



Programa de las Naciones
Unidas para el Medio Ambiente



European Union Civil
Protection Mechanism



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC**

Misión conjunta de apoyo a la emergencia del proyecto Hidroituango

**Presentación de hallazgos y
recomendaciones preliminares**

DAN STOTHART
MEDELLIN, 1 de junio 2018

Mandato de la misión

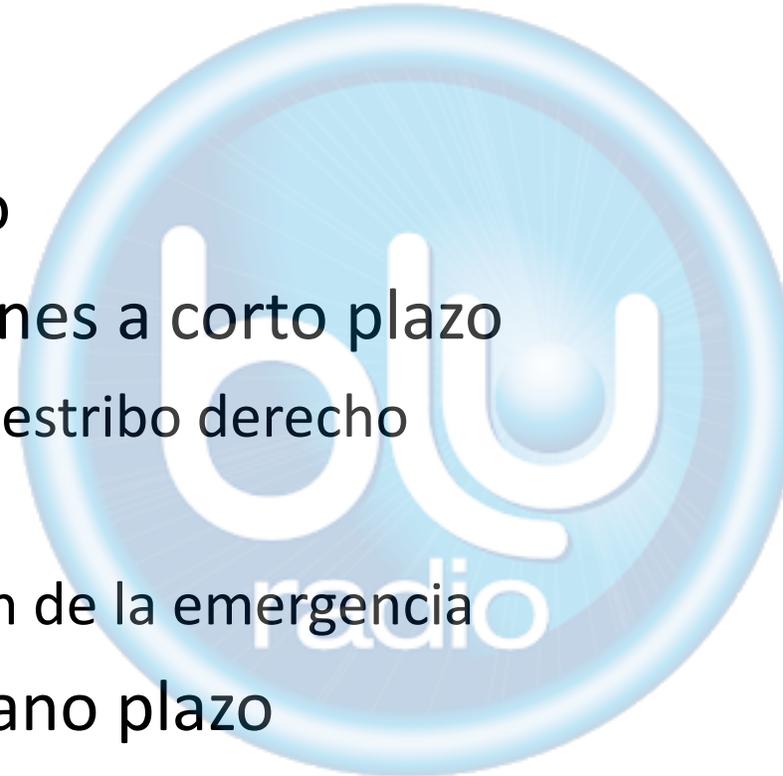
Cronología de la misión

Estado actual del proyecto

Hallazgos y recomendaciones a corto plazo

- Obras subterráneas y estribo derecho
- Presa y vertedero
- Organización y gestión de la emergencia

Recomendaciones a mediano plazo



Mandato de la misión

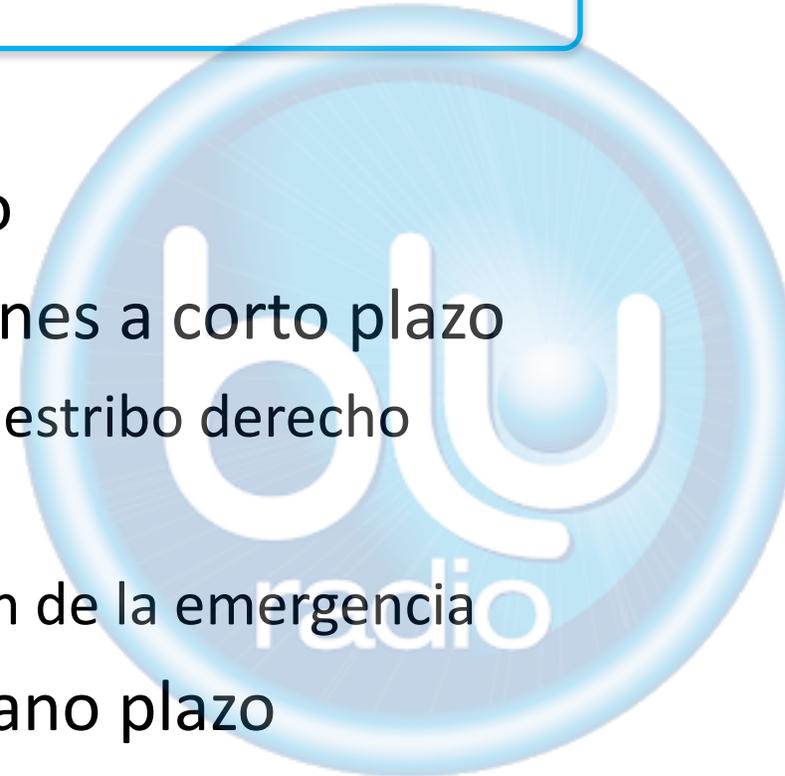
Cronología de la misión

Estado actual del proyecto

Hallazgos y recomendaciones a corto plazo

- Obras subterráneas y estribo derecho
- Presa y vertedero
- Organización y gestión de la emergencia

Recomendaciones a mediano plazo



Solicitud hecha el 15 de mayo 2018

17 de mayo 2018, el director ejecutivo de EPM comunica que podría haber un colapso de la presa

18 de mayo, ONU Medio Ambiente responde y propone los objetivos de la primera misión:

1. Apoyar la evaluación de la estabilidad y integridad de la presa;
2. Apoyar la toma de decisiones en tiempo real;
3. Ofrecer recomendaciones sobre la emergencia ambiental y planes de contingencia.

Mandato de la misión

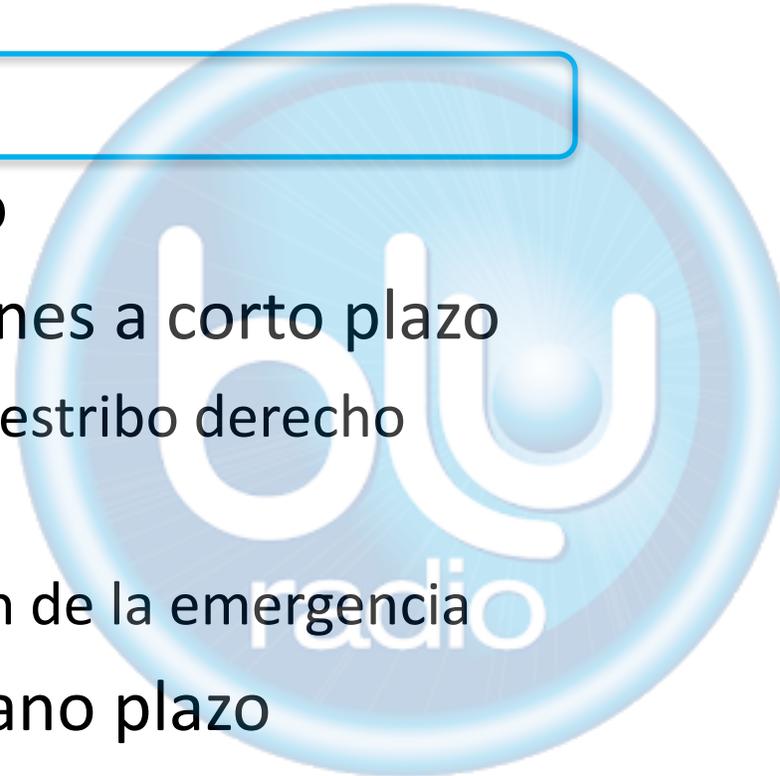
Cronología de la misión

Estado actual del proyecto

Hallazgos y recomendaciones a corto plazo

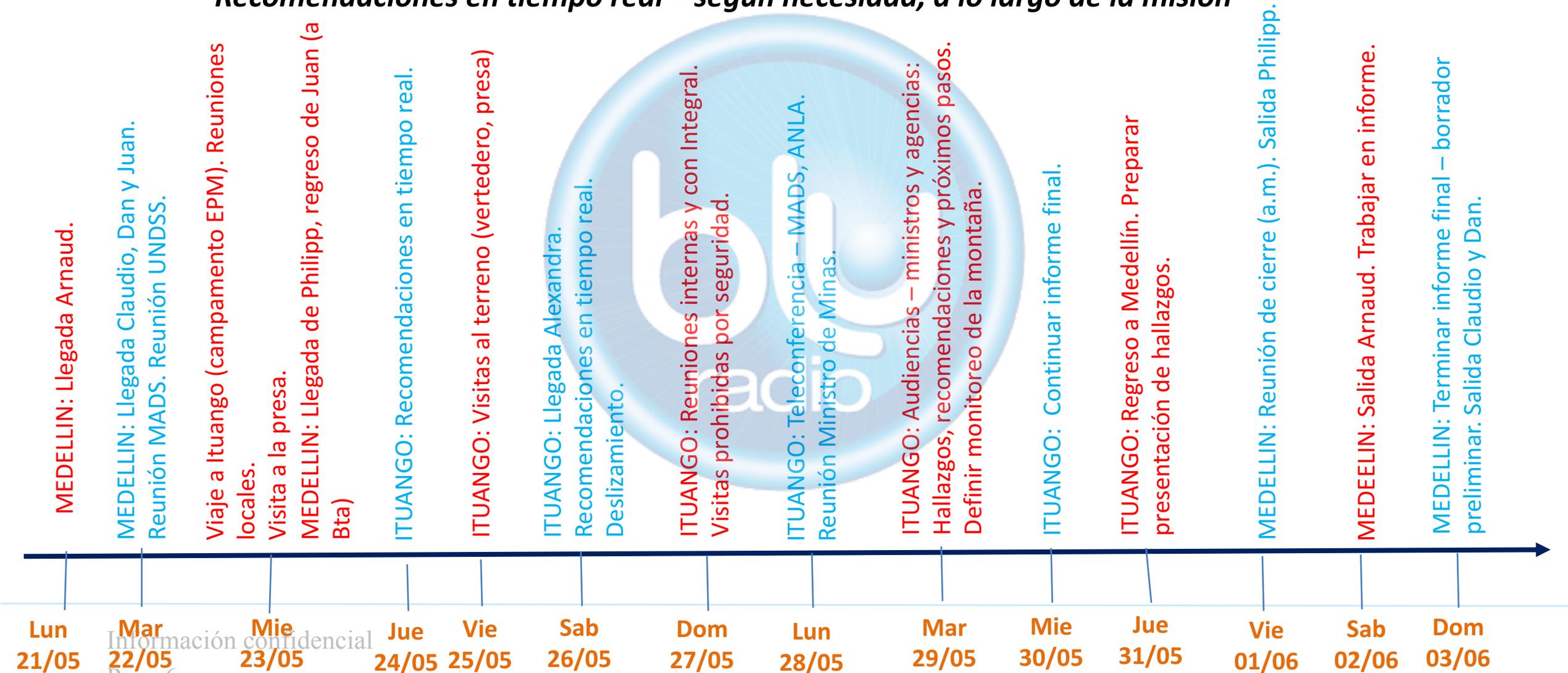
- Obras subterráneas y estribo derecho
- Presa y vertedero
- Organización y gestión de la emergencia

Recomendaciones a mediano plazo



Cronología de la misión

Recomendaciones en tiempo real – según necesidad, a lo largo de la misión



Mandato de la misión

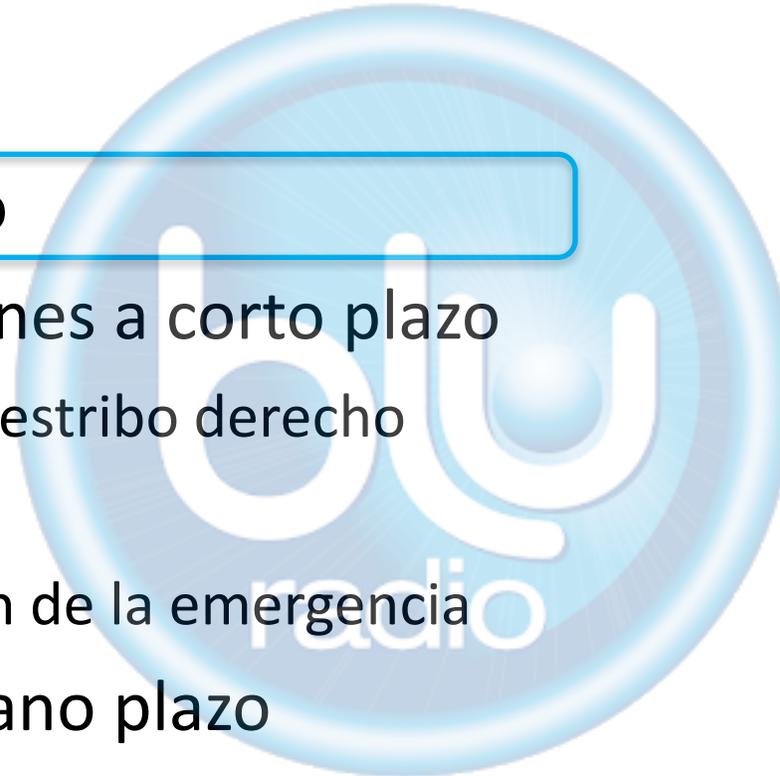
Cronología de la misión

Estado actual del proyecto

Hallazgos y recomendaciones a corto plazo

- Obras subterráneas y estribo derecho
- Presa y vertedero
- Organización y gestión de la emergencia

