

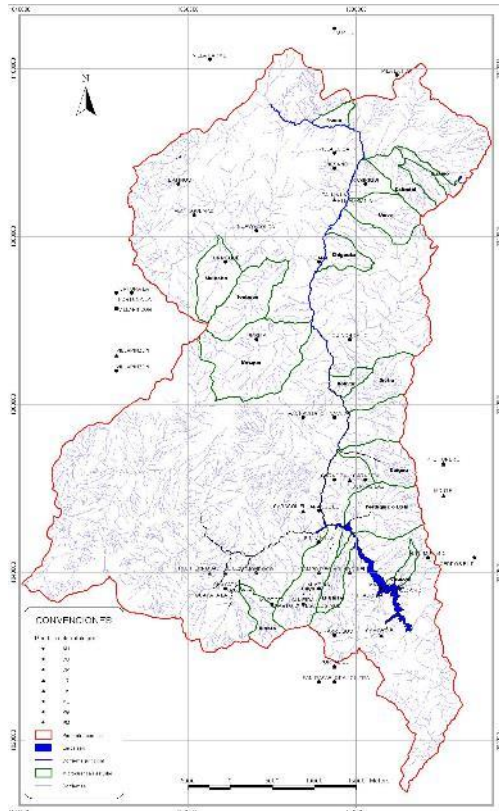
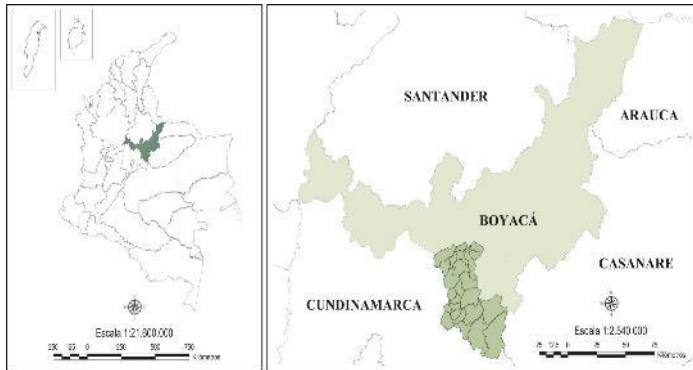
Gestión de Sedimentos AES CHIVOR

**1er Taller de Gestion de Sedimentos
en Embalses en Colombia**
Mayo 27 y 28 de 2015

1. Contexto
 - a. Localización General
 - b. Caracterización de la Cuenca
 - c. Comportamiento Sedimentológico
2. Gestión de Sedimentos – embalse La Esmeralda
 - a. Estudio preliminar de alternativas de manejo de sedimentos
 - b. Muestreo y caracterización física de Sedimentos
 - c. Panel de Expertos – Consenso y Plan de Acción
 - d. Efecto de Sedimentos en Turbinas Pelton – *Universidad de Los Andes*
3. Resultados y Conclusiones

1. Contexto
 - a. Localización General
 - b. Caracterización de la Cuenca
 - c. Comportamiento Sedimentológico
2. Gestión de Sedimentos – embalse La Esmeralda
 - a. Estudio preliminar de alternativas de manejo de sedimentos
 - b. Muestreo y caracterización física de Sedimentos
 - c. Panel de Expertos – Consenso y Plan de Acción
 - d. Efecto de Sedimentos en Turbinas Pelton – Universidad de Los Andes
3. Resultados y Conclusiones

» AES CHIVOR – Localización



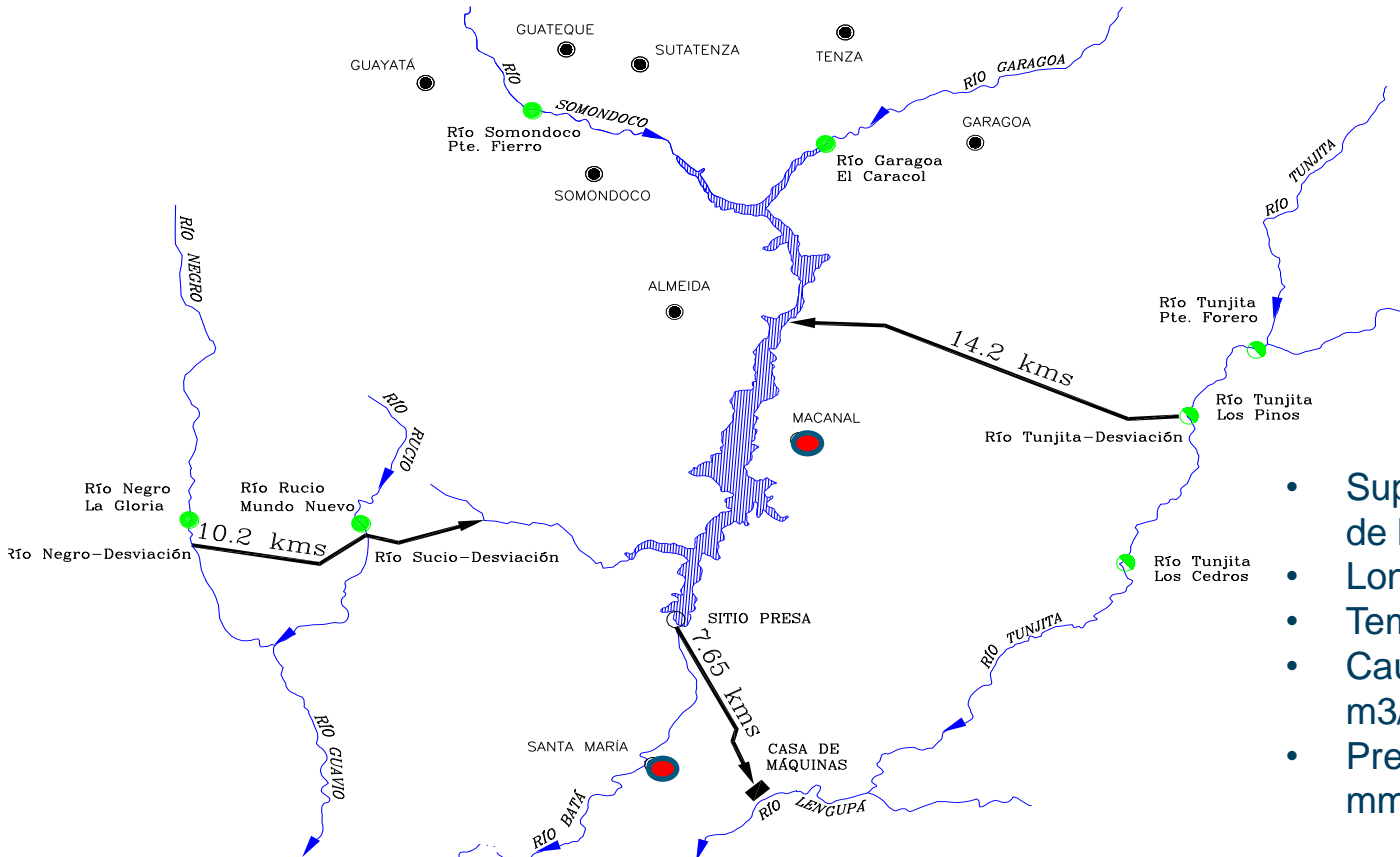
Numero de Unidades	8 x 125 MW c/u turbina tipo Pelton
Generación Promedio año	4,064 GWh/año (2005 - 2014)
Capacidad Instalada	1000 MW
Volumen Total del Embalse (1978)	758 Mm3
Volumen del Embalse (2012)	583 Mm3
Presa Alta/Tipo	237 m. Enrocado con nucleo de arcilla
Rios Tributarios	Somondoco y Garogoa
Desviaciones	Rios Tunjita, Negro y Rucio
Coducciones	2 x 8 km cada uno
Subestación (ISA)	6 circuitos - 230 kV 1 circuito - 115 kV



