR +21.50m – Q= 36000 m3/s Tendencia CR +22.50m – Q=42000 m3/s
- Alerta 3
Situación: CR +23.00m – Q= 44000 m3/s Tendencia: CR +24.00m – Q=49000 m3/s.
- Alerta 4
Situación: CR +24.00m – Q= 46500 m3/s Tendencia: CR +25.00 m – Q=50500 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.

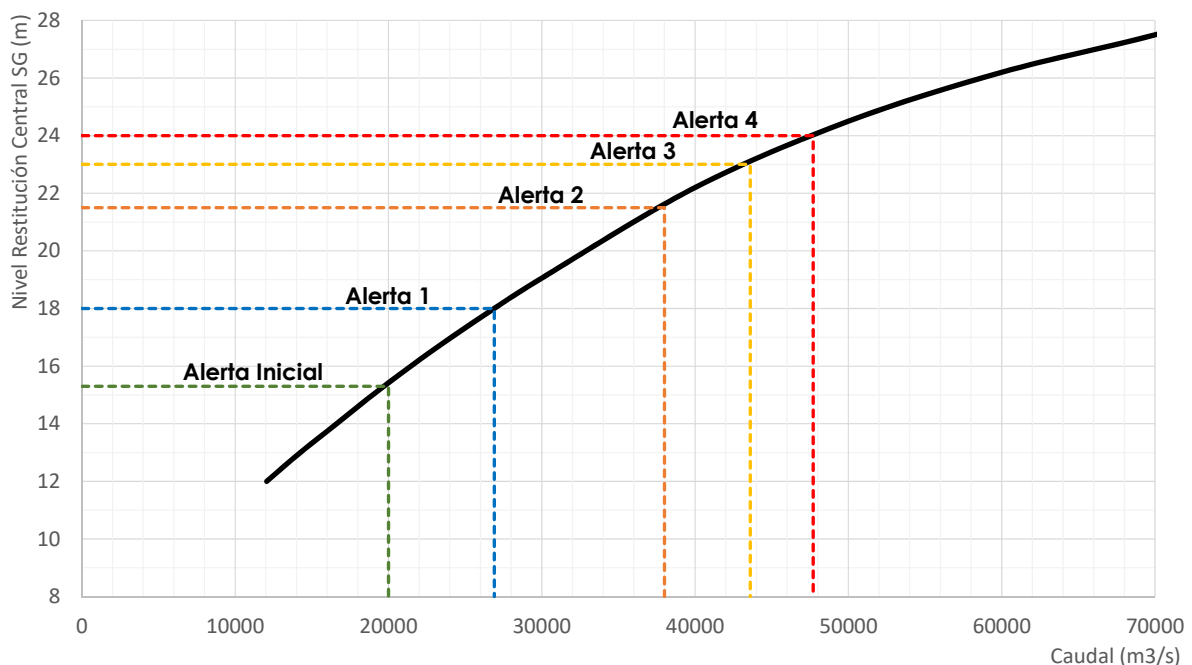


Figura 16 – Curva de restitución en Salto Grande y Niveles de Alerta

2.3.5 “Plan de Emergencias”

Se dispone dentro del Sistema de Gestión Integral del Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande 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 Elfa
- 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 Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (CTMSG) en el desarrollo de estudios hidrológicos del embalse del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande (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.