Recomendaciones a mediano plazo



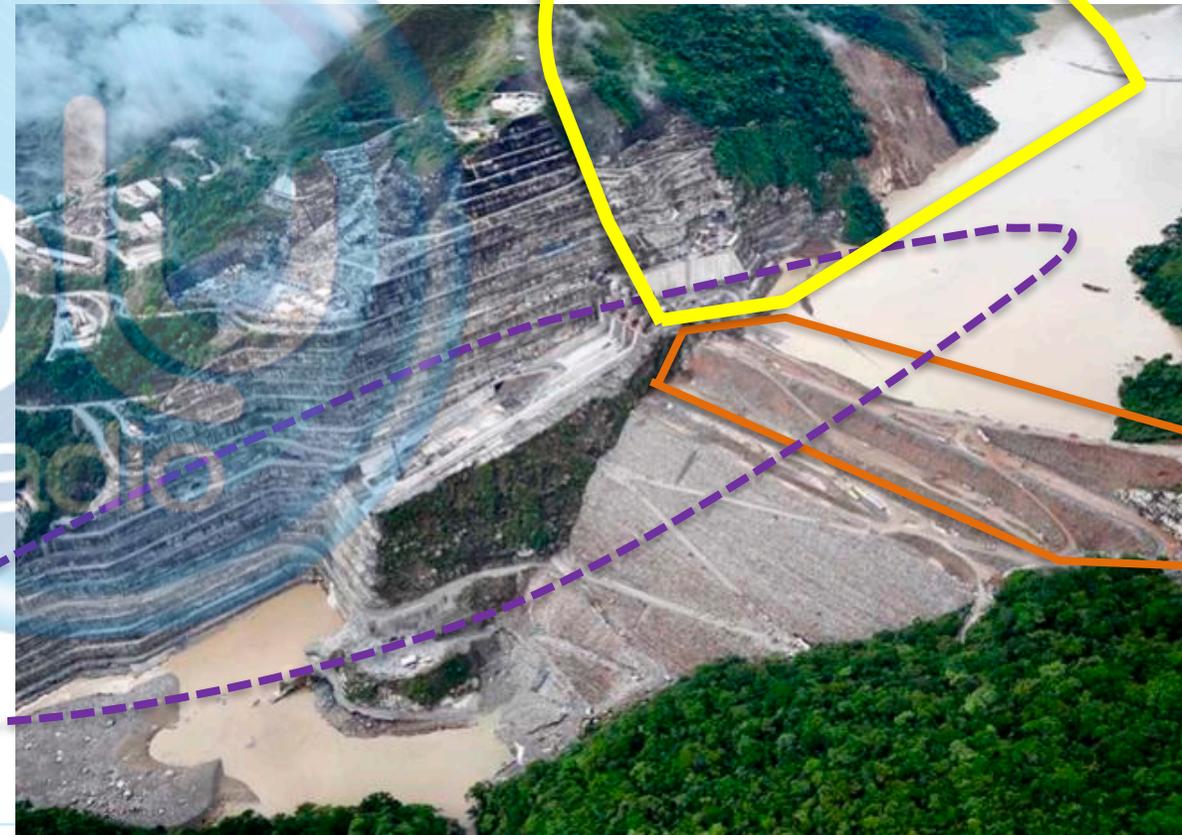
Estado actual del proyecto

Presa:

- 1 La parte superior de la presa (relleno prioritario) fue diseñada y construida en emergencia que constituye un punto débil que si falla puede conducir a una ruptura de toda la presa

Montaña:

- 2 Fuerte debilitación del interior del macizo rocoso (entorno a las obras hidromecánicas: túneles, casa de máquinas, ...)
- 3 Inestabilidad de la ladera y riesgo de deslizamiento dentro del embalse



1 Presa y vertedero

- No terminada al inicio de la emergencia (riesgo de ruptura por reboce)
- Se logró construir rápidamente un relleno prioritario (cota 410) : obra temporal
- Se logró levantar las compuertas y avanzar con la construcción del vertedero
- Se deberá alcanzar la cota 415 y se deberá reforzar el relleno prioritario para considerarlo como una obra permanente
- Se deberá terminar el vertedero para un funcionamiento en seguridad

Estado actual del proyecto

Presa



Estado actual del proyecto

Vertedero



Montaña

2 Interior del macizo rocoso:

- Desbloqueo/bloqueo del túnel derecho y de la GAD
- Inundación y circulación de agua bajo presión en la casa de máquinas y túneles asociados
- Degradación de túneles y debilitamiento general del interior del macizo rocoso

3 Ladera – riesgo de deslizamiento:

- Varios deslizamientos ocurridos a proximidad de la presa
- Riesgo elevado de nuevos deslizamientos (=> riesgo de ruptura de la presa)
- Se ha logrado instalar un sistema de monitoreo (=> ya se observa un movimiento significativo)
- Se deberá determinar indicadores o criterios para activar la alarma oportunamente

Estado actual del proyecto

Montaña:



Fuente imagen de fondo: <https://www.melown.com/cloud/link/bs2xlsWmD6oVvih7sa0z>

Mandato de la misión

Cronología de la misión

Estado actual del proyecto

Hallazgos y recomendaciones a corto plazo

- Obras subterráneas y estribo derecho
- Presa y vertedero
- Organización y gestión de la emergencia

Recomendaciones a mediano plazo

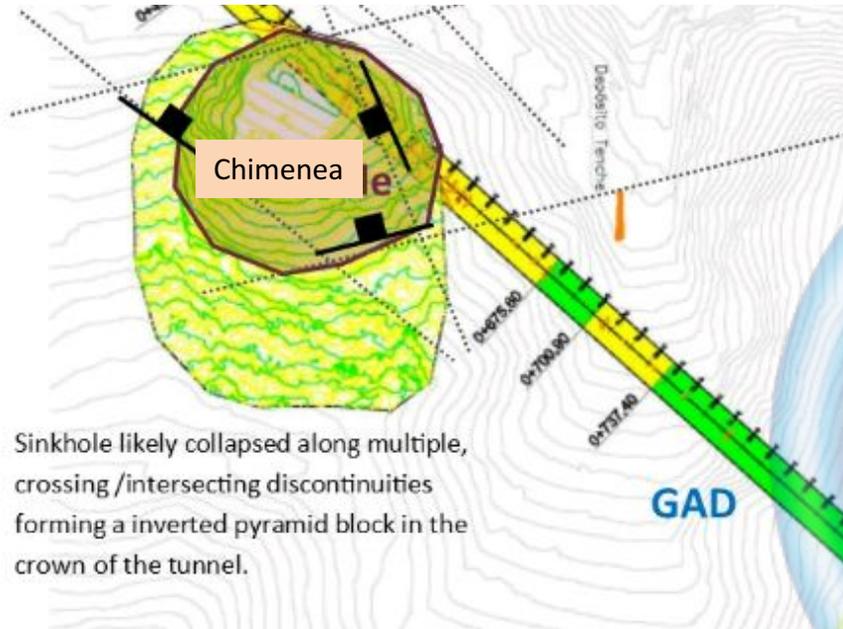
1er EVENTO - GAD (28 Abril)



Las causas del evento geológico que generó el desmoronamiento de la montaña que tapó el túnel de desviación del río Cauca, aún no se han determinado plenamente.

Foto: Juan David Ramírez. Cortesía EPM

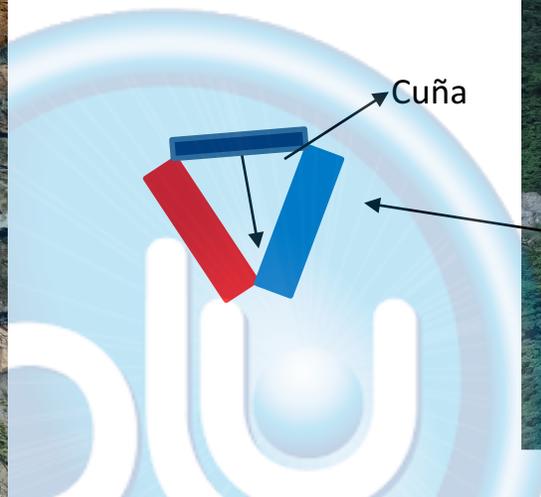
1er EVENTO - GAD (28 Abril)



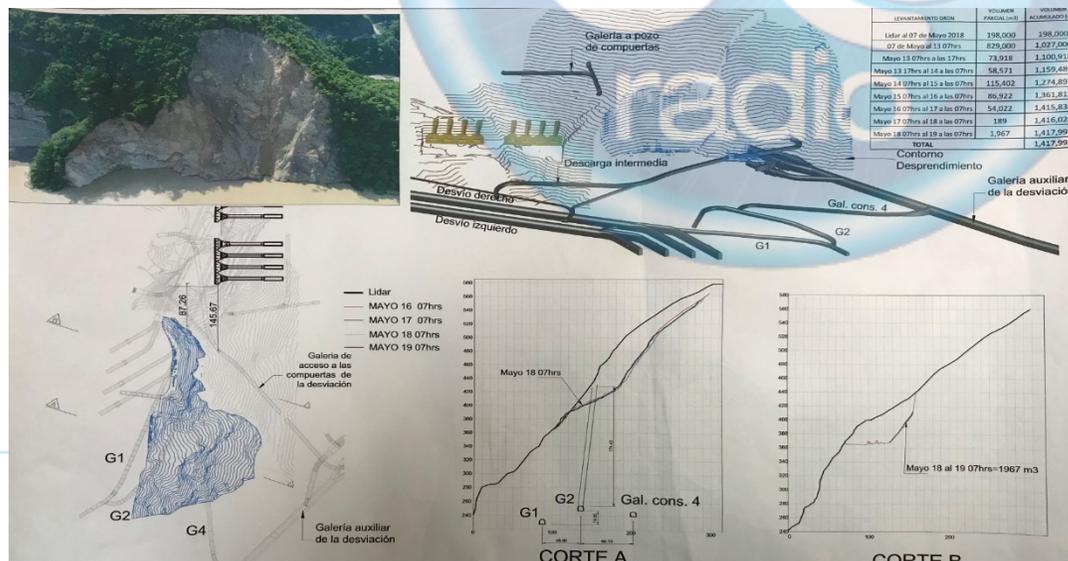
Sinkhole likely collapsed along multiple, crossing /intersecting discontinuities forming a inverted pyramid block in the crown of the tunnel.