» Caracterización Cuenca

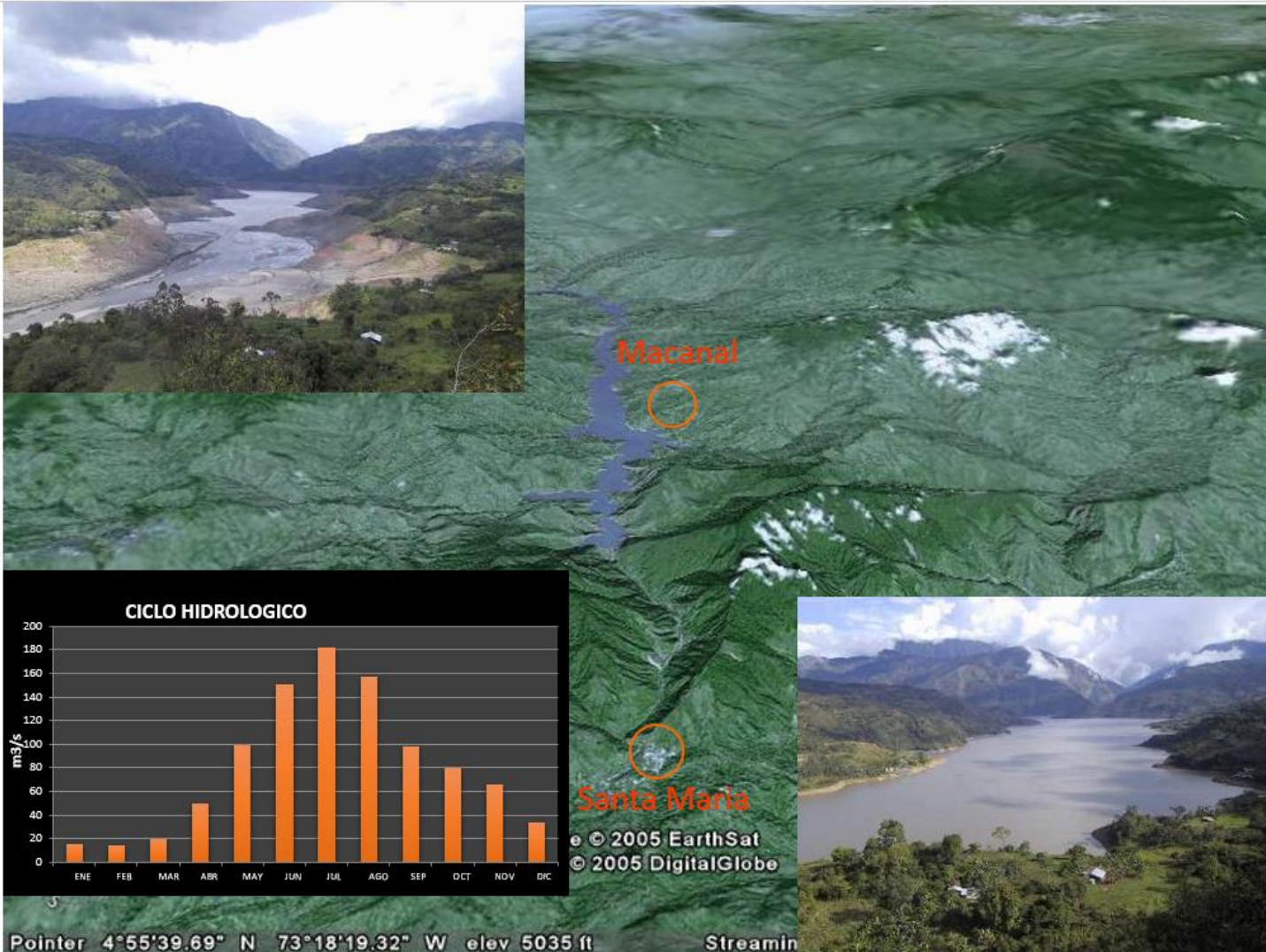
- Sur del departamento de Boyacá, a 160Km de la ciudad de Bogotá.
- Localizada en el borde de la Cordillera Oriental
- Forma parte de la cuenca del Orinoco a través de los ríos Upía y Meta

- Proyecto perteneciente al régimen de transición ley 99.
- Cuenta con PMA aprobado por la autoridad ambiental.