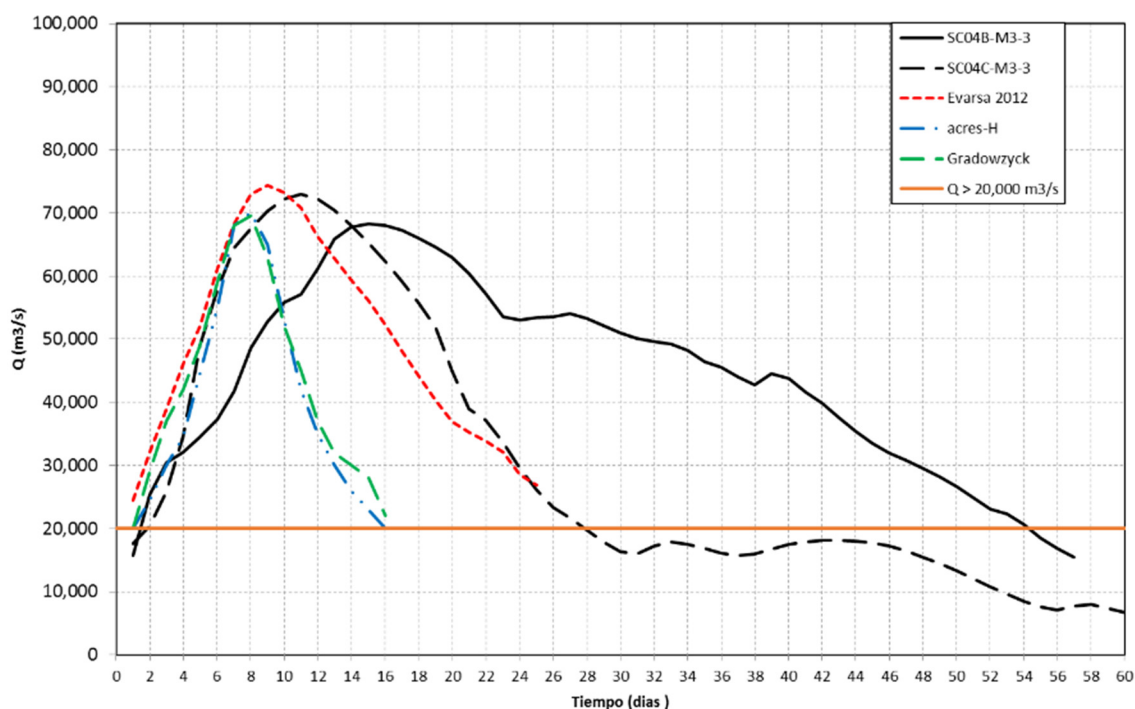


Figura 17 – Comparación de seleccionadas CMPs (SN2, 2015)

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 creciente 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.

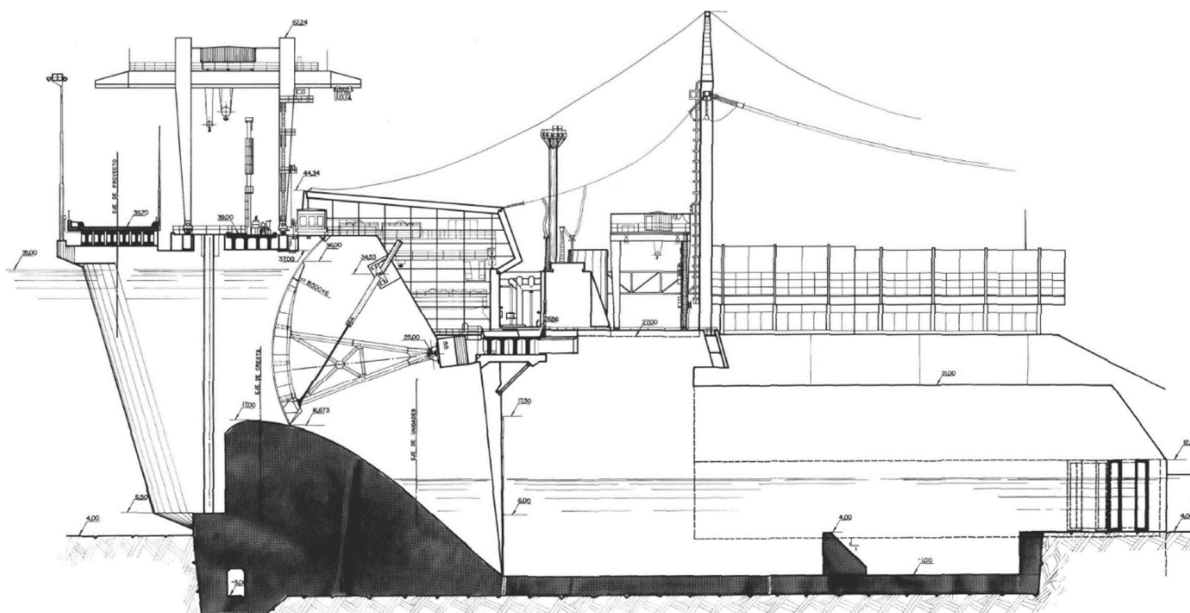
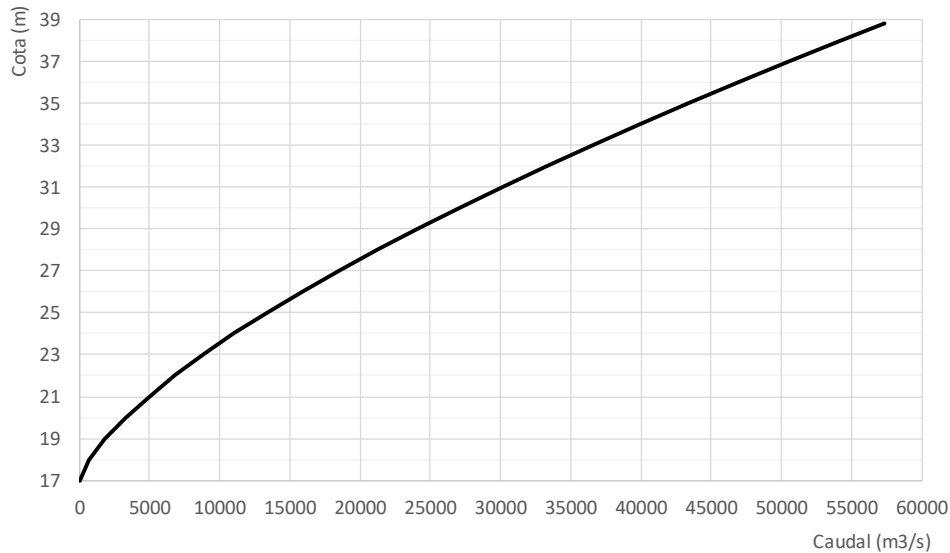