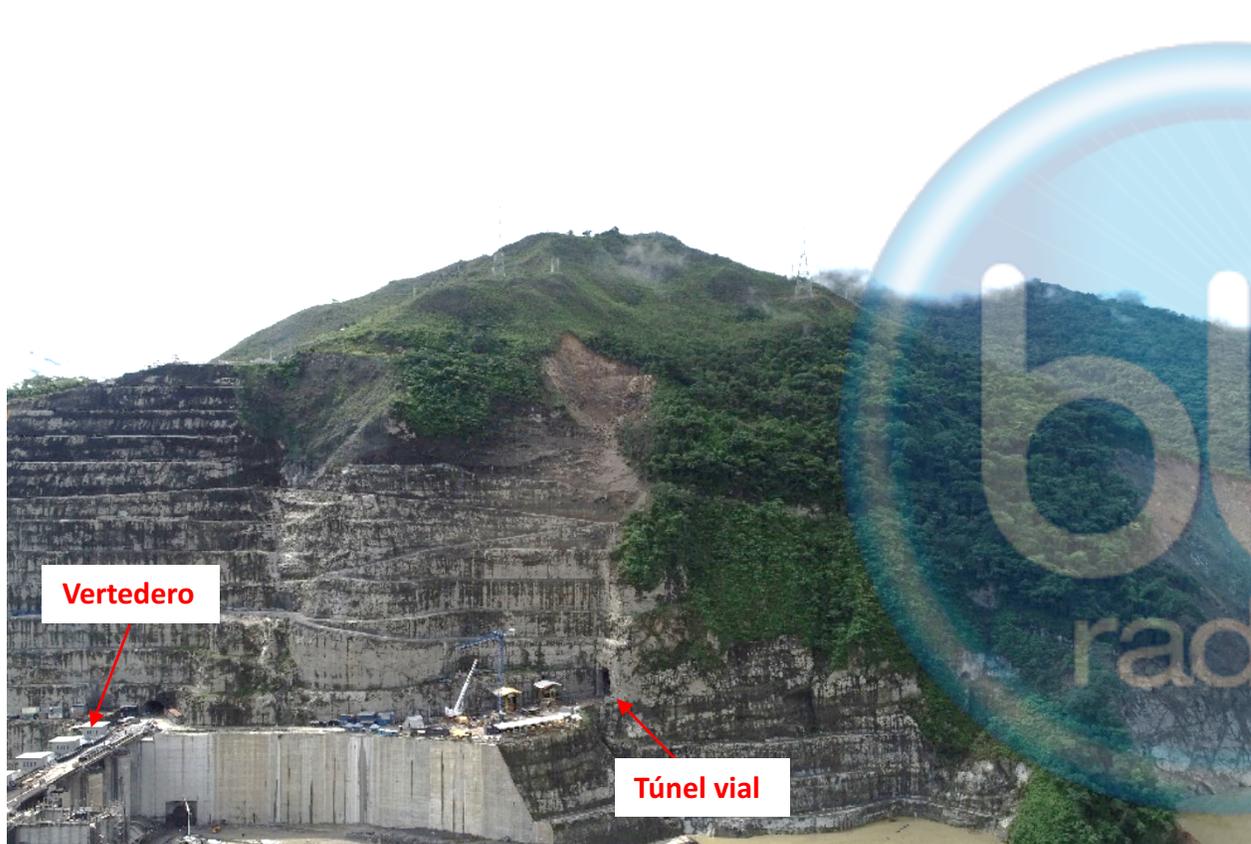
2do EVENTO



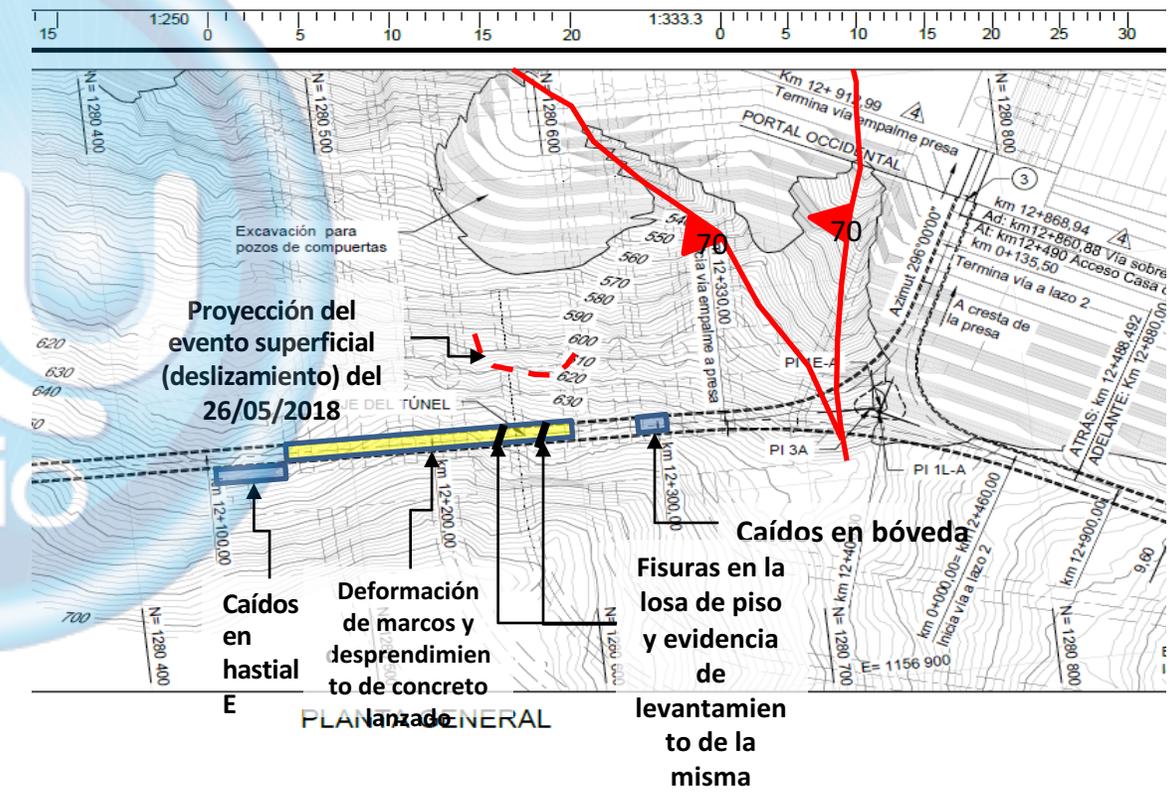
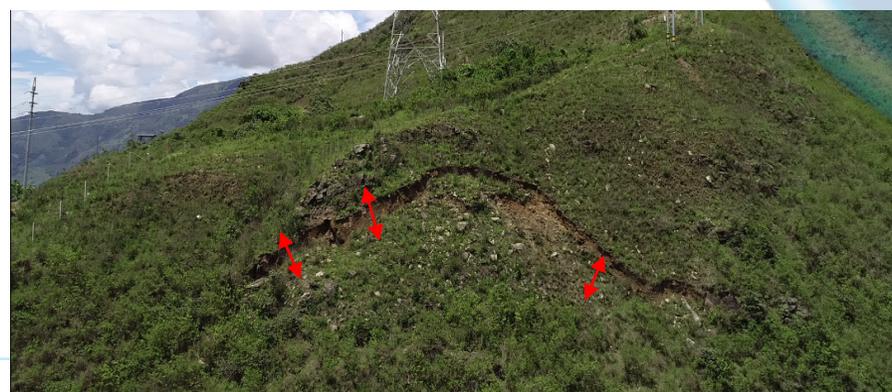
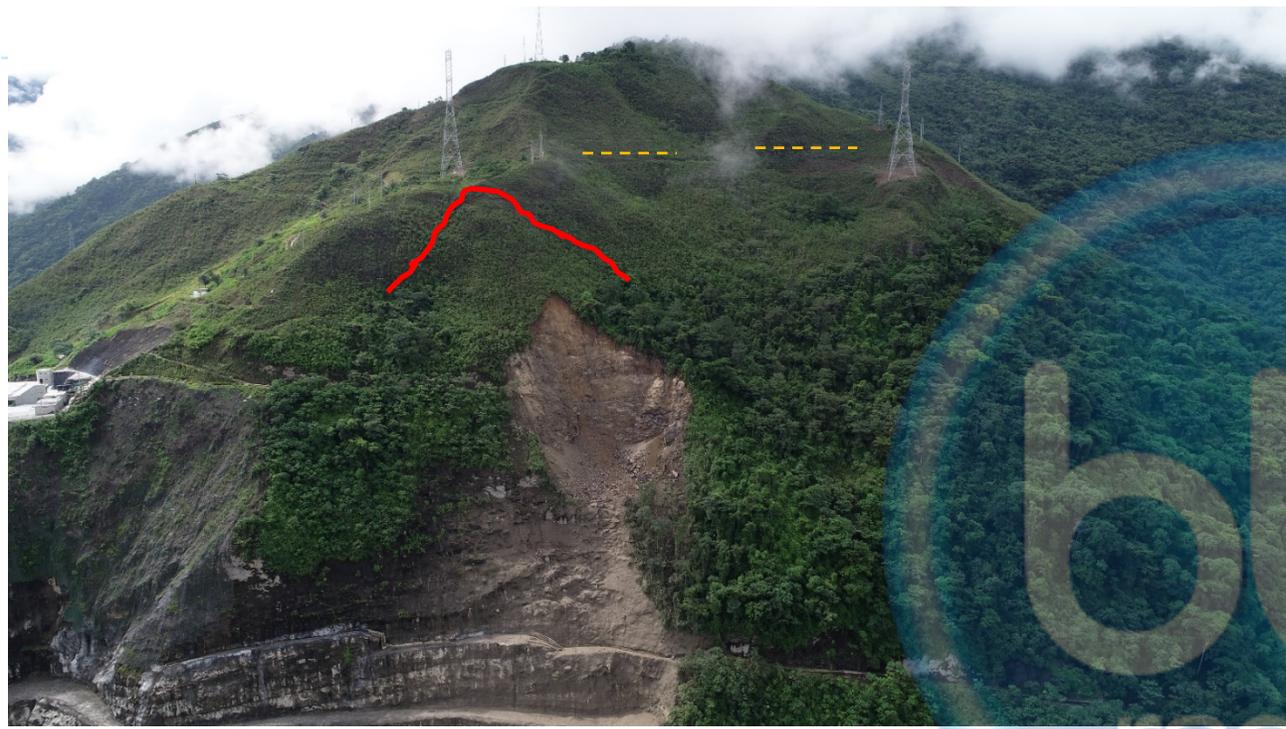
finales del 2013. Se ven muy adelante los trabajos



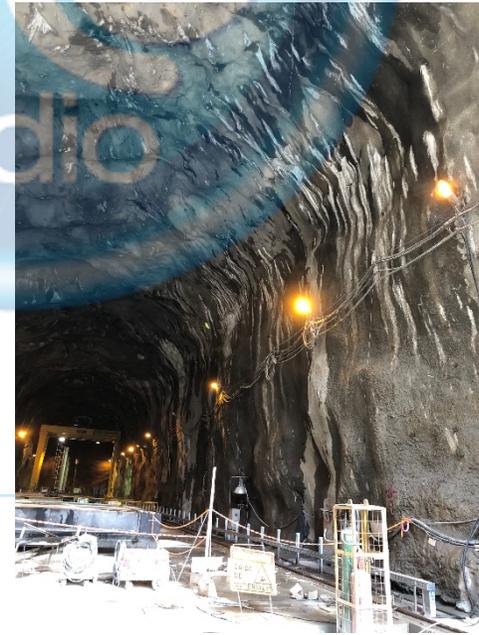
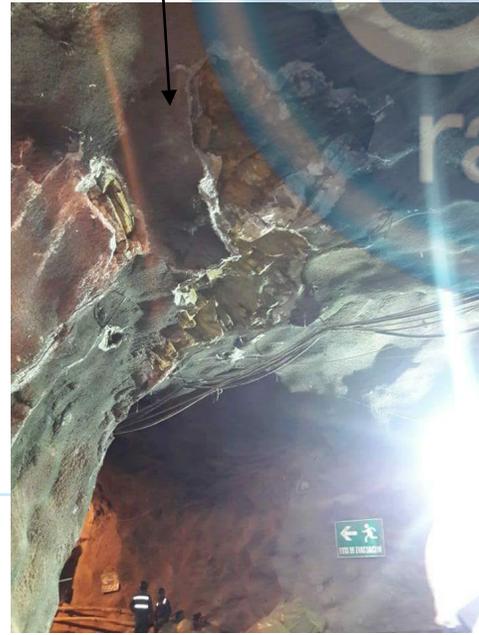
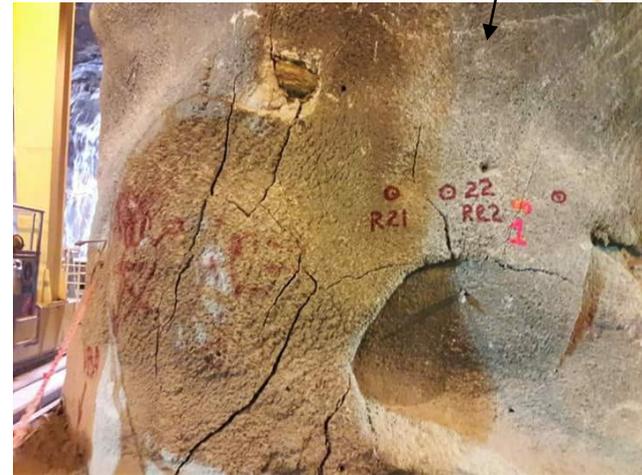
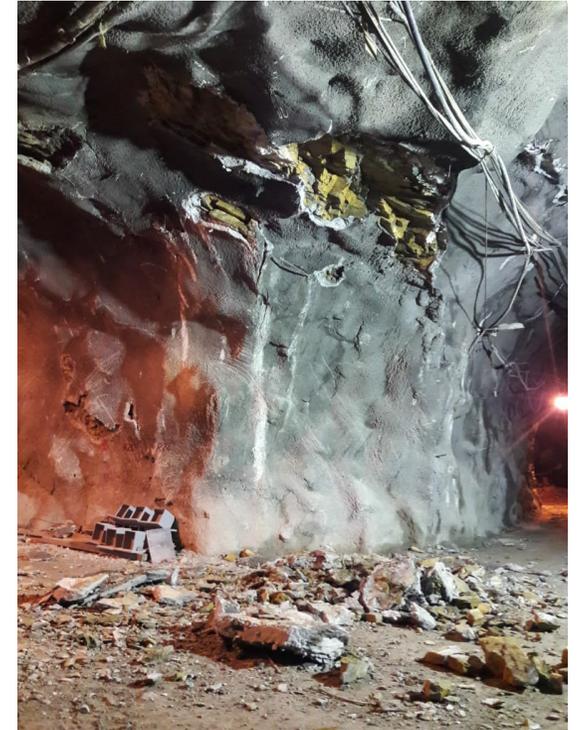
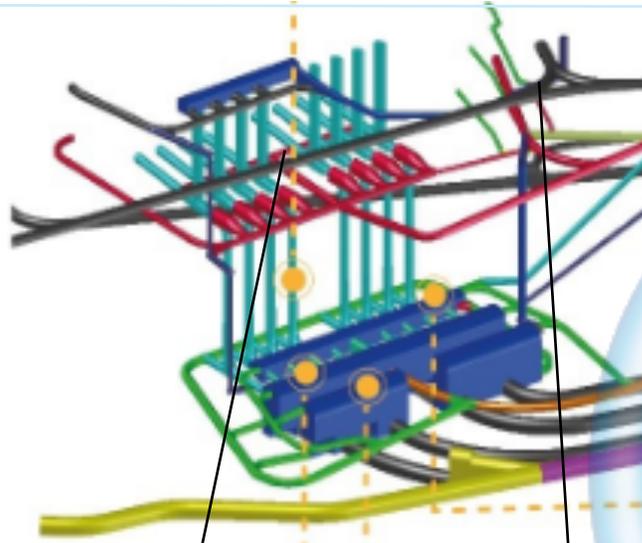
3er EVENTO