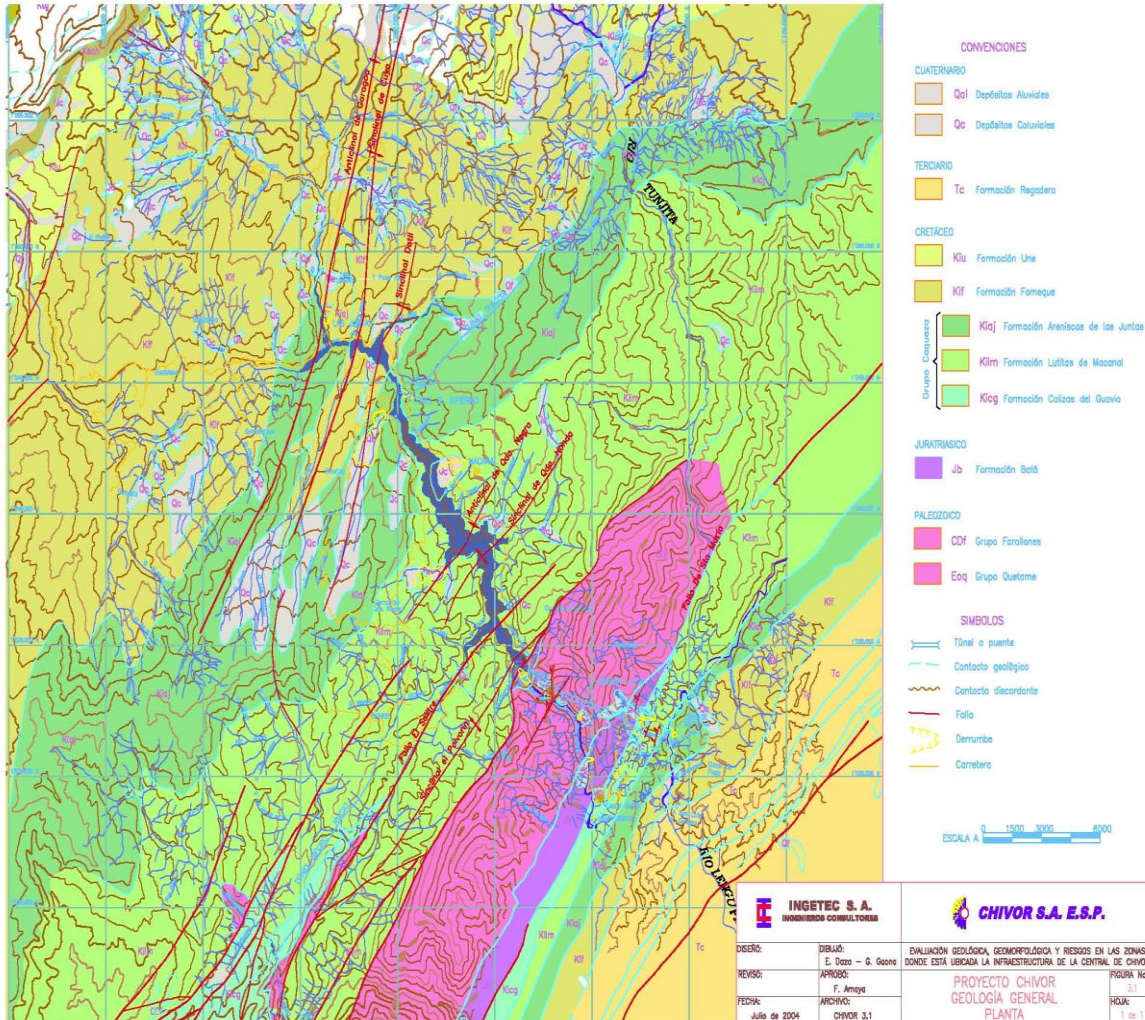


- Superficie: 2.420 Km² (30.2% de la cuenca del río Upía)
- Longitud de remanso: 22 km
- Temperatura: 18°C a 24°C
- Caudal Medio Multianual: 79,8 m³/s
- Precipitación media anual: 2.083 mm

» Caracterización Cuenca



» Caracterización Cuenca



- Características geológicas y geomorfológicas: Rocas sedimentarias, con procesos morfodinámicos como erosión, movimientos en masa y dinámica fluvial. Estos son geoindicadores de transporte y sedimentación (Ingeominas 1997).
- 21% del área de la cuenca en áreas conservadas (POMCA del río Garagoa)

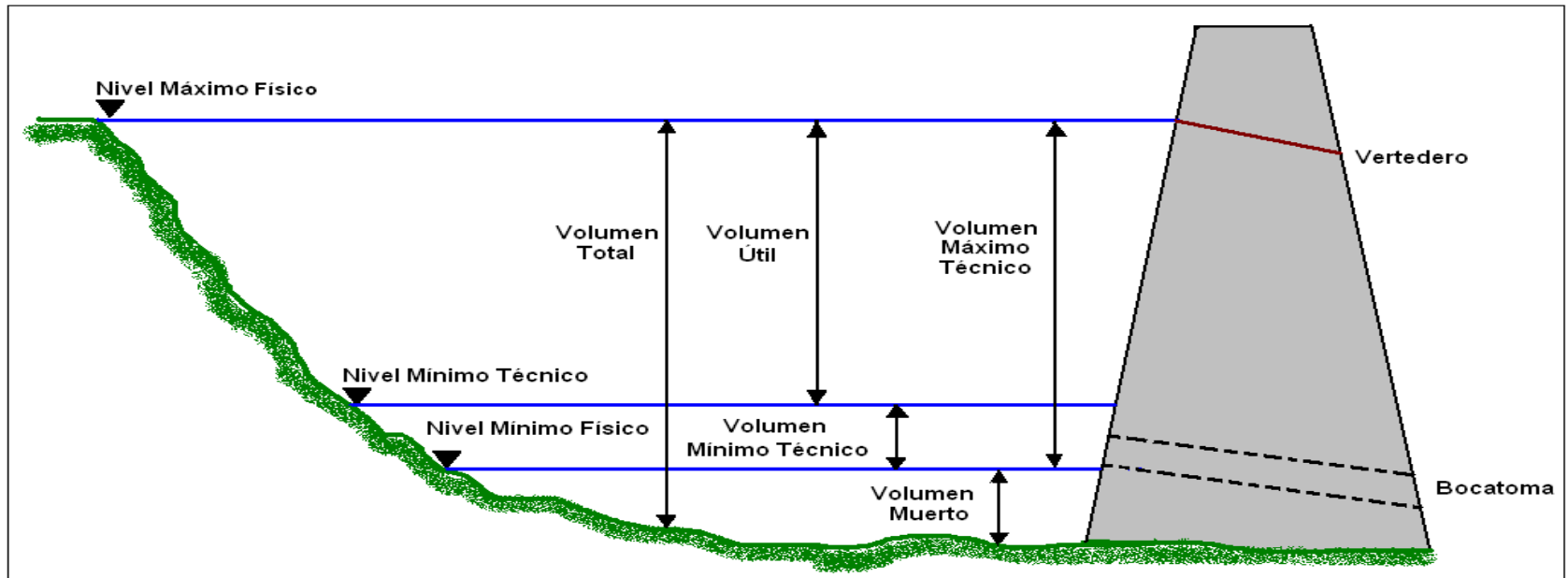
1. Contexto

- a. Localización General
- b. Caracterización de la Cuenca
- c. **Comportamiento Sedimentológico**

