

PROBLEMÁTICA RELACIONADA CON LA SEGURIDAD DE LA PRESA Y EMBALSE “GALLITO CIEGO”

I ANTECEDENTES

En noviembre del 2005, el INADE¹, contrató a la UNI², representada por el CISMID³ - IMEFEN⁴, para la realización del estudio “**Estudios Básicos de Prevención y Mitigación de Desastres en la Infraestructura Mayor de Los Sistemas Hidráulicos en el Ámbito del Proyecto Jequetepeque – Zaña**”, el mismo que concluyó en enero del 2006, con la presentación del Informe Final.

En dicho Estudio, se hace una **identificación y caracterización inicial de los peligros** que amenazan a la Infraestructura Mayor del Proyecto Especial Jequetepeque – Zaña, conformada por la represa Gallito Ciego, las bocatomas Talambo-Zaña y Jequetepeque y los canales Talambo-Zaña y Guadalupe; clasificándolos en peligros de origen hidrológico e hidráulico, peligros de origen geotécnico geológico y peligros de origen sísmico.

En base al análisis conjunto y priorización de los peligros encontrados, éste Estudio recomienda realizar los siguientes Estudios Específicos:

- a) Estudio para comprobar el nivel de seguridad actual del vertedero de excedencias de la Presa Gallito Ciego ante máximas avenidas.
- b) Estudio de Rotura de Presa
- c) Estudio de Caracterización de Sedimentos Depositados en el Embalse
- d) Monitoreo de Quebradas Adyacentes al Embalse y al Canal Talambo
- e) Estudio de Instrumentación de la Presa
- f) Estudio Geotécnico de la Presa.

II ACCIONES EJECUTADAS

A la fecha, por diferentes razones, no ha sido posible ejecutar todos los Estudios Específicos recomendados por el CISMID - IMEFEN; de ellos, sólo se han realizado los enunciados en los numerales c) y e), cuyo detalle es el siguiente:

2.1 Estudio de Caracterización de Sedimentos Depositados en el Embalse

En setiembre del 2006 se realizó el levantamiento topográfico batimétrico del embalse Gallito Ciego, por la empresa especializada H&O Ingenieros.

En octubre 2010 se volvieron a realizar las mediciones topográficas batimétricas en el embalse por la misma empresa H&O Ingenieros.

En junio 2013, la empresa H&O Ingenieros realizó el levantamiento topográfico batimétrico del embalse, cuyas mediciones nos ha permitido conocer el comportamiento actual del sedimento, su distribución dentro del vaso, la tasa de colmatación anual, el volumen sedimentado, el volumen útil del embalse, el volumen total, el volumen muerto, entre otros

¹ Instituto Nacional de Desarrollo

² Universidad Nacional de Ingeniería

³ Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres

⁴ Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno El Niño

parámetros, los mismos que se muestran en los Anexos 01 y 02 que se adjuntan.

2.2 Estudio de Instrumentación de la Presa Gallito Ciego

En los meses de abril y mayo 2012, la empresa española OFITECO realizó la inspección y evaluación de toda la instrumentación conformante del sistema de auscultación de la Presa Gallito Ciego, cuyos resultados se presentan en el **Informe Final sobre el “Comportamiento de la Presa y el Estado del Sistema de Auscultación, periodo comprendido entre el 01/01/2004 y el 31/03/2012”**, de fecha Agosto 2012.

2.2.1 Conclusiones del Informe de OFITECO

Dicho Informe concluye que la Presa Gallito Ciego, en la actualidad, **se encuentra en buen estado, presentando unas condiciones de estabilidad y seguridad aceptables**; con la descripción de los sensores de las variables de control siguientes:

a) Estado de los controles efectuados desde las casetas de control

En general el estado de los sensores de cuerda vibrante existentes en la presa es bueno.

En resumen de un total de 219 sensores de cuerda inspeccionados 24 se encuentran fuera de servicio, es decir, un 11%. Como es habitual en este tipo de sensores, inaccesibles por estar embebidos en el cuerpo de presa, resulta imposible conocer el motivo de estas bajas.