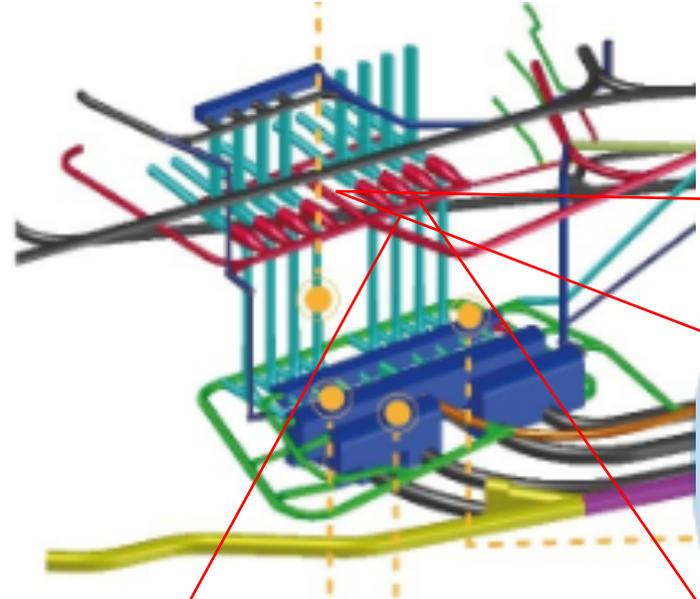
3er EVENTO



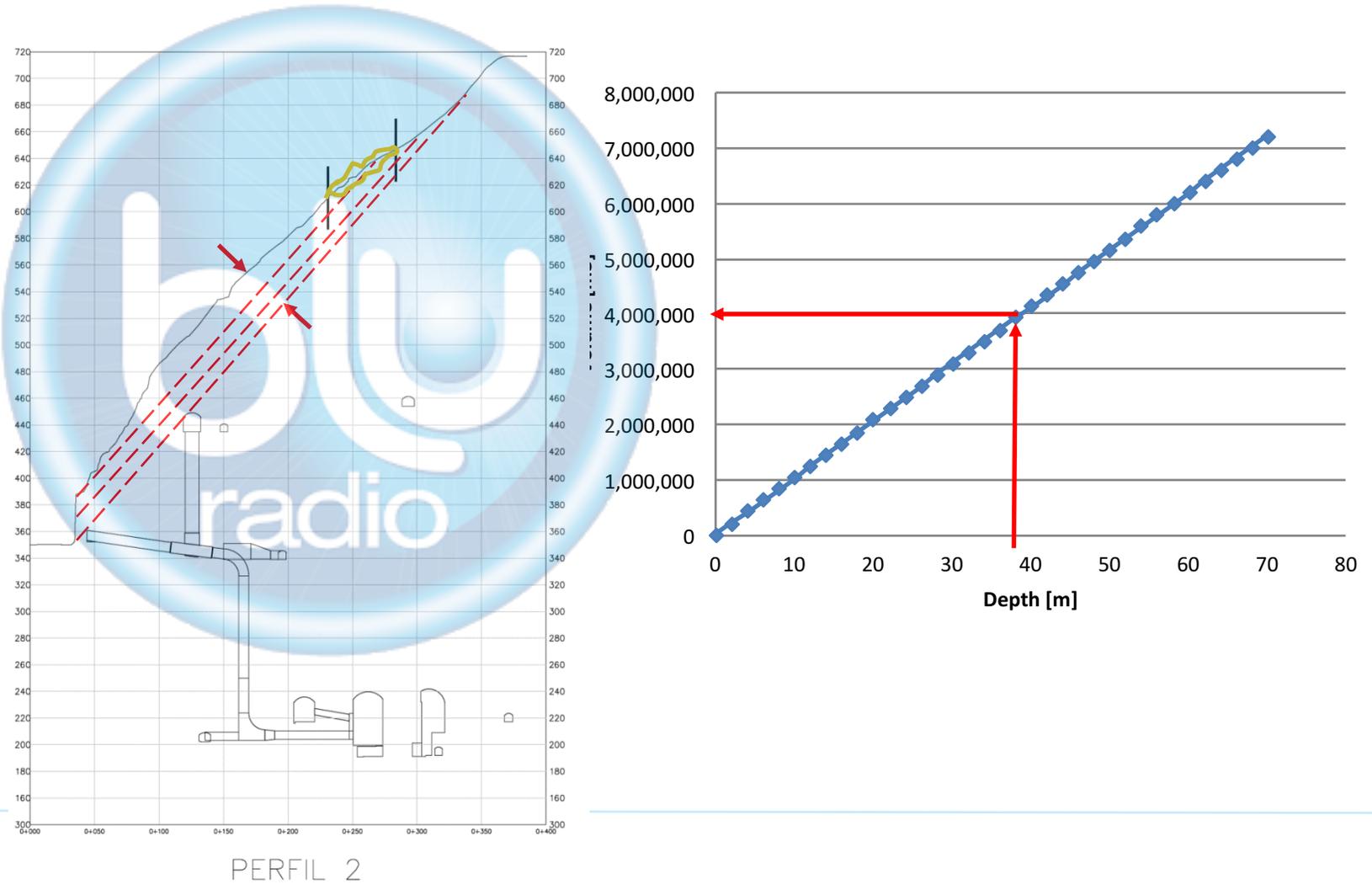
DEFORMACIONES DESPUES DE 3ER EVENTO

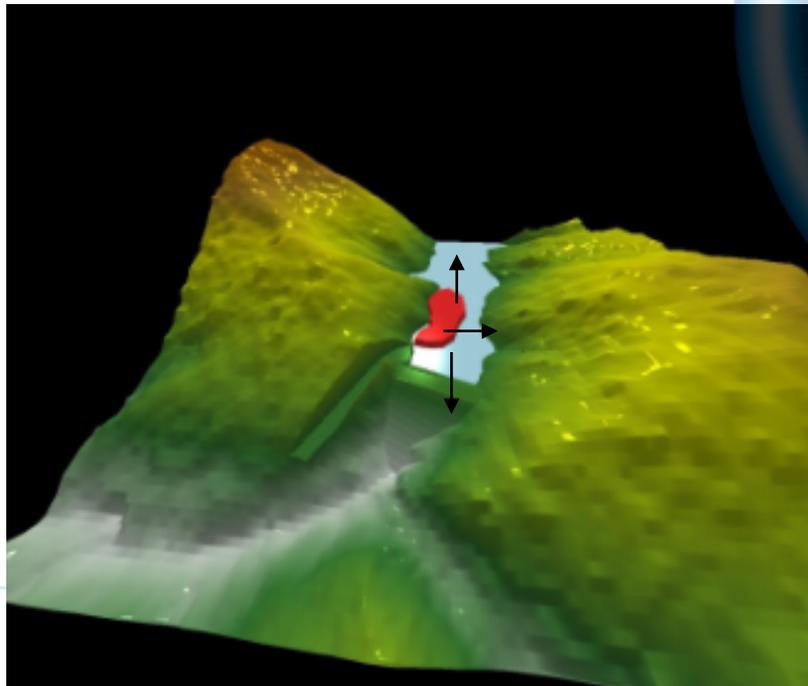
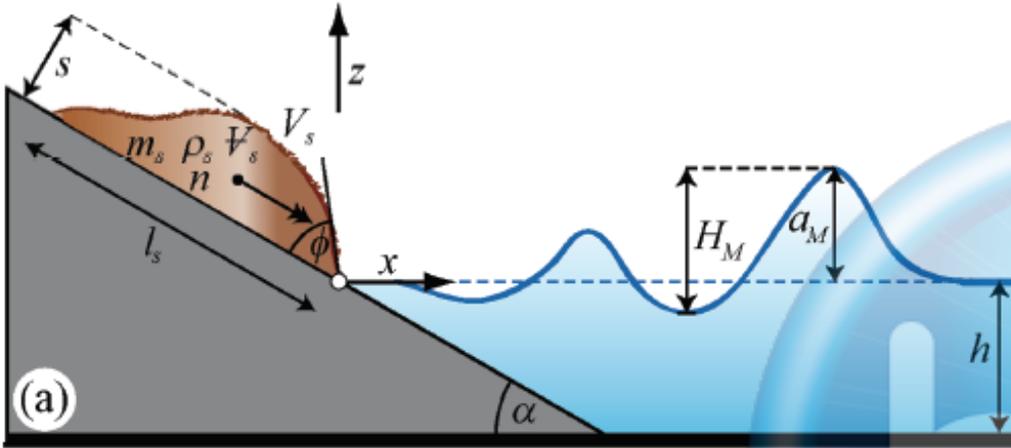