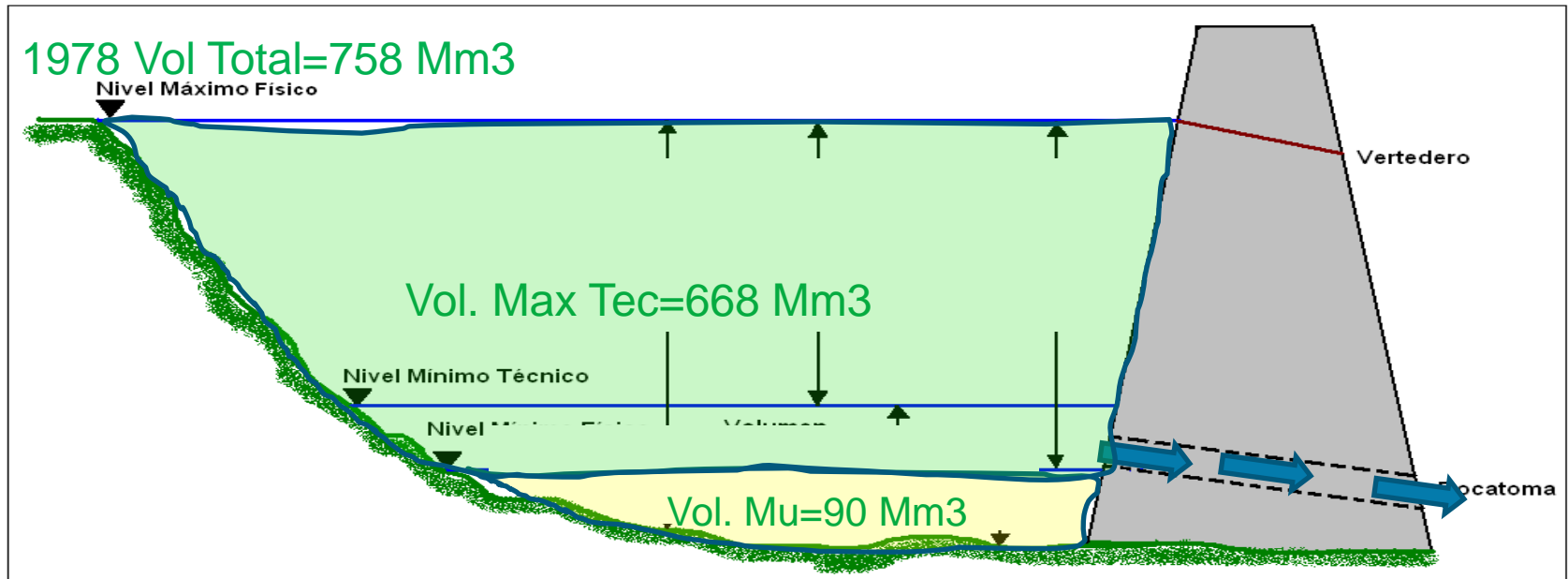
2. Gestión de Sedimentos – embalse La Esmeralda

- a. Estudio preliminar de alternativas de manejo de sedimentos
- b. Muestreo y caracterización física de Sedimentos
- c. Panel de Expertos – Consenso y Plan de Acción
- d. Efecto de Sedimentos en Turbinas Pelton – Universidad de Los Andes

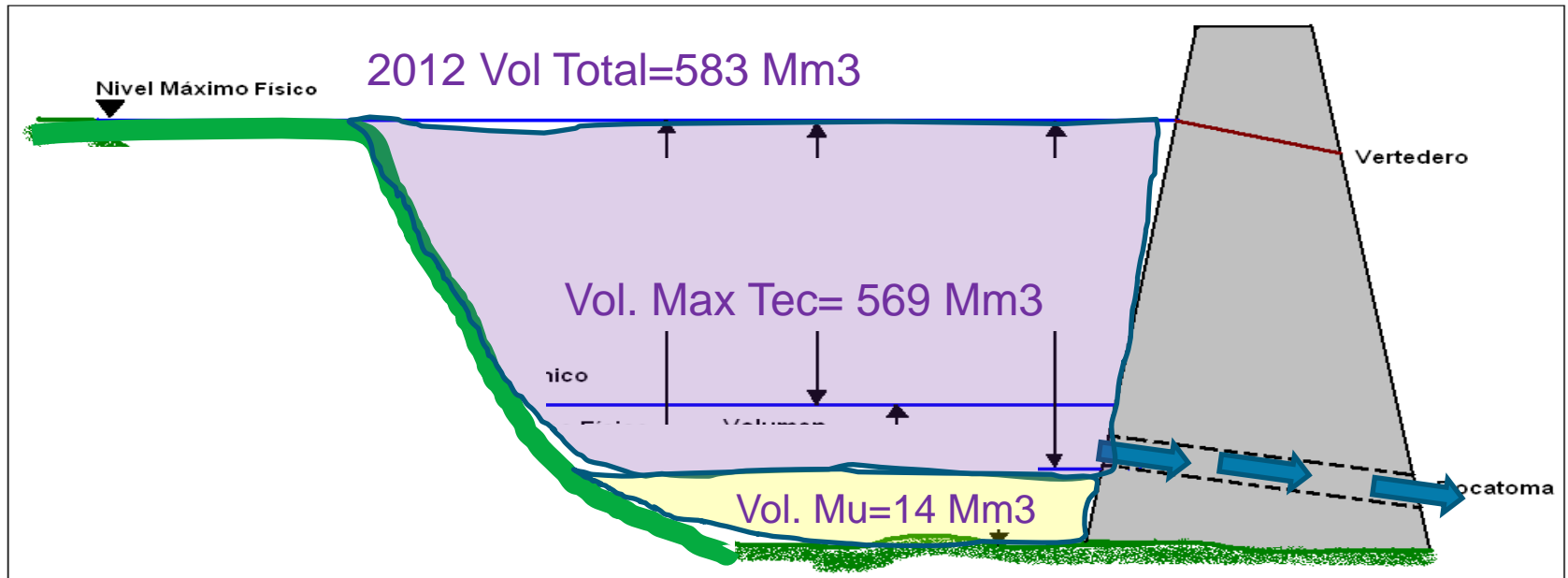
3. Resultados y Conclusiones



Embalse La Esmeralda - CHIVOR			
Niveles de Referencia (msnm)		2010	2012
Mínimo Físico	N_{MIF}	1180,00	
Mínimo Técnico	N_{MIT}	1190,00	
Máximo Físico de Operación	N_{MAFo}	1277,00	
Volúmenes Característicos (hm ³)		2010	2012
Volumen Muerto	V_{MUERTO}	14,56	13,99
Volumen Mínimo Técnico	V_{MIT}	20,68	20,83
Volumen Útil	V_U	548,96	548,19
Volumen Máximo Técnico	V_{MAT}	569,64	569,02
Volumen Total	V_T	584,20	583,01