Figura 18 – Corte general de vertedero

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 43415 m³/s y para 36 m la capacidad es de 46953 m³/s.

Es de notar que la capacidad máxima del vertedero descargando libre, sin considerar otras posibles descargas, es de 57303 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 1000 años.



**Figura 19 – Capacidad de descarga del vertedero
Compuertas abiertas (Fuente: Evarsa-Incociv, 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 regulados por una compuerta aguas arriba. Los conductos se encuentran con una cota de fondo de +1.00 m, tienen una altura de 11 m y un ancho de 6.5 m (ver Figura 20).

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.

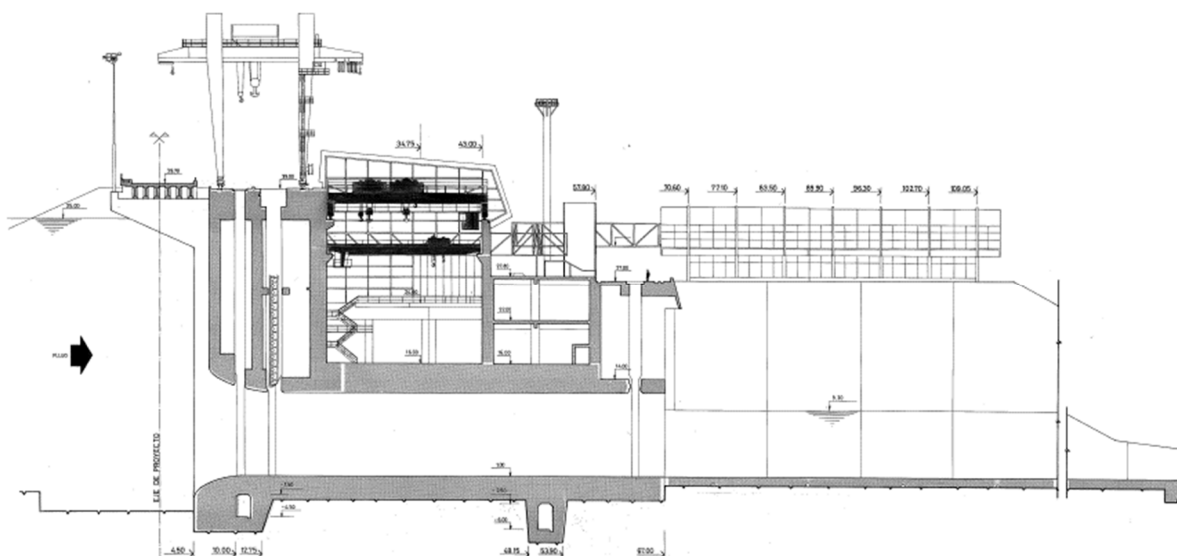
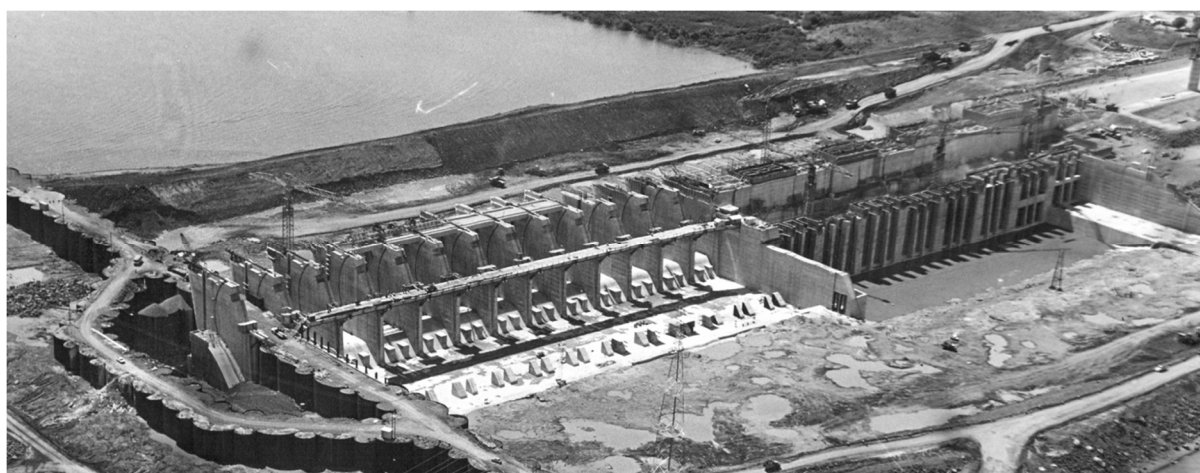
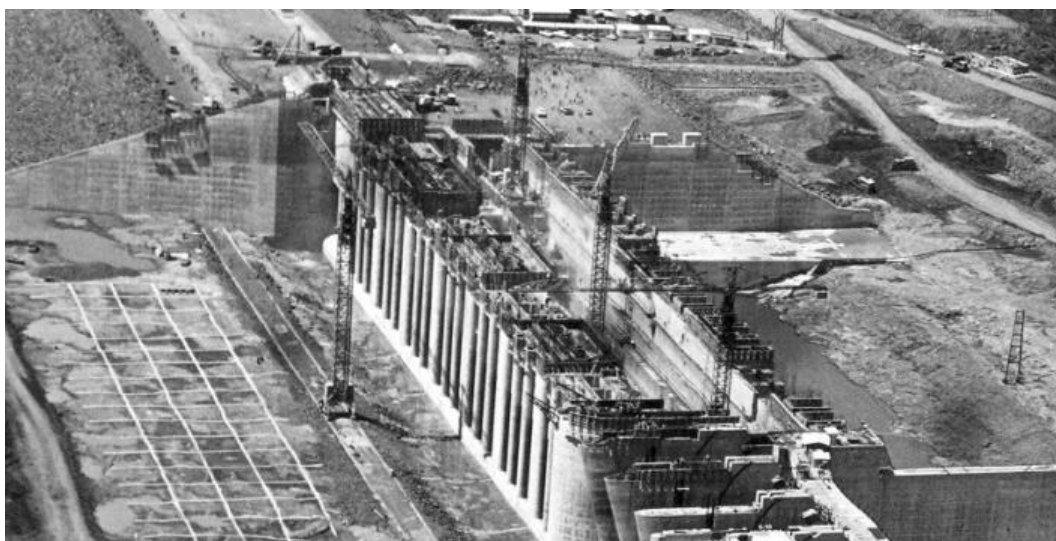


Figura 20 – Corte general del Descargador de fondo

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



**Figura 21 – Foto durante la construcción
Vertedero, Central y Descargador de fondo de margen izquierda.**



**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. Bajo estas condiciones, una eventual apertura del descargador de fondo incrementaría la descarga en unos 4600 m³/s considerando que la restitución se incrementa a 24.8 m y el salto resultante 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 51550 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 57303 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 62100 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 37317 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 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.