DEFORMACIONES DESPUES DE 3ER EVENTO

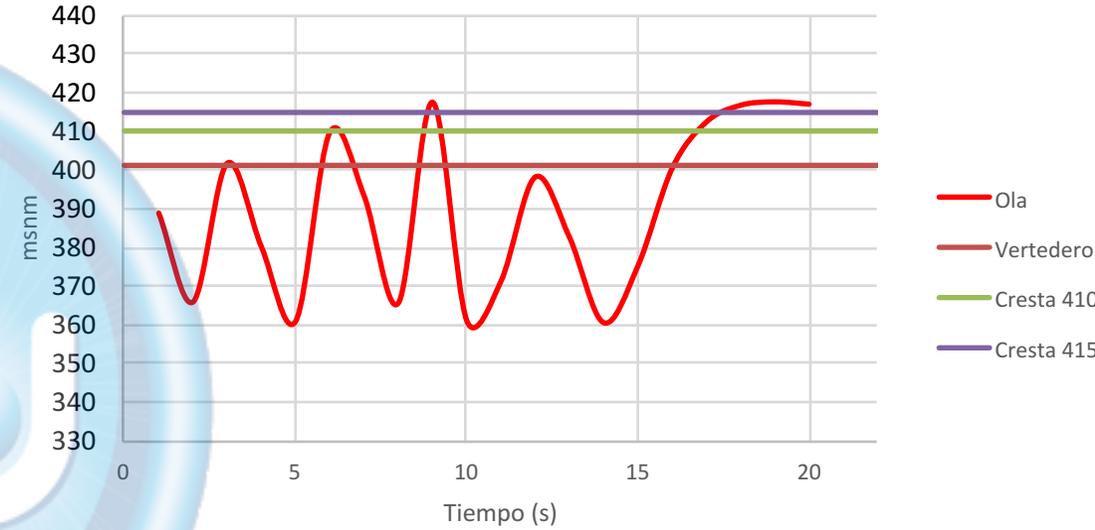


INTERPRETATION

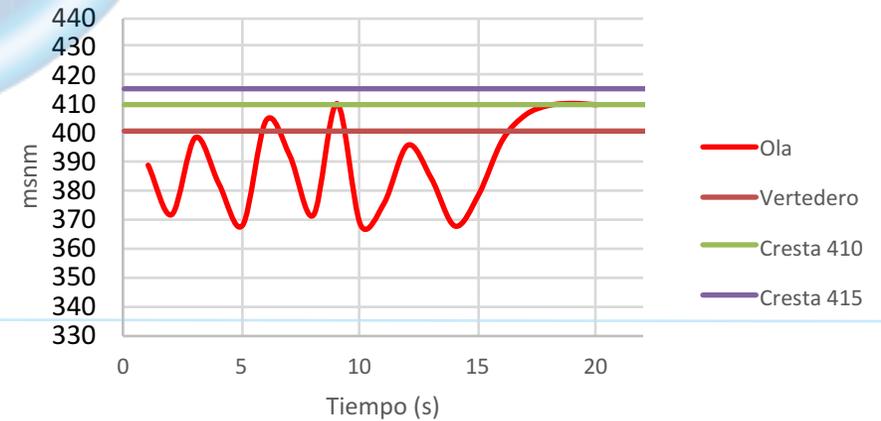




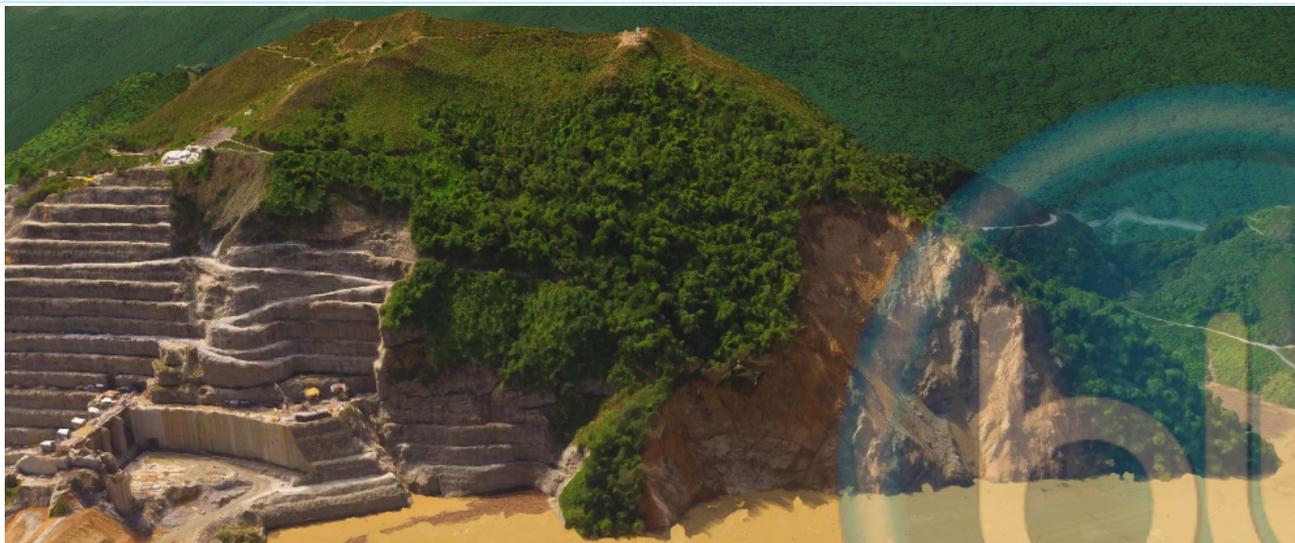
Caso más crítico (4.000.000 m³)



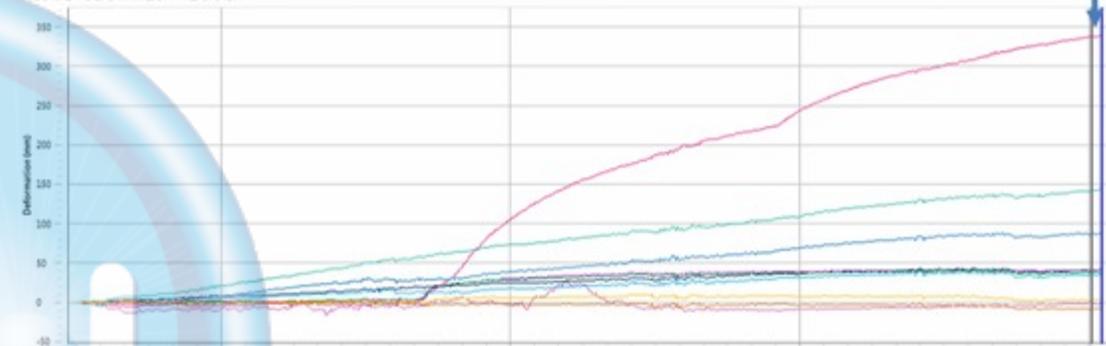
Punto mínimo para sobrepasar la presa (3.000.000 m³)



Monitoreo con radar – Sistema actual



FIGURAS - DEFORMACIÓN MEJORADA



Velocidad de movimiento y puntos de mayor deformación con un valor crítico de 10mm/h

→ Recomendaciones

- **No** cerrar compuertas de casa de máquinas 1 y 2, puede generar presurización del macizo rocoso.
- Abrir las compuertas del vertedero para evitar bloqueos mecánicos en caso de deformación acelerada encima de la estructura (ya realizado).
- Monitoreo constante **24/7** del macizo rocoso externo e interno y realizar la evaluación de instrumentación más preciso en tiempo real (en proceso).
- Realizar un monitoreo del túnel vial y túneles de acceso a casa de máquinas por medios digitales para no arriesgar la seguridad de los trabajadores por posible colapso.
- Emitir alertas del monitoreo en el menor tiempo posible para realizar una evacuación de emergencia segura y controlada.
- El taponamiento del túnel de desviación derecho y GAD disminuyen las posibilidades de desembalse, se recomienda no taponar estos túneles y evaluar la posibilidad de un desembalse controlado.
- El desembalse a alta velocidad puede generar un gradiente de presión negativo para las estructuras internas del margen derecho (posible colapso).

Mandato de la misión

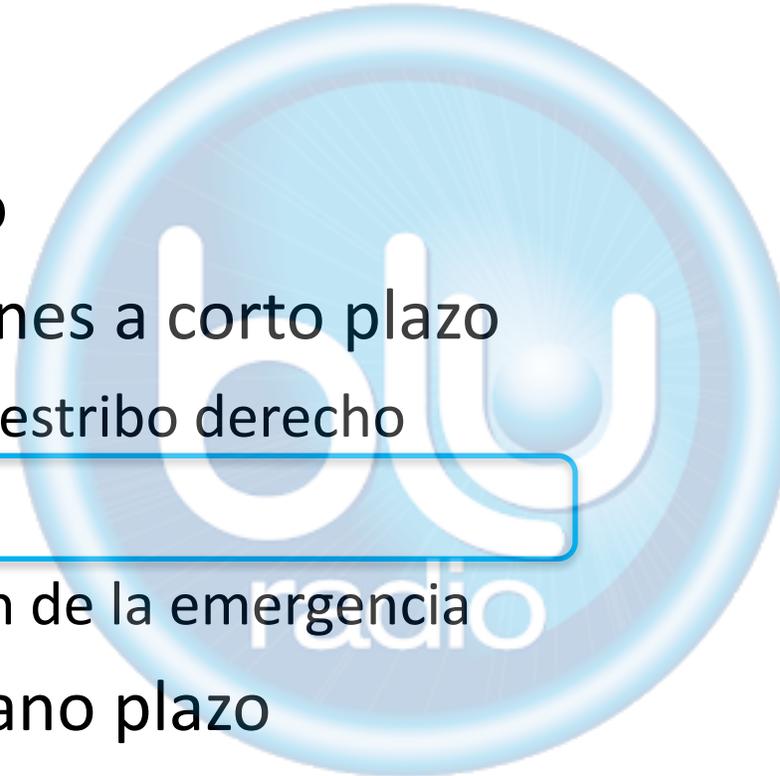
Cronología de la misión

Estado actual del proyecto

Hallazgos y recomendaciones a corto plazo

- Obras subterráneas y estribo derecho
- Presa y vertedero
- Organización y gestión de la emergencia

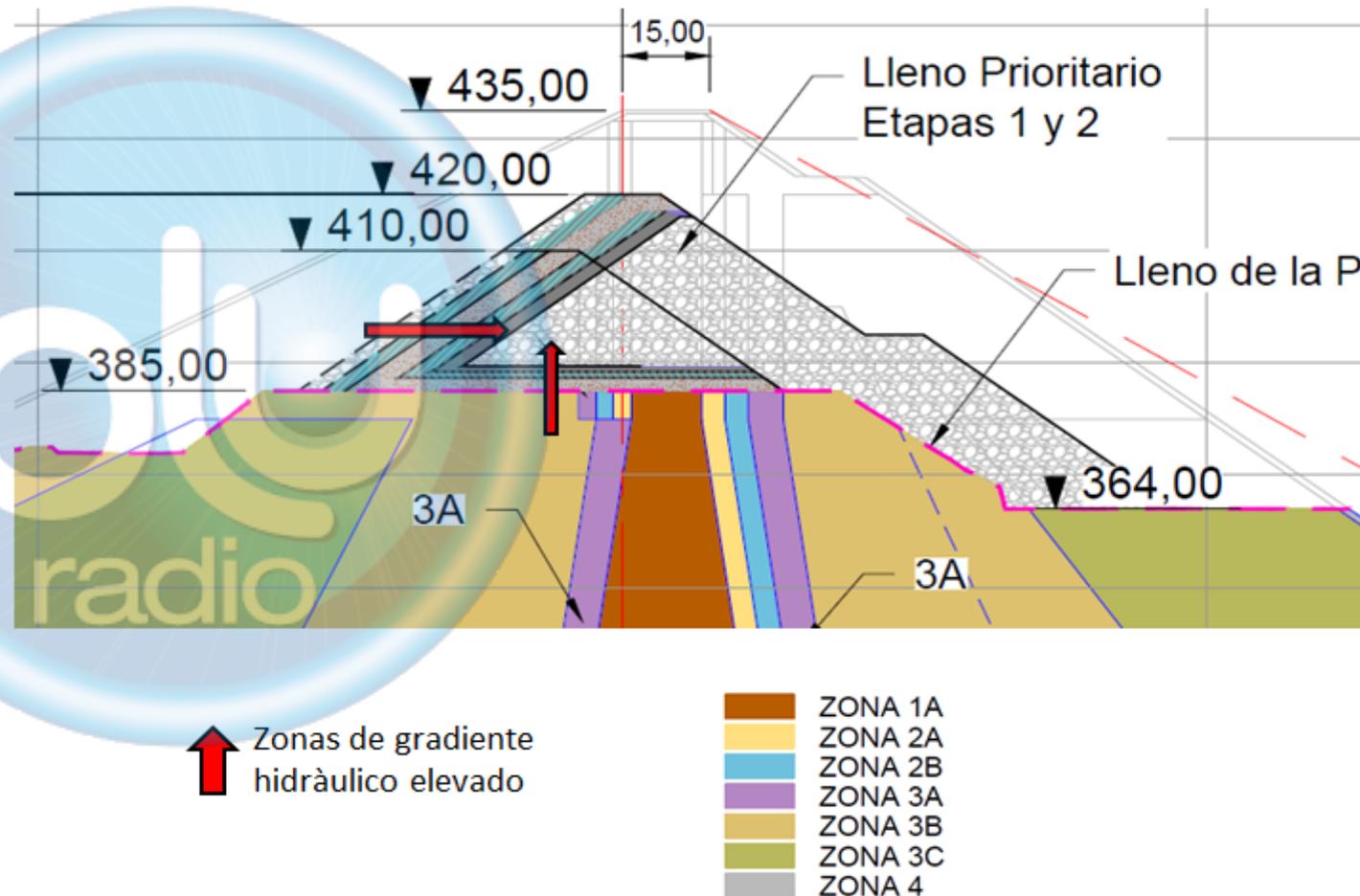
Recomendaciones a mediano plazo



- El **diseño** del relleno prioritario no cumple con **prácticas estándar**:

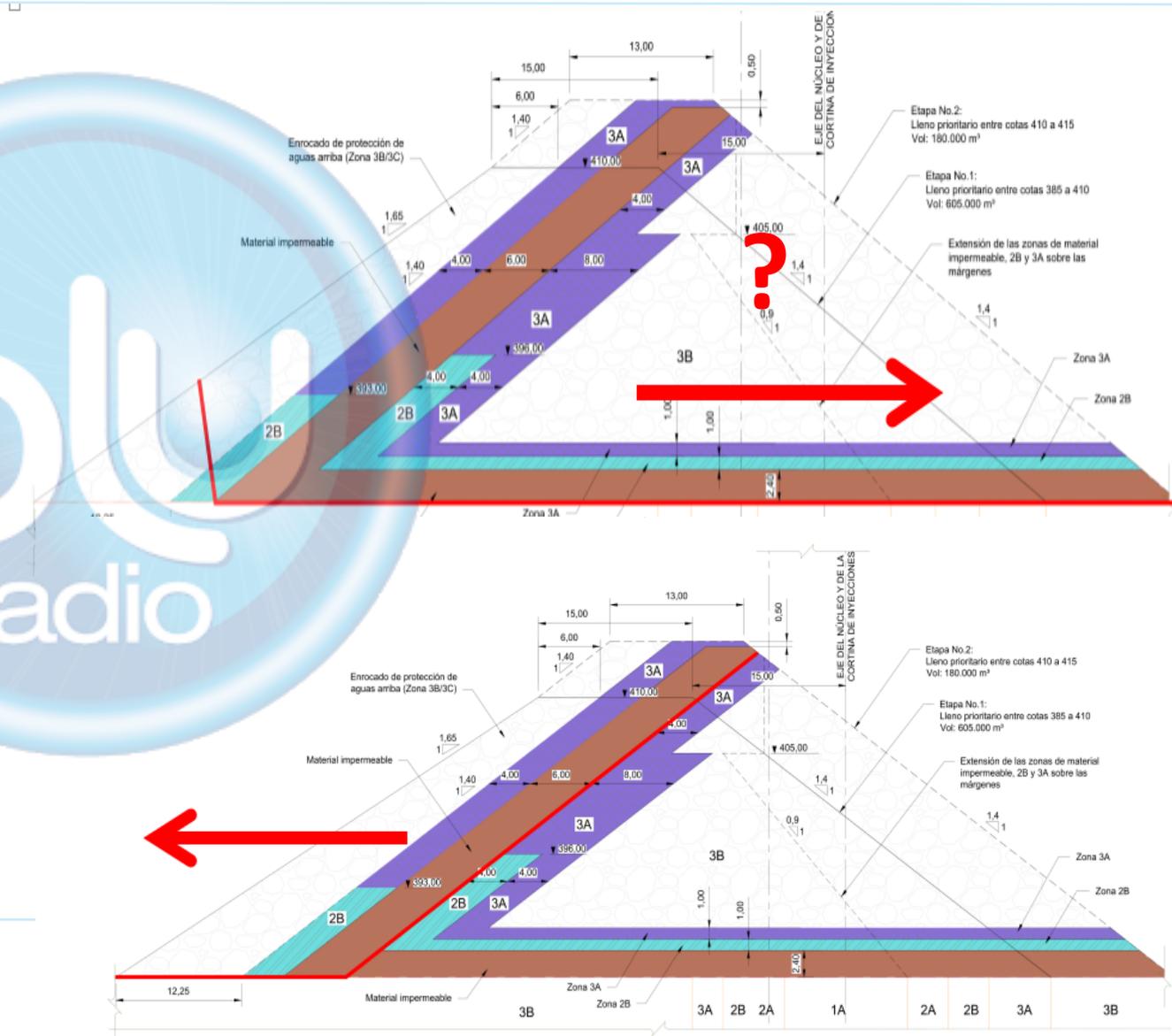
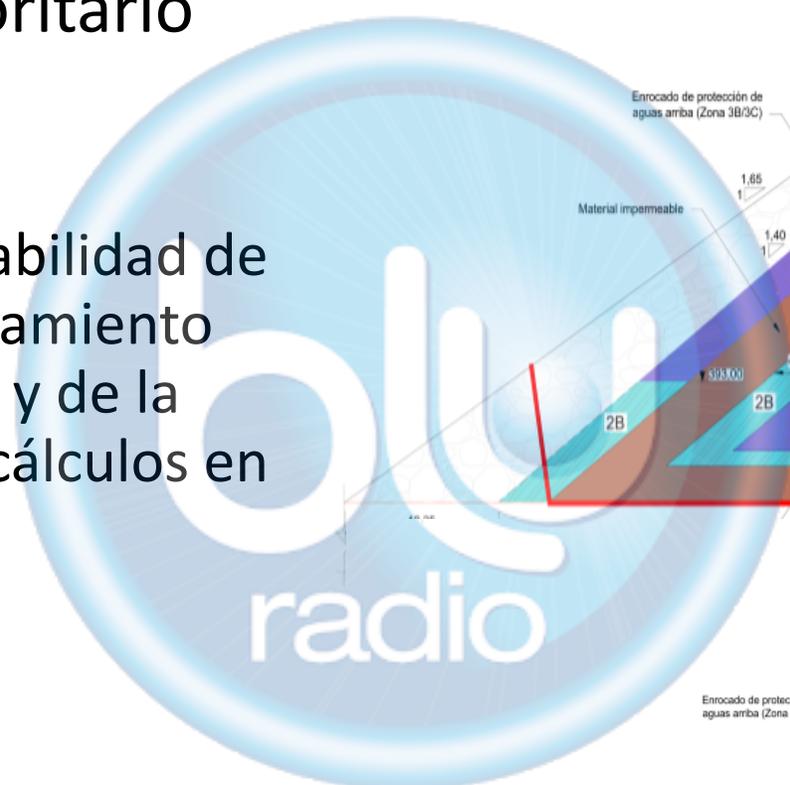
El gradiente hidráulico a través de la capa de arcilla en el nivel 385 m, ($i=14$), excede los límites recomendados ($6 < i < 9$).

→ Riesgo de **fracturación hidráulica** de la capa de arcilla

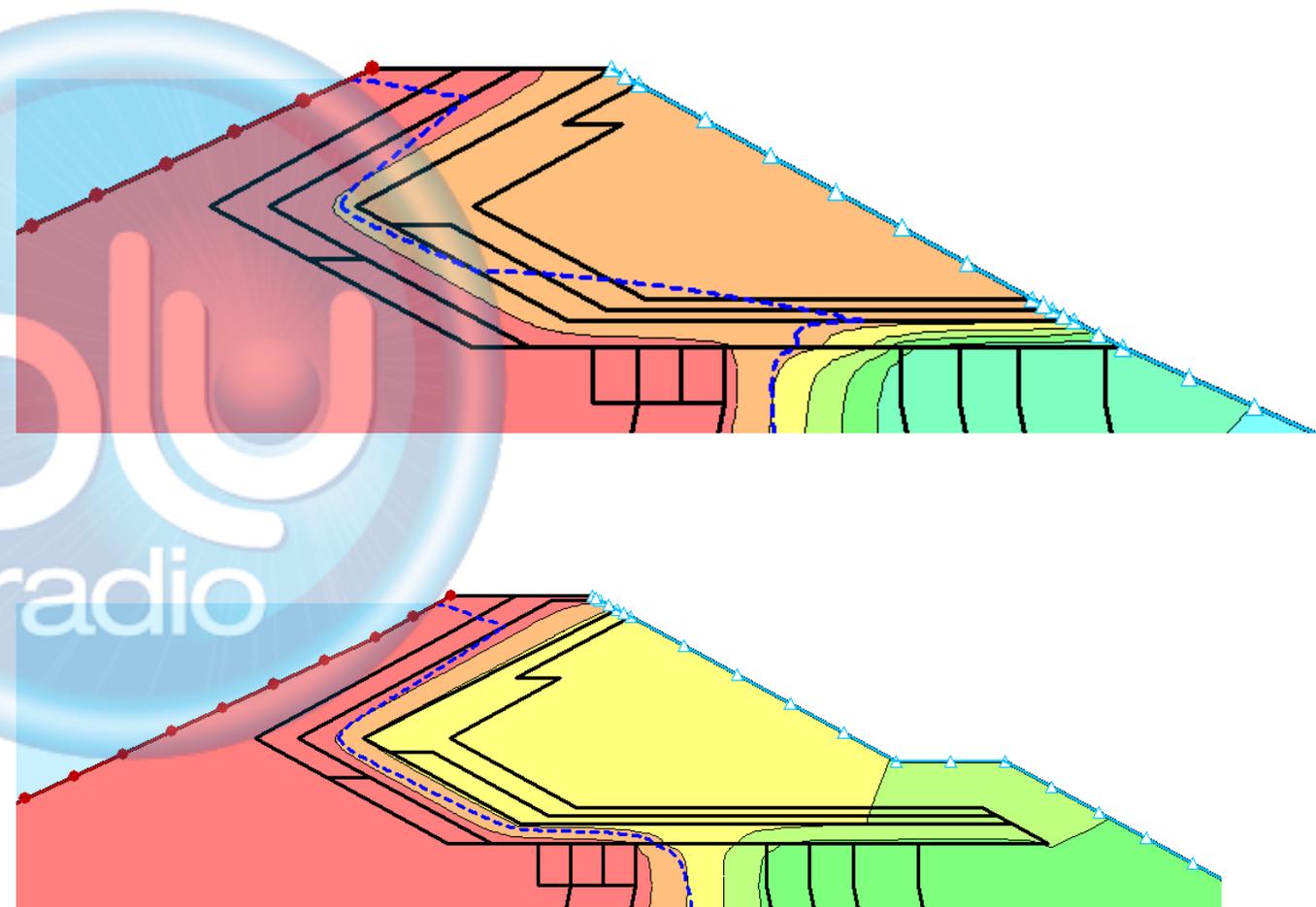


- El **diseño** del relleno prioritario no cumple con **prácticas estándar**:

- Dudas en cuanto a la estabilidad de la presa respecto a deslizamiento en la interface de la capa y de la pendiente aguas arriba (cálculos en curso).