Embalse La Esmeralda - CHIVOR			
Niveles de Referencia (msnm)		2010	2012
Mínimo Físico	N_{MIF}	1180,00	
Mínimo Técnico	N_{MIT}	1190,00	
Máximo Físico de Operación	N_{MAFo}	1277,00	
Volúmenes Característicos (hm ³)		2010	2012
Volumen Muerto	V_{MUERTO}	14,56	13,99
Volumen Mínimo Técnico	V_{MIT}	20,68	20,83
Volumen Útil	V_U	548,96	548,19
Volumen Máximo Técnico	V_{MAT}	569,64	569,02
Volumen Total	V_T	584,20	583,01

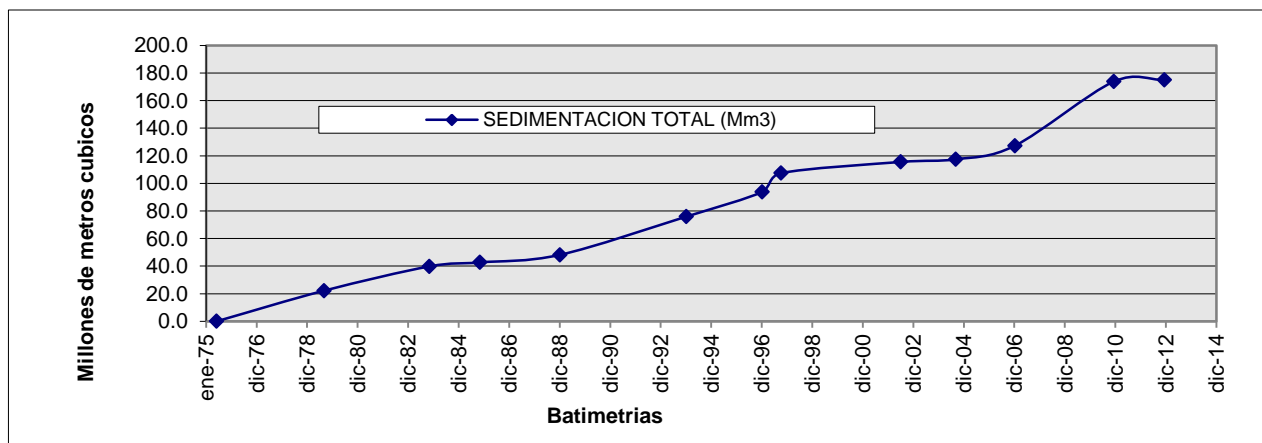


Embalse La Esmeralda - CHIVOR			
Niveles de Referencia (msnm)		2010	2012
Mínimo Físico	N_{MIF}	1180,00	
Mínimo Técnico	N_{MIT}	1190,00	
Máximo Físico de Operación	N_{MAFo}	1277,00	
Volúmenes Característicos (hm ³)		2010	2012
Volumen Muerto	V_{MUERTO}	14,56	13,99
Volumen Mínimo Técnico	V_{MIT}	20,68	20,83
Volumen Útil	V_U	548,96	548,19
Volumen Máximo Técnico	V_{MAT}	569,64	569,02
Volumen Total	V_T	584,20	583,01

EMBALSE LA ESMERALDA - CENTRAL HIDROELECTRICA DE CHIVOR

PROCESO DE SEDIMENTACION EN EL PERIODO 1975 - 2012

	FECHA DEL LEVANTAMIENTO	NIVEL MEDIO DEL EMBALSE (msnm)	AREA CUBIERTA (Has.)	EMBALSAMIENTO (Años)	CAPACIDAD TOTAL A LA COTA 1277 msnm (Mm ³)	SEDIMENTACION TOTAL (Mm ³)	SEDIMENTACION TOTAL ANUAL PROMEDIO (Mm ³)	SEDIMENTACION TOTAL EMBALSE MUERTO (Mm ³)	SEDIMENTACION PROMEDIO ANUAL EMBALSE MUERTO (Mm ³)	VOLUMEN EMBALSE MUERTO POR COLMATAR (Mm ³)
1	jun-75	1.277,00	1.228	0,0	758,0	0,0	2,6	0,0	1,8	90,0
2	sep-79	1.271,00	1.144	4,3	735,8	22,2	5,2	14,4	3,4	75,6
3	nov-83	1.257,00	949	8,3	718,2	39,8	4,8	20,6	2,5	69,4
4	nov-85	1.274,00	1.180	10,3	715,3	42,7	4,1	23,6	2,3	66,4
5	ene-89	1.271,00	1.135	13,6	709,8	48,2	3,5	25,9	1,9	64,1
6	dic-93	1.277,00	1.228	18,5	682,1	75,9	4,1	37,5	2,0	52,5
7	dic-96	1.271,45	1.141	21,5	664,2	93,8	4,4	43,6	2,0	46,4
8	oct-97	1.270,00	1.134	22,4	650,6	107,4	4,8	53,5	2,4	36,5
9	jun-02	1.277,00	1.237	27,0	642,5	115,5	4,3	58,9	2,2	31,1
10	sep-04	1.273,29	1.176	29,25	640,6	117,5	4,0	60,6	2,1	29,4
11	ene-07	1.270,00	1.176	31,58	630,7	127,3	4,0	63,3	2,0	26,7
12	dic-10	1.277,00	1.206	35,53	584,2	173,8	4,9	75,4	2,1	14,6
13	dic-12	1.277,00	1.186	37,53	583,0	175,0	4,7	76,0	2,0	14,0