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 Plan de Acción Durante Emergencias (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 Plan de Acción Durante Emergencias (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 Plan de Acción Durante Emergencias (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 Complejo Hidroeléctrico Salto Grande; 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 disponen de 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 “BP 4.37, *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 Plan de Acción ante Emergencias (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 previsiones 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 Complejo Hidroeléctrico Salto Grande 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

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:

- a) 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.
- b) El documento disponible integra las consideraciones referentes a los distintos elementos que normalmente componen un PADE.
- c) 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.
- d) 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 0 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 0 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:

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.

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

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 Eversa-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.

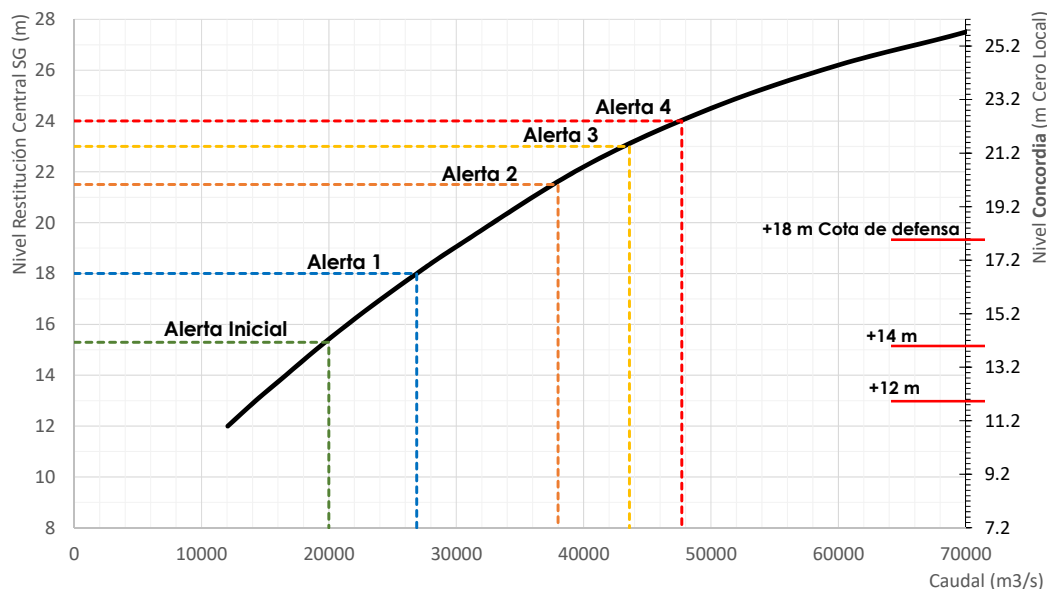


Figura 31 – Restitución en Salto Grande, Niveles de alerta y niveles en Concordia

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, 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 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 lo que el mismo documento del PADE denomina pobladores cercanos que, por otra parte, no se encuentran aún identificados.

De tal forma los operadores del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande tendrán claro hasta que caudal hacia aguas abajo que pueda preverse, no se generará necesidad de notificaciones asociadas a posibles evacuaciones. Siempre será conveniente el aviso cuando se produzcan 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 logran 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 Amarilla.

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 Complejo Hidroeléctrico Salto Grande. 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 20000 y 90000 m³/s, cada 10000 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 deben ser integrados al PADE y 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 OPERACIÓN DE OBRAS DE DESCARGA

4.1 INTRODUCCIÓN

Según ha sido considerado en distintos estudios y evaluaciones realizadas, con respecto a la operación del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, la poco probable aunque posible existencia de fenómenos meteorológicos extremos, según 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 presas.

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 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. La llegada de la crecida sería esperada con el embalse en su nivel 36 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 crecida 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 crecida máxima probable en forma determinística.

Este valor máximo, sólo se puede producir por la superposición en el momento adecuado, de una crecida en la cuenca alta y media con otra de la cuenca inmediata.

La probabilidad de ocurrencia de la crecida 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-INCO CIV, alcanzando una estimación de caudal máximo de unos 74.000 m³/s, aun cuando con un volumen de crecida 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 las crecidas de diseño está compuesto por el vertedero, los descargadores de fondo y 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.

4.2 DESCARGADOR DE FONDO

Previo a la evaluación de las condiciones operativas del Descargador de Fondo del Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande, consideramos conveniente analizar conceptualmente los objetivos que pueden asignarse al mismo.