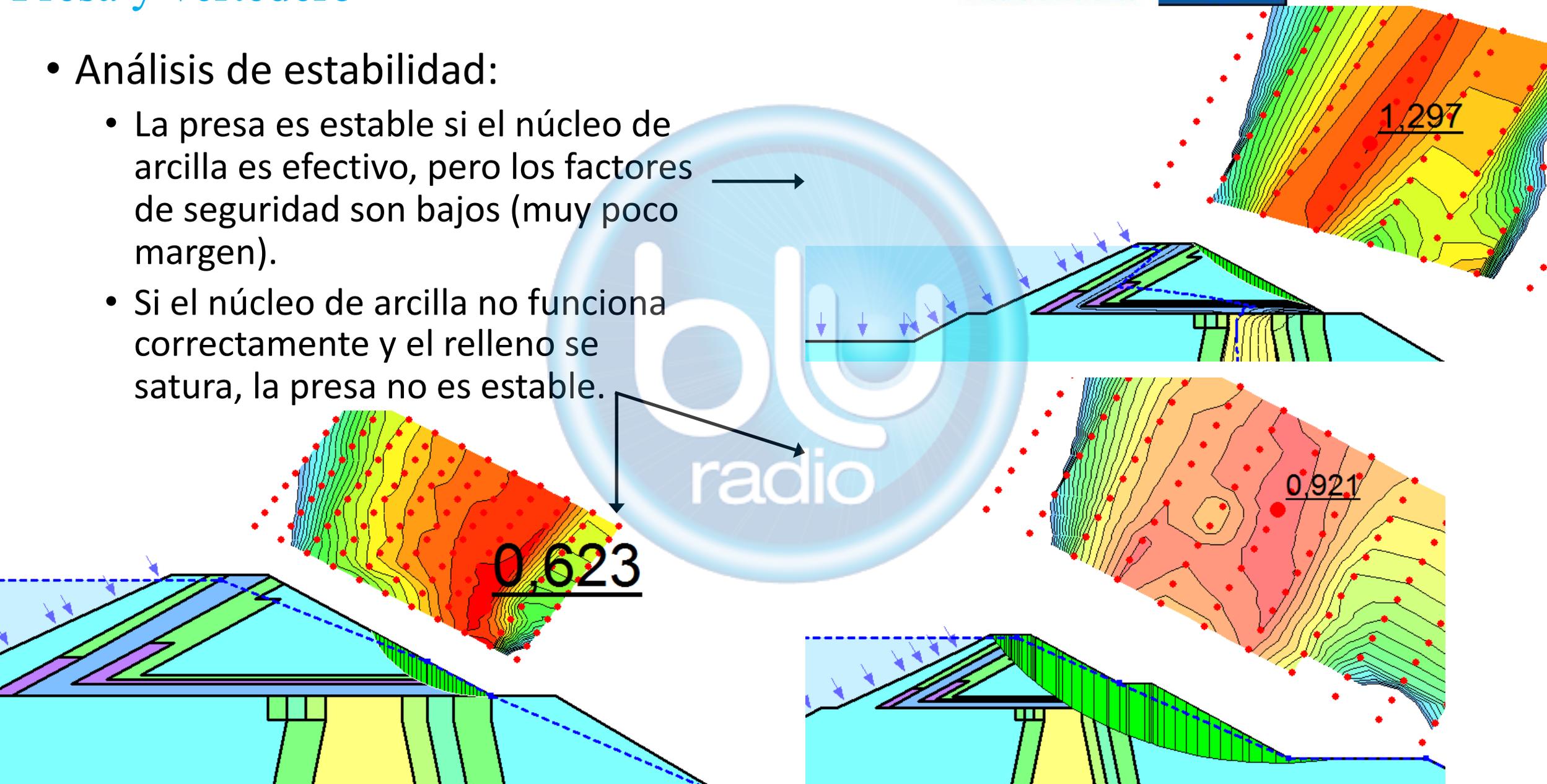


- Estabilidad del relleno de prioritario fue verificada por dos estudios independientes (ISL / EDF):
 - La fase crítica para la presa se presenta a una elevación de 410 m con nivel de agua a 409 m.
 - En la altura 415 m, la presa esta mas estable gracias a la berma aguas abajo.

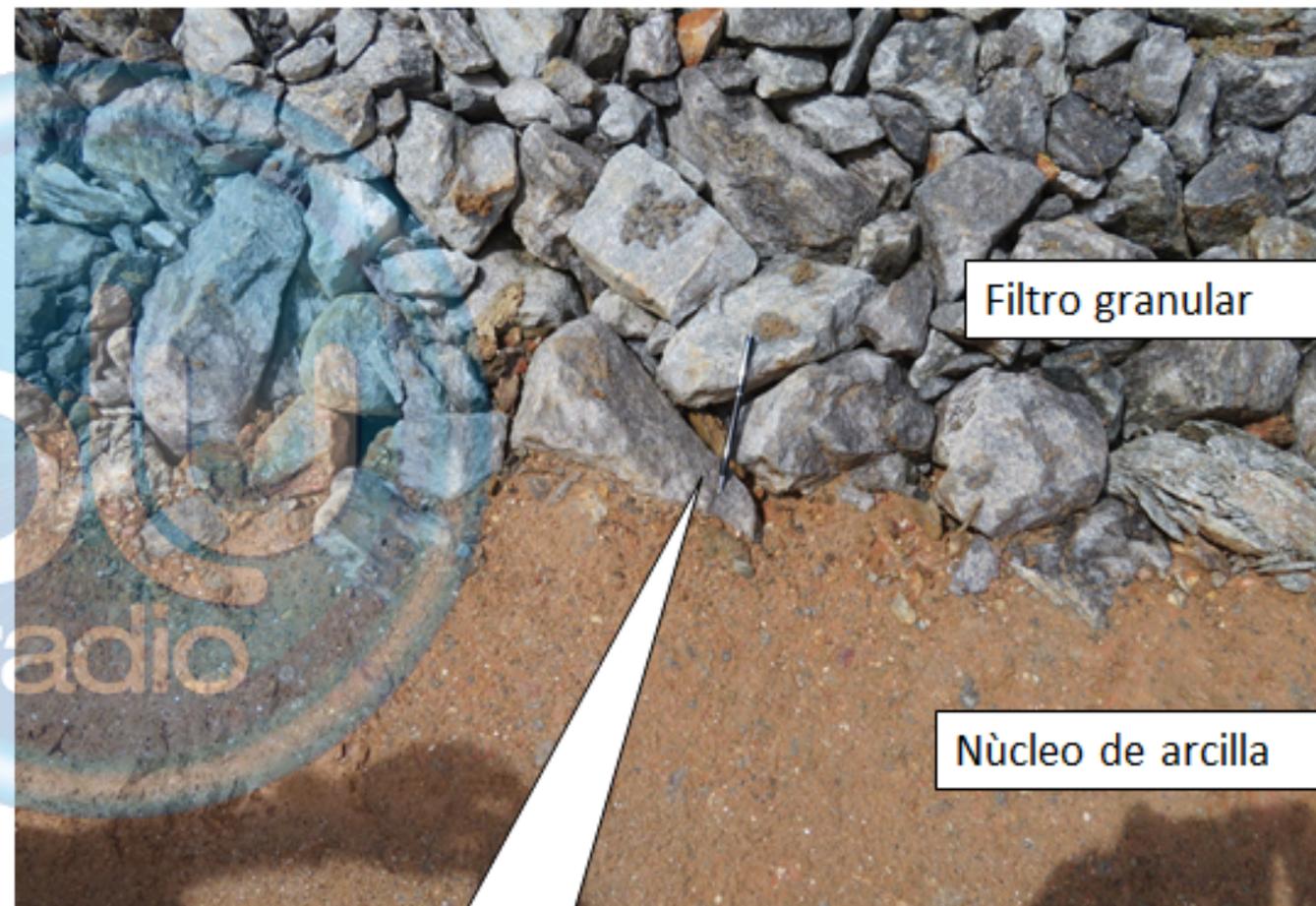


Presas y vertedero

- Análisis de estabilidad:
 - La presa es estable si el núcleo de arcilla es efectivo, pero los factores de seguridad son bajos (muy poco margen).
 - Si el núcleo de arcilla no funciona correctamente y el relleno se satura, la presa no es estable.



- El **diseño** del relleno prioritario no cumple con los estándares:
 - Ausencia de una capa de filtro debajo de la capa de arcilla.
 - La granulometría del filtro no cumple con estándares. Falta también filtro fino en el diseño.
- Riesgo de **movimiento del núcleo** a través del filtro aguas abajo.



- La **construcción** del relleno prioritario no cumple con prácticas estándar:
 - Contaminación de filtros
 - Sobre-compactación donde las vías de acceso cruzan el núcleo de arcilla.
 - No hay un tratamiento adecuado del contacto entre el núcleo de arcilla y el estribo (la roca no está recortada, la capa de hormigón lanzado está agrietada, etc.).



Contaminación de filtros



Granulometría incorrecta del filtro aguas abajo



Grietas del concreto lanzado en el estribo izquierdo



Compactación incorrecta



La pendiente aguas arriba del lleno de emergencia **no está protegida con enrocado (“riprap”)**

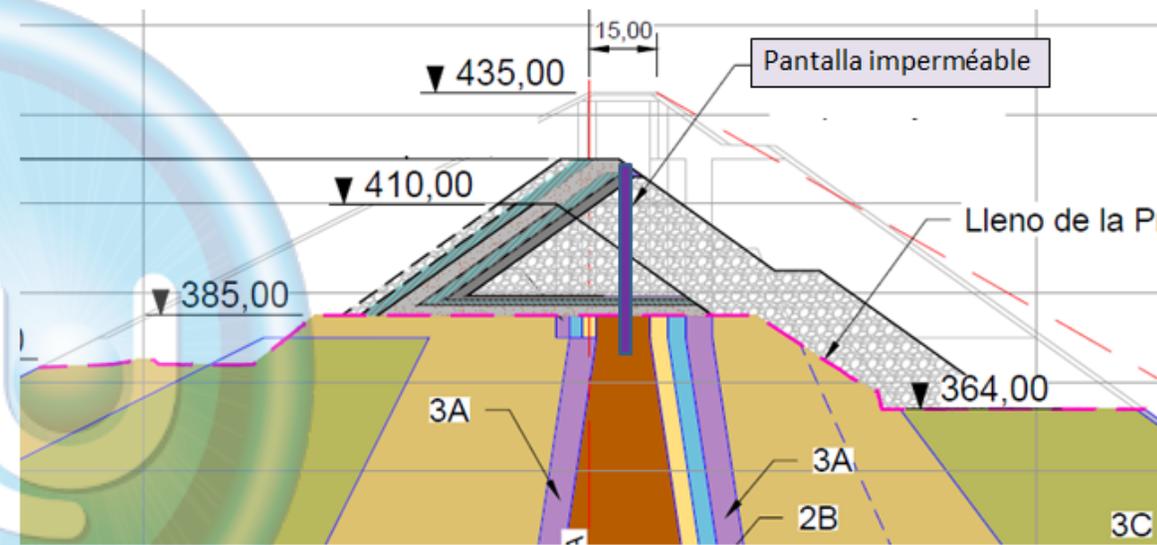
→ riesgo de erosión debido al efecto onda y a las corrientes cuando el vertedero entre en operación.



- El relleno prioritario sobre el nivel 385 m es una **estructura temporal diseñada en la emergencia y construida muy rápidamente**.
- El relleno prioritario no cumple con recomendaciones internacionales en términos de diseño y construcción.
- Reconstruir la presa durante la estación seca según el diseño sería demasiado arriesgado.
- Para ser considerada como una estructura permanente, necesita ser **reforzada significativamente** (protección aguas arriba, estanqueidad, protección aguas abajo).
- Necesita ser **monitoreada** tan pronto como el nivel del agua llegue a 385 m.

➔ Recomendaciones

- Construir una pantalla impermeable (una pared de corte de hormigón plástico) tan pronto como la presa llegue al nivel 415 m.
- Durante la colocación del material 3B: colocar el material más fino aguas arriba y el material más grueso aguas abajo del núcleo.
- Instalar equipo de monitoreo permanente, tanto como sea posible, en el relleno (piezómetros, fibra óptica).



→ Recomendaciones

- Implementar un **monitoreo 24/7 del relleno**. Equipo dedicado para ser entrenado. Iluminación de las caras y los estribos de la presa.
- Hemos preparado **guías** para la vigilancia de la presa, describiendo los tres posibles modos de falla (erosión por tubificación, erosión interna, falla de cortante) y los modos de defensa (filtros, arcilla, vigilancia).
- La pauta de inspección visual incluye la **check-list de observaciones** para el equipo de vigilancia.
- Almacenar suficiente **material** muy cerca de la presa (enrocado, filtro y material fino) y **equipamiento** (excavadora, bulldozer, camión) listo para intervención inmediata en caso de inicio de erosión

Ituango Dam Surveillance During its First Filling

Author: Jean-Robert Courivaud (EDF)

Reviewers: Arnaud Rousselin (EDF), Claudio Carvajal (IRSTEA), Michel Lino (CFBR), Denis Aelbrecht (EDF), Olivier Bory (EDF, CFBR)

1. OBJECTIVE OF THIS NOTE

In the frame of the mission mandated by UN/EU, two French experts are assisting the Columbian Authorities to help managing the present situation of Ituango dam. In addition, a panel of experts from CFBR (French Committee of ICOLD) and EDF provides a technical assistance to the two French experts who are on the dam site.