Cabe destacar el buen estado de mantenimiento de las casetas de control, de los armarios de centralización, y de los equipos de medición manual. Todas las casetas se encuentran identificadas, así como cada uno de los sensores centralizados en los armarios del interior de las mismas. Las bermas se encuentran despejadas y bien mantenidas, facilitando el trabajo del personal de presa a la hora de inspeccionar el sistema de auscultación.

b) Estado del Control de nivel piezométrico

Los piezómetros se encuentran debidamente señalizados y numerados, facilitando así las tareas de mantenimiento y de toma de lecturas que ha de realizar el personal responsable de forma semanal. La realización de las campañas de medida manual es adecuada y se realiza de forma meticulosa.

Por todo ello, los datos que se obtienen a partir de estas mediciones de nivel piezométrico en el pie de presa, son válidos para su posterior tratamiento y análisis.

c) Estado del control de asentamientos

Los tubos de medición de asentamientos o asentómetros tipo MAIHAK, se encuentran debidamente identificados mediante pinturas cercanas al emplazamiento de cada uno de los puntos de medición.

Las medidas del asentamiento desde estos puntos registran valores muy estables que indican que no existen desplazamientos diferenciales entre los diferentes estratos del núcleo o del espaldón aguas abajo.

Los movimientos horizontales de la presa se encuentran totalmente estabilizados actualmente, y resultan prácticamente nulos. En el sentido vertical, la presa asienta a un ritmo anual de 4,5 mm/año, lo que equivale a un 0,003% de la altura de la presa y constituye un valor que demuestra

una situación estabilizada. Los mayores asientos se producen, lógicamente, en la zona central de la presa.

d) Estado del control topográfico

El sistema de control topográfico establecido en la Presa de Gallito Ciego es muy adecuado, y los métodos de lectura empleados, tanto para la ejecución de las campañas, como para el control y seguimiento de los desplazamientos en el cuerpo de presa, resultan muy efectivos.

El estado en el que se encuentran los puntos de medición y los equipos de lectura, es bueno, ya que el mantenimiento que el equipo responsable de la presa realiza sobre todo el sistema de control topográfico es regular y adecuado. Además, todos los puntos se encuentran convenientemente identificados y localizados mediante planos.

Por todo ello, los datos obtenidos mediante la realización de las campañas topográficas son válidos para su posterior tratamiento y análisis con el fin de obtener la información necesaria para el estudio del comportamiento de la presa.

2.2.2 Recomendaciones del Informe de OFITECO

De acuerdo a la inspección y evaluación de toda la instrumentación conformante del sistema de auscultación de la Presa Gallito Ciego la empresa española OFITECO efectuó las recomendaciones siguientes:

- Llevar a cabo un control de las variables exteriores de temperatura y precipitaciones en las inmediaciones de la presa, para poder completar el estudio de la evolución de las variables de control con respecto a la variación de éstas.
- Observar la evolución de las filtraciones registradas, controlando que para niveles de embalse similares a años anteriores, el caudal filtrado no aumenta, y comprobar la cantidad de sólidos disueltos de forma visual.
- Teniendo en cuenta las características e importancia de la presa Gallito Ciego, las filtraciones son una de las variables de control que convendría obtenerse en tiempo real, mediante la automatización del sistema de auscultación.
- Convendría vigilar con especial atención la evolución de las presiones intersticiales del perfil de control 0+300, en el que existen indicios de pérdida de eficacia en la impermeabilización.
- En la medida de lo posible, sería interesante valorar la posibilidad de instalar algún nuevo piezómetro de cuerda vibrante en el contacto de la presa con el cimientado para el perfil de control 0+600, dado que los sensores que en la actualidad existen no ofrecen datos fiables. Teniendo en cuenta la dificultad de esta instalación, y la conveniencia de evitar a toda costa la perforación del núcleo, se podría limitar a algún piezómetro instalado desde la berma de menor cota, atravesando el espaldón de aguas abajo, pero sin tocar al núcleo.
- Es importante inspeccionar sistemáticamente en pie de presa y los estribos, desde las diferentes bermas, en busca de posibles manchas de humedad o pequeñas filtraciones que puedan aparecer.
- Sería positivo continuar con la inspección visual sistemática de la

coronación de la presa y las bermas, dado que permitirá detectar la aparición de cualquier tipo de fisuras o agrietamientos, que deberían controlarse y cuantificarse de manera inmediata. También podría resultar interesante valorar la posibilidad de controlar los movimientos de algunas estructuras importantes, como el aliviadero, mediante el uso de extensómetros.