La estructura de evacuación de un embalse como el Descargador de Fondo tiene 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.

Precisamente para el caso del Complejo Hidroeléctrico Salto Grande la estructura ha sido prevista para el manejo de las crecidas críticas, por lo cual es necesario verificar su adecuado comportamiento con el propósito de garantizar su operación cuando la misma sea requerida.

A partir de la evaluación precedentemente señalada, se considera que el uso previsto para el Descargador de Fondo en el Complejo Hidroeléctrico Salto Grande 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.

4.2.1 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 Complejo Hidroeléctrico Salto Grande (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”²:

“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”

² 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

Expresa también que han sido, y son efectuados periódicamente, ensayos, sin carga, manteniendo el conducto del descargador aislado por medio de los tableros de cierre.

4.2.2 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. Este 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.



Figura 34 – 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 estimada presentada en el informe “SN1”, permitiría operar el Descargador de Fondo solo en situaciones de altos caudales, con bajos saltos netos. Deben verificarse las condiciones de operación del descargador de fondo para asegurar su uso en el momento que se lo requiere. Consideramos imprescindible adoptar las medidas que sean necesarias para superar esta situación y alcanzar las condiciones necesarias para ser utilizado en el manejo de crecidas críticas.

4.2.3 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, en cualquier situación de embalse y restitución.
- b. Verificación de las condiciones de cierre de las compuertas, por peso propio, en cualquier condición 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 puede ser considerado como los más críticos el punto 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.

Atendiendo que según se expresó en el punto 4.2.2 el equipamiento actualmente disponible, pórtico de izaje, presentaría ciertas limitaciones operativas que requieren condiciones elevadas de la restitución para operar, recién podría ser abierto en la fase final de la operación, cuando el vertedero se encuentre evacuando importantes caudales. Si en dicha situación, por alguna circunstancia, la apertura se viera imposibilitada, no existirían alternativas disponibles y el riesgo de alcanzar niveles de embalse inadmisibles ante crecidas extraordinarias críticas se incrementa.



Figura 35 – 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. Luego de validados los resultados teóricos, se mencionaron también, si fuera necesario acciones correctivas sobre el mando de la compuerta:

En tal sentido, si cálculos detallados verificaran la limitación operativa de las compuertas del Descargador de Fondo, resultaría necesario desarrollar estudios específicos para poder superar dicha situación, dentro de los cuales podrían evaluarse las siguientes posibilidades:

- a. Implantación de un servomotor para operación de cada una de las compuertas, con la capacidad necesaria para poder alcanzar las condiciones de cierre en cualquier condición de niveles, aguas arriba y abajo. Algunos de los elementos a considerar en esta solución son los siguientes: i) Selección del servomotor necesario según cálculo de la carga requerida en situación de apertura y cierre de las compuertas; ii) Diseño de los anclajes y transferencia de

esfuerzos de las cargas sobrevinientes a la estructura de fundación en ambas condiciones; iii) Revisión de las condiciones de fijación de los vástagos de los servomotores a los cáncamos de izaje de cada una de las compuertas; iv) Otros aspectos vinculados con la ubicación y disposición de la central hidráulica de accionamiento.

- b. Consideración de la posibilidad de que los dos pórticos disponibles pudiesen actuar en tándem para disponer de una capacidad de elevación, combinada, de 300 toneladas. Algunos de los elementos a considerar en esta solución son los siguientes: i) Diseño de un elemento intermediario, mecánico, que permita a ambos pórticos actuar en tándem sobre cada una de las compuertas; ii) Diseño de un sistema eléctrico que permita acoplar ambos pórticos efectuando maniobras de apertura con cargas equilibradas; iii) Revisión de las condiciones de fijación del elemento intermediario a los cáncamos para elevación de cada compuerta; iv) Otros aspectos vinculados con la ubicación y disposición de la central hidráulica de accionamiento.

De las dos alternativas posibles para asegurar la operatividad de las compuertas del Descargador de Fondo en cualquier condición de salto, la a) permitirá utilizar los servomotores para la maniobra de cierre de las compuertas, en tanto que en la b) el cierre siempre seguirá siendo por peso propio.