Among the issues highlighted by CFBR and EDF as the most critical regarding the dam safety, there is especially the dam surveillance during the first filling of the reservoir. The objective of this note is to present a proposal of dam surveillance adapted to the present situation.

2. EMBANKMENT DAM FAILURE MODES AND DEFENCE BARRIERS

All embankment dams have three potential failure modes:

- External erosion by overtopping.
- Internal erosion.
- Shear, under static or seismic loading.

The failure modes which are the most at risk for Ituango dam in the present situation are external erosion by overtopping and internal erosion.

To be in a satisfactory situation towards these potential failure modes, embankment dams must have at least 3 satisfactory defence barriers against each failure mode. The defence barriers include passive barriers, which are the structural components constituting the dam and its foundation and an active barrier, which is surveillance. Surveillance includes both visual inspections and monitoring. Surveillance must always be part of the three satisfactory defence barriers against each potential failure mode.

→ Recomendaciones

- Evaluar el riesgo de deslizamientos en otras zonas de orillas del embalse, para asegurar que no existan vulnerabilidades que pudieran generar situaciones peligrosas,
- Inspeccionar el estribo izquierdo de la presa para identificar la presencia potencial de signos de movimientos tal como grietas en el concreto lanzado, asentamientos.
- Inspeccionar las paredes del vertedero para identificar algún movimiento

Mandato de la misión

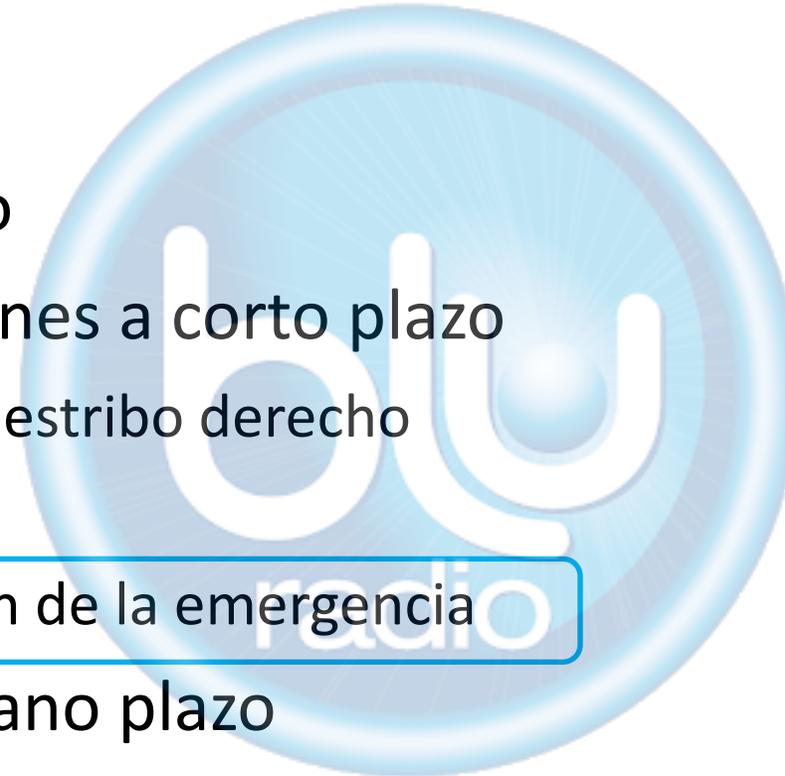
Cronología de la misión

Estado actual del proyecto

Hallazgos y recomendaciones a corto plazo

- Obras subterráneas y estribo derecho
- Presa y vertedero
- Organización y gestión de la emergencia

Recomendaciones a mediano plazo



Organización y gestión de la emergencia

- El manejo de la emergencia se caracteriza por reacción a situaciones puntuales y no por una visión global de la emergencia y la presa como sistema. Hace que no se anticipa las situaciones emergentes de manera proactiva;
- EPM transmite la información de monitoreo del deslizamiento en una forma que no es clara para que actores de emergencia puedan tomar decisiones y con cadenas de transmisión excesivamente complicadas. El monitoreo actual genera datos difíciles de entender y con alarmas falsas;
- Todos los actores de emergencia han tenido que depender por su información en EPM, sin poder contar con fuentes externas;
- El plan de emergencia de EPM no es adecuado. Plan de contingencias elaborado en mayo 2018, usando información ya equivocada (ej. supone que la GAD funcione);
- Las comunicaciones publicas de EPM no han dimensionado claramente el peligro a que esta expuesta la población después del deslizamiento;
- No se identifique una clara línea de gestión de la emergencia dentro de EPM – directores ausentes, liderazgo invisible. El hecho que los empleados suben información sobre peligros inminentes a las redes sociales (etiquetando a ministros) en lugar de subir la alerta por la cadena de mando sugiere que no confíen en los niveles superiores.

→ Recomendaciones:

- Reforzar el nivel directivo de EPM con un profesional en la gestión de crisis y hacer una evaluación completa del proyecto (project review) para detectar y anticipar cualquier debilidad o riesgo que no se ha expresado todavía.
- La comunicación de la información de monitoreo de la estabilidad de la montaña debería llegar en una forma entendible a personas no técnicas en tiempo real, para facilitar la pronta reacción, sin que sea necesaria pedir una interpretación de un experto. El monitoreo debería ser 24/7.
- Se debería incorporar en la emergencia un grupo de enlaces técnicos de alto nivel de los ministerios, para vigilar la calidad de las decisiones técnicas, la transmisión de información clave a los actores de emergencia y que las comunicaciones reflejen la realidad técnica.

→ Recomendaciones

- El plan de contingencias para rompimiento de presa de EPM debería ser evaluado por una agencia experta del gobierno (ej. UNGRD), y tal vez por una agencia experta internacional;
- Se requiere un panel de expertos independientes de EPM (no contratados) para comprobar que las decisiones técnicas sean las mas adecuadas, la evaluación del riesgo esté basada en fundamentos técnicos y las decisiones se tomen para priorizar la seguridad de la población encima de la reputación de EPM o el futuro del proyecto;
- EPM debería liderar la respuesta desde Ituango, no Medellín, con los altos directivos haciendo presencia en Ituango la mayoría de su tiempo. Su liderazgo de la emergencia debería ser evaluado en tiempo real por un actor con experiencia en evaluaciones en tiempo real en emergencias (ej. consultoría internacional).

→ Recomendamos hacer en los próximos días **una simulación** de una erosión que conduzca a la falla de la presa, con el fin de probar la cadena de comunicación del equipo de vigilancia de la presa a las personas responsables de la evacuación de los individuos aguas abajo.



Mandato de la misión

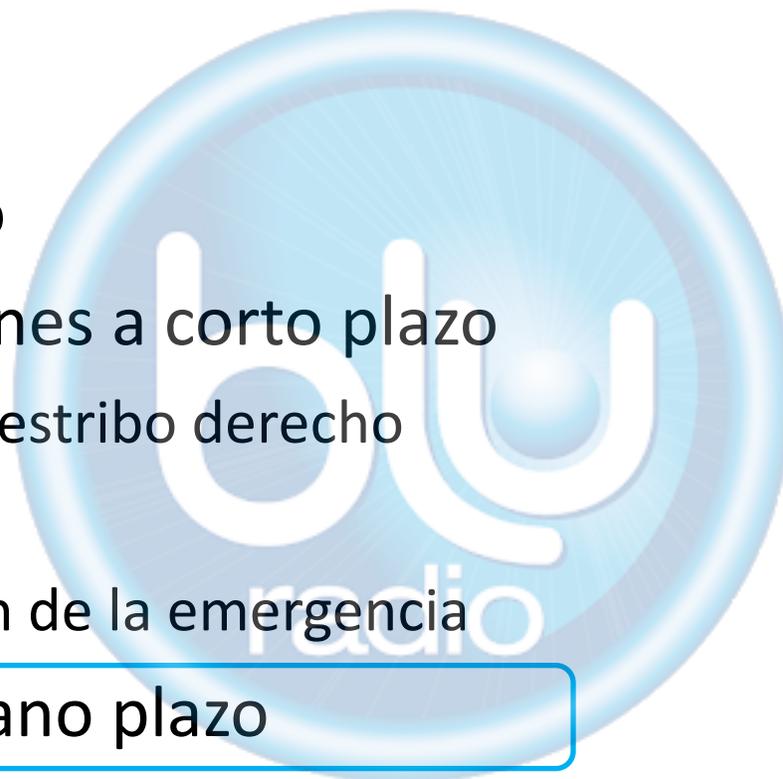
Cronología de la misión

Estado actual del proyecto

Hallazgos y recomendaciones a corto plazo

- Obras subterráneas y estribo derecho
- Presa y vertedero
- Organización y gestión de la emergencia

Recomendaciones a mediano plazo



A mediano plazo, el objetivo principal tiene que ser de **bajar de manera controlada el nivel del agua** en el embalse para :

- reducir el tamaño de cualquier ola producida por un deslizamiento
- reducir el riesgo de desbloqueo repentino del túnel derecho o de la GAD
- reducir la presión en el estribo derecho



- ➔ Se recomienda que el gobierno contrata, a cargo de EPM, consultorías especializadas independientes para conducir estudios técnicos para :
- modelar las olas y determinar el nivel final del embalse (hasta que el riesgo de deslizamiento y ola se haya pasado)
 - bajar de manera controlada el nivel del embalse, por ejemplo con pozos y túneles abiertos con el método de “lake tapping”
 - prevenir el desbloqueo repentino del túnel derecho, reducir el caudal de filtraciones y luego construir un tapón de concreto definitivo en este túnel
 - acceder y cerrar definitivamente la GAD

Recomendaciones a mediano plazo

- ➔ Evaluar y auditar cualquier presa que esta siendo (o ha sido) construido por EPM, sus socios y contratistas, a la luz de este evento, para asegurar que los problemas de diseño y ejecución identificados en este caso no hayan sido reproducidos en otras obras;
- ➔ Elaborar un plan nacional de contingencias en caso de rompimiento de presas, recogiendo las lecciones aprendidas de todas las instituciones involucradas en esta emergencia;
- ➔ Elaborar videos informativos para comunidades sobre rompimiento de presas, para que puedan entender la situación, las incertidumbres, evacuaciones etc, y cooperar mas con las alertas y directrices de evacuación. Difundir a través de redes sociales;
- ➔ A mas largo plazo organizar un grupo experto independiente del gobierno que cumpla el rol de asesor experto al estado sobre obras de presa (modelo CFBR de Francia).

ONU 
medio ambiente

Programa de las Naciones
Unidas para el Medio Ambiente



European Union Civil
Protection Mechanism



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC**

Gracias

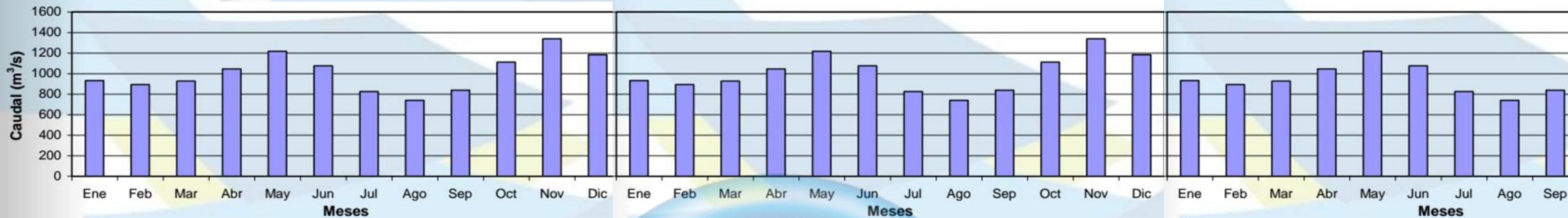
Dan Stothart / Oficial de Asuntos Humanitarios / Oficina para América Latina y el Caribe
Calle Alberto Tejada 103, Ciudad de Panamá, Panamá
Teléfono: +507 305 3100
dan.stothart@un.org

www.unep.org

Secuencia de actividad que permitiría salir de la situación de emergencia



Variación del caudal medio mensual a lo largo del año



Presa		
Relleno prioritario	Aguas arriba	Aguas abajo
Vertedero		
Pantalla impermeable	Contrato / transp.	realización ?
Montaña		
Bajar nivel del embalse	estudios	realización ?
Casa máquinas	? ?	
Túneles desvío	? ?	
GAD	? ?	