- Se ha apuntado en el informe la conveniencia de **actualizar y revisar las reglas de operación del embalse**, así como implantar un **plan de contingencia frente a situaciones extraordinarias**. Todo ello debería complementarse con la realización de una revisión general de la seguridad del sistema presa-embalse.
- Las lecturas manuales se deberían continuar realizando en todos los aparatos y sistemas operativos, al igual que las inspecciones visuales, de forma frecuente y constante. Es decir, durante la realización de cualquier otra tarea de mantenimiento, maniobra, etc., se ha de estar atento al entorno y dejar constancia de cualquier anomalía o peculiaridad que se detecte.
- Se recomienda la instalación de acelerómetros triaxiales digitales de alta resolución y elevado rango dinámico que permitan discriminar con suficiente resolución señal a ruido los eventos sísmicos, las fases de las diferentes ondas sísmicas y las componentes espectrales asociadas. Con objeto de poder realizar estudios del comportamiento dinámico de la represa frente a las cargas dinámicas, sugerimos la instalación de sistemas sincronizados por GPS, que permitan el muestreo síncrono con una precisión de temporización mejor de 10 microsegundos.

III ACCIONES POR EJECUTAR

Se encuentran pendientes de ejecutar el resto de los Estudios Específicos recomendados por el CISMID – IMEFEN, cuyo detalle es el siguiente:

3.1 Estudio para comprobar el nivel de seguridad actual del vertedero de excedencias de la Presa Gallito Ciego ante máximas avenidas.

Según las conclusiones del Estudio, el nivel de seguridad del vertedero de excedencias se ha reducido con respecto a los cálculos de diseño.

El Aliviadero se diseñó para una capacidad de evacuación de avenidas de 1630 m³/s, cuando se tiene un caudal de ingreso al reservorio de 3000 m³/s, lo que corresponde a una avenida con periodo de retorno de 2000 años; sin embargo, estudios recientes de máximas avenidas, indican que al caudal de 3000 m³/s, le corresponde un periodo de retorno de 500 años.

Se aprecia claramente que el nivel de seguridad del vertedero frente a máximas avenidas ha disminuido sensiblemente. Por dicho motivo, es necesario realizar una re-evaluación del periodo de retorno al cual corresponde el caudal de salida de 1630 m³/s, tomando en cuenta información actualizada de los hidrogramas que ingresan al embalse y la actual relación elevación-volumen del reservorio.

3.2 Estudio de Rotura de Presa.

El Estudio CISMID – IMEFEN, indica que se han realizado estimaciones gruesas de la magnitud de los caudales que se producirían en el tramo aguas abajo del embalse en la eventualidad de una rotura de presa. Si bien los valores obtenidos por diferentes métodos difieren entre sí en gran magnitud, todos tienden a proporcionar valores bastante altos que superan los 33,000 m³/s y pueden llegar hasta los 500,000 m³/s.

Si se toma en cuenta que las bocatomas Talambo-Zaña y Jequetepeque y los encauzamientos aguas abajo de la presa están diseñadas para caudales máximos de 900 m³/s se puede concluir que de ocurrir una falla por rotura de presa se tendrían daños de consideración en la infraestructura del Proyecto, así como en la población ribereña.

Por este motivo se requiere realizar un estudio más detallado que permita obtener una zonificación de las áreas que potencialmente se inundarían en caso de ocurrencia de una rotura de presa. El Estudio debe tomar en cuenta la topografía al detalle del cauce principal y planicies del tramo del río Jequetepeque aguas abajo de la presa hasta la desembocadura; así como, la onda y tránsito de la avenida y las características de la brecha que se formaría en la rotura de presa, entre otros parámetros.