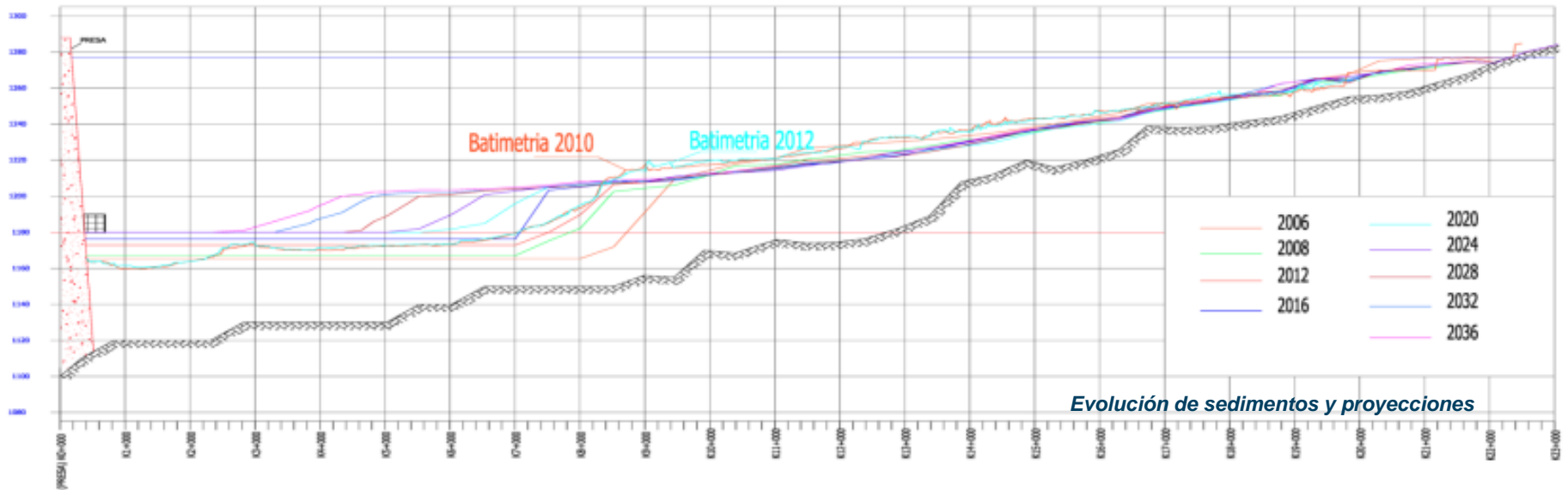


Estos sedimentos ponen en riesgo las operaciones de generación hidroeléctrica bajo operaciones óptimas por diversas razones entre las que enumeramos las siguientes:

1. Desgaste abrasivo de los sistemas de generación (turbinas, boquillas, agujas, etc) debido a la carga sedimentaria de los afluentes que ingresan a la presa para su operación.
2. Obstrucción parcial o total de las bocatomas recolectoras de afluentes por arenas y sedimentos.
3. Disminución en la capacidad de almacenamiento de recurso hídrico en el embalse por acumulación de sedimentos en el fondo del reservorio.

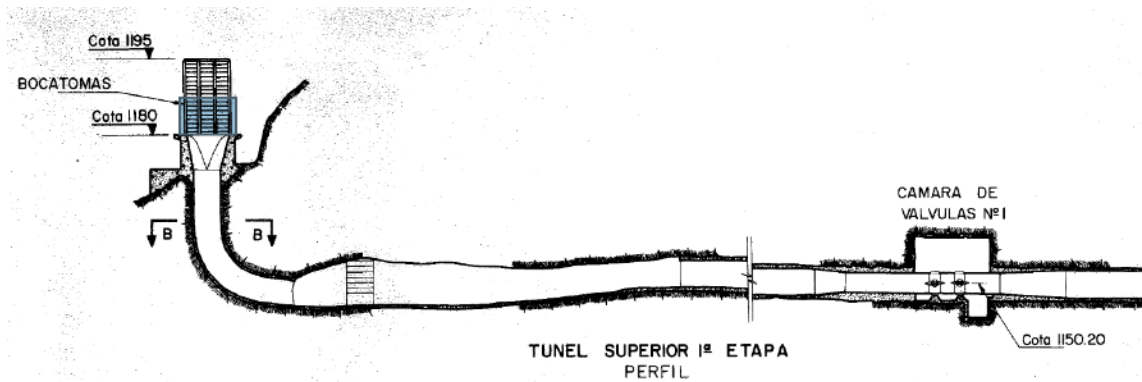
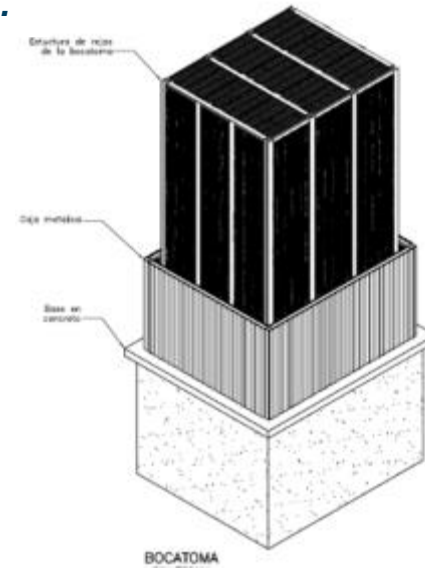
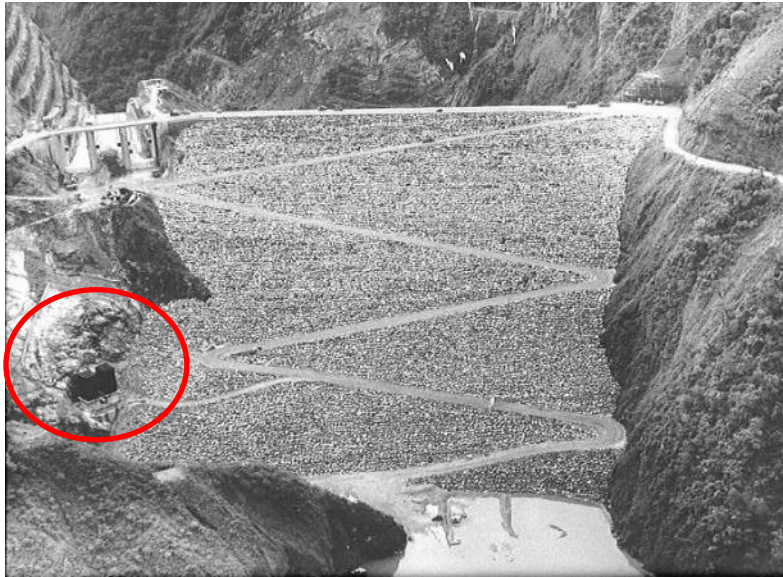


1. Contexto
 - a. Localización General
 - b. Caracterización de la Cuenca
 - c. Comportamiento Sedimentológico
2. Gestión de Sedimentos – embalse La Esmeralda
 - a. Estudio preliminar de alternativas de manejo de sedimentos
 - b. Muestreo y caracterización física de Sedimentos
 - c. Panel de Expertos – Consenso y Plan de Acción
 - d. Efecto de Sedimentos en Turbinas Pelton – Universidad de Los Andes
3. Resultados y Conclusiones



- Las alternativas evaluadas fueron:
 - i. No hacer gestión alguna de sedimentos
 - ii. La construcción de diques de río arriba para retener sedimentos.
 - iii. Operación de las desviaciones orientadas a reducir el aporte de sedimentos al embalse.
 - iv. Transito de sedimentos afluentes al embalse.
 - v. Remoción mecánica de sedimentos
 - vi. Mejorar los suelos y la reforestación de la cuenca.
 - vii. Adaptar las obras (modificar túneles y las tomas).