4.2.4 Conclusión

La erogación de caudales a través del Descargador de Fondo, considerada para colaborar en el control de crecidas extraordinarias críticas, requiere de la realización de trabajos sobre los elementos de izaje de las compuertas de control, que deben ser cuidadosamente analizados, diseñados e implementados para asegurarse de que las mismas estarán operativas cuando sea requerida la apertura de dichas compuertas.

Una vez implementados los trabajos que se definan, ensayos de verificación de funcionamiento serán estrictamente necesarios.

Dado que la ejecución de los mismos en condiciones normales de operación pudiera ser no representativos o implicar situaciones no convenientes para el proyecto (saltos elevados, altas velocidades, posibilidades de erosión aguas abajo, etc.), sería posible verificar su funcionamiento en un modelo físico de detalle.

4.3 PRESAS FUSIBLES

4.3.1 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.

4.3.2 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 36 – 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:

- a. Podría construirse un muro de hormigón sobre el borde de aguas arriba del puente y coronamiento, incluyendo las “presas altas” de unos 0,9 m de altura que se continúa en otros 200 m contiguos a ambos lados, con una altura del murete de 0,45 cm. 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. 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.

4.3.3 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 si no se considera la descarga de ambas centrales.

5.0 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 62100 m³/s. Los cuales 57303 m³/s son descargados por el vertedero y unos 4800 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 37317 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.
- La erogación de caudales a través del Descargador de Fondo requiere de la realización de trabajos sobre los elementos de izaje de las compuertas de control, que deben ser cuidadosamente analizados, diseñados e implementados para asegurarse de que las mismas estarán operativas cuando sea requerida la apertura de dichas compuertas. Una vez implementados los trabajos que se definan, ensayos de verificación de funcionamiento serán estrictamente necesarios. Se recomienda seguir los lineamientos planteados por el estudio SN1. Dado que la ejecución de los mismos en condiciones normales de operación pudiera ser no representativos o implicar situaciones no convenientes para el proyecto (saltos elevados, altas velocidades, posibilidades de erosión aguas abajo, etc.), sería posible verificar su funcionamiento en un modelo físico de detalle.
- 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, 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.
- 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 como, por ejemplo, el caso de la ciudad de Concordia en Argentina.
- 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 Complejo Hidroeléctrico Salto Grande no dispone de 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 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.
- Finalmente 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.

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 rivereñas 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

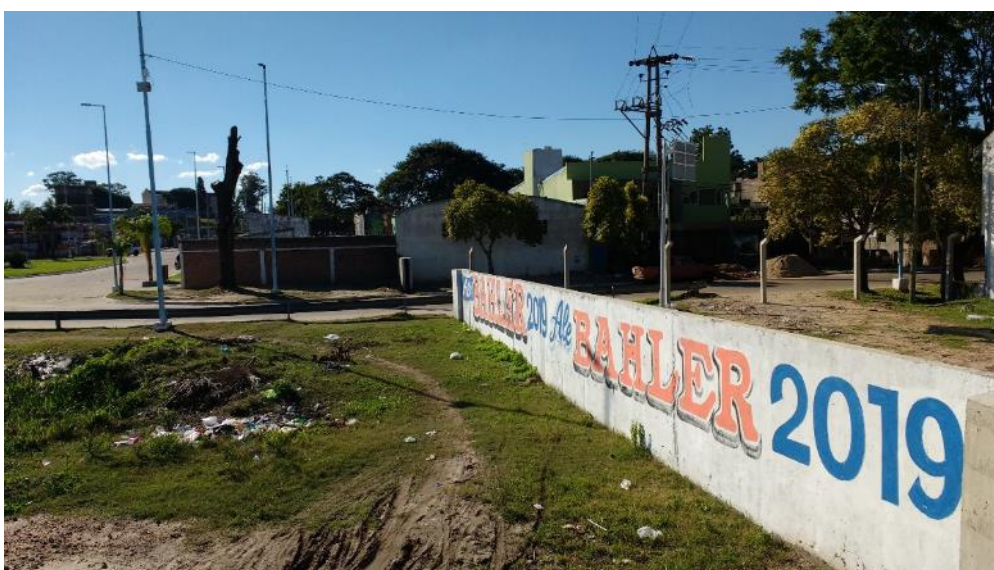


Foto 9 – Muro de cierre Oeste

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).³

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?

³ 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