3.3 Monitoreo de Quebradas Adyacentes al Embalse y al Canal Talambo.

De acuerdo a los resultados del Estudio del CISMID – IMEFEN, durante la ocurrencia de eventos hidrológicos extraordinarios las quebradas adyacentes al embalse y al Canal Talambo descargan caudales líquidos y sólidos de consideración.

A fin de minimizar la ocurrencia de daños en las estructuras de cruce de las quebradas con la carretera a Cajamarca y/o el canal Talambo; el Estudio recomienda realizar monitoreos continuos en los cruces para asegurarse de su adecuado funcionamiento o eventualmente para sugerir mejoras. Este trabajo debería incluir la verificación de la capacidad hidráulica de estas estructuras con los caudales generados en el Estudio.

El Estudio recomienda también realizar monitoreos en las quebradas a fin de identificar fuentes de posibles flujos de escombros, información básica para sugerir eventuales obras de estabilización de quebradas. Esto es particularmente importante para las quebradas adyacentes al embalse que aportan sedimentos al mismo.

3.4 Estudio Geotécnico de la Presa considerando el riesgo sísmico.

El Estudio del CISMID – IMEFEN, destaca las siguientes conclusiones en relación a los peligros de origen sísmico:

- a) El factor de seguridad del talud aguas abajo es de 1.01 para un coeficiente sísmico de 0.25, y para la condición de desembalse rápido es de 1.45 en el talud aguas arriba. Estos valores son aceptables para garantizar la seguridad de la presa. Sin embargo, se debe evaluar la estabilidad considerando los parámetros de resistencia cortante de los materiales, determinados durante la construcción de la presa.
- b) El nivel de peligro sísmico estimado mediante métodos probabilísticos es ligeramente mayor que los valores asumidos en el diseño. Las aceleraciones máximas obtenidas en el análisis son de 0.42 g para eventos de 475 años de periodo de retorno y de 0.52 g para eventos de 950 años de periodo de retorno.
- c) La ocurrencia de estos eventos sísmicos genera que los peligros geotécnicos y geológicos aumenten, dado a que es un factor de impulsión dinámico que generará solicitaciones importantes, principalmente en la Presa Gallito Ciego.
- d) Sismo es un peligro que abarca una gran extensión, estando expuesta la infraestructura mayor y los canales del proyecto, corriendo el riesgo de fallar y generar desastres y que a la postre generarían gastos económicos cuantiosos.

Campamento Gallito Ciego, 21 de Febrero del 2015.

PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE ZAÑA

ANEXO Nº 01



ANEXO Nº 02

CUADRO COMPARATIVO MEDICIONES ANTERIORES

Descripción	Elevación (m.s.n.m)	Estudio Salzgitter 1991	Estudio Topográfico Batimétrico PEJEZA			Estudio H&O Ingenieros			
			1993 (*)	1999	2000	2006	2007	2010	2013
Volumen de Crecidas	410.3-404.0	93.4	-	94.16	94.42	93.67	93.73	93.43	93.15
Volumen Útil	404.0-361.0	426.8	419.61	394.75	392.02	375.84	379.90	371.63	366.60
Volumen Inactivo	Menor a 361.0	117.9	107.87	84.93	87.18	88.38	82.30	80.39	73.79
VOLUMEN TOTAL MMC	Menor a 410.30	638.1	-	573.84	573.62	557.89	555.93	545.46	533.54

VOLUMEN SEDIMENTADO (MMC)

Descripción	Elevación (m.s.n.m)	Estudio Salzgitter 1991	Estudio H&O Ingenieros							
			Batimetría				Volumen Sedimentado			
			2006	2007	2010	2013	2006	2007	2010	2013
Volumen de Crecidas	410.3-404.0	93.4	93.67	93.73	93.43	93.15	-0.27	-0.33	-0.03	0.25
Volumen Útil	404.0-361.0	426.8	375.84	379.90	371.63	366.60	50.96	46.90	55.17	60.20
Volumen Inactivo	Menor a 361.0	117.9	88.38	82.30	80.39	73.79	29.52	35.60	37.51	44.11
VOLUMEN TOTAL (MMC)	Menor a 410.3	638.1	557.89	555.93	545.46	533.54	80.21	82.17	92.64	104.56