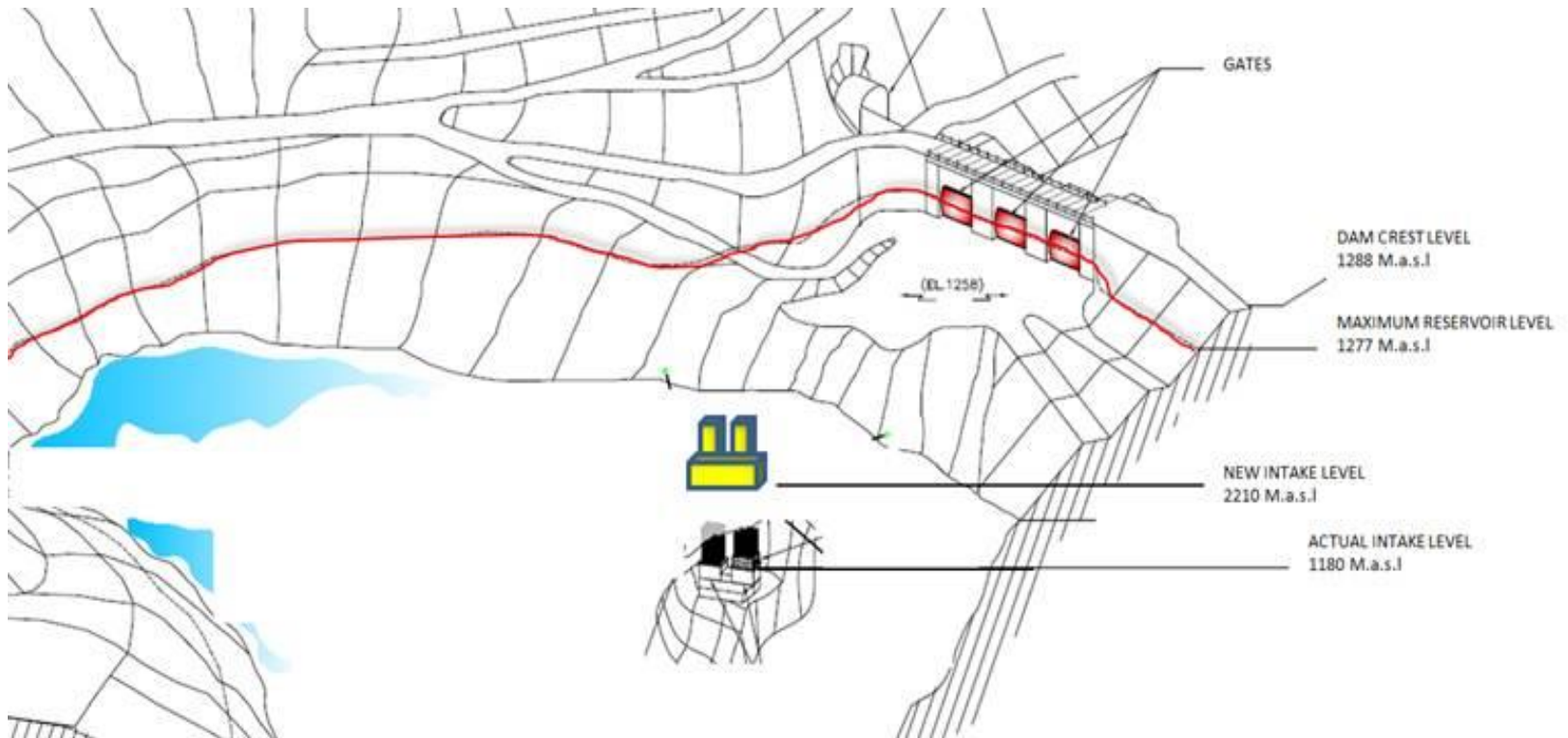
vii. Adaptar las obras (modificar túneles y las tomas).



» 2a. Perfiles y Alternativas de manejo

vii. Adaptar las obras (modificar túneles y las tomas) Fase 2.

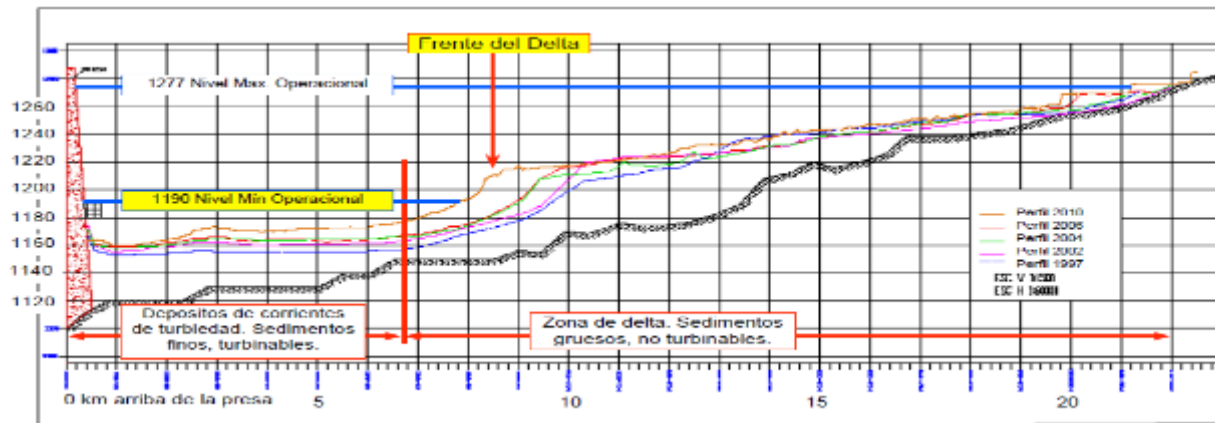
- Construcción de una nueva toma: se analizó con umbral en la cota 1220 msnm (realce de 40 m).



1. Contexto
 - a. Localización General
 - b. Caracterización de la Cuenca
 - c. Comportamiento Sedimentológico
2. Gestión de Sedimentos – embalse La Esmeralda
 - a. Estudio preliminar de alternativas de manejo de sedimentos
 - b. Muestreo y caracterización física de Sedimentos
 - c. Panel de Expertos – Consenso y Plan de Acción
 - d. Efecto de Sedimentos en Turbinas Pelton – Universidad de Los Andes
3. Resultados y Conclusiones

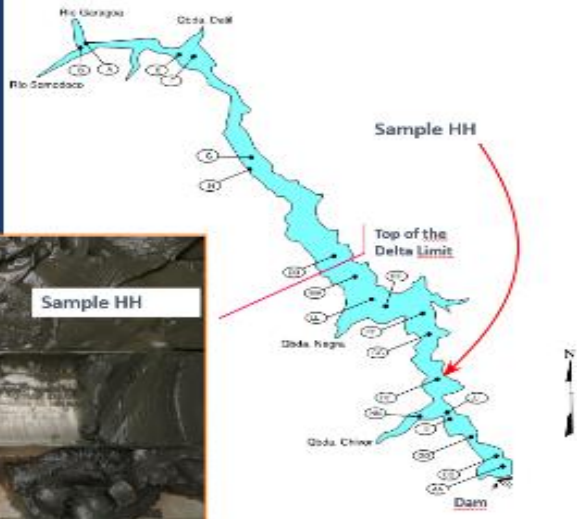
» Muestreo y caracterización física de Sedimentos

- Monitoreo de la granulometría y la toma de muestras mediante equipos Vibracore – 2013
- Sedimento fino (muy poca arena) en los primeros 7 km de la represa.

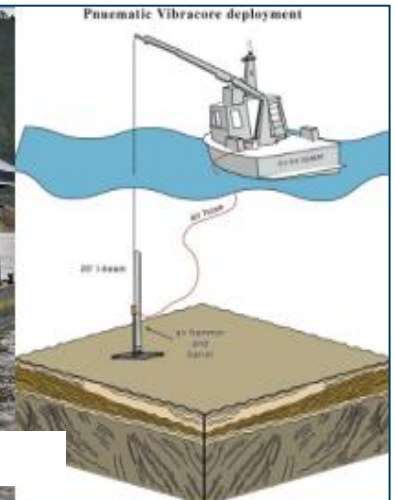


Fuente: Muestreo Sedimentos 2013- Embalse La Esmeralda. GLM INGENIEROS.

Sample Sites
June 2013



Toma Muestras – Junio 2013



1. Contexto
 - a. Localización General
 - b. Caracterización de la Cuenca
 - c. Comportamiento Sedimentológico
2. Gestión de Sedimentos – embalse La Esmeralda
 - a. Estudio preliminar de alternativas de manejo de sedimentos
 - b. Muestreo y caracterización física de Sedimentos
 - c. Panel de Expertos – Consenso y Plan de Acción
 - d. Efecto de Sedimentos en Turbinas Pelton – Universidad de Los Andes
3. Resultados y Conclusiones

» Panel Expertos Evaluación de Riesgos

1. Evaluación de los diferentes niveles de riesgo

a. Riesgos de acuerdo a la última batimetría:

- Exposición a pérdida acelerada del volumen útil
- Aumento gradual de concentración de sedimentos turbinados
- Crecimiento continuo del delta de arena

b. Riesgo de fallo operativo (parada de días en la operación por los sedimentos)

- **Alto**, se puede presentar una situación similar a la de 2004 que implique detener la Central por algún periodo.



Panel de Expertos – Julio 2014.

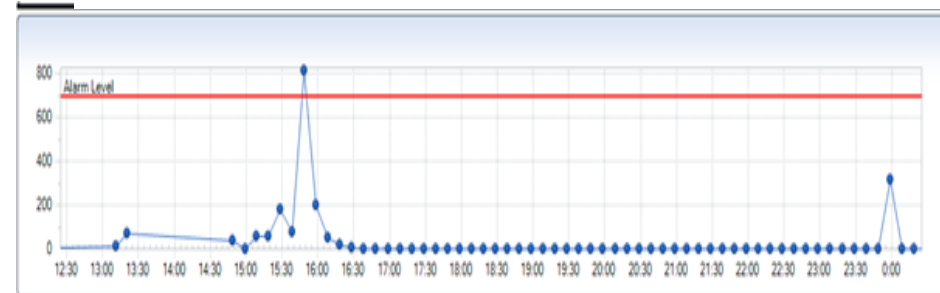
» Panel Expertos Evaluación de Riesgos

- Plan de Accion (para riesgo fallo operativo):
 - ✓ Aplicar la consigna operativa actual (monitoreo continuo de concentraciones, eventual cierre de válvulas y esperar que la situacion se normalice – disminucion de concentraciones).
 - ✓ Instalación de un sistema automático de medición de sedimentos ubicado en la cámara de válvulas (Marzo 2014)



I. Equipo instalado en la cámara de válvulas del embalse La Esmeralda que toma muestras aleatorias del agua que está entrado a las bocatomas

II. Reporte al SCADA de los niveles de concentración en partículas por millón (ppm) y los niveles de alarma.



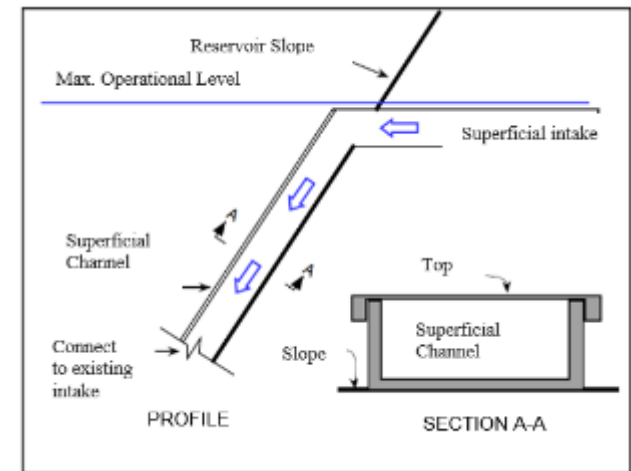
» Panel Expertos

Evaluación de Riesgos - PMS

- c. Riesgo de colapso operativo (parada de varios meses o años por los sedimentos)
- **Actual: Bajo**
- **Mediano Plazo: Alto** (de no ejecutar el Plan de Manejo de Sedimentos PMS)

2. Establecer una estrategia de manejo a mediano y largo plazo (PMS) relacionado con:

- a. *Implementar estaciones de aforo con instrumentación que permita monitoreo en línea de los sedimentos que ingresan a las conducciones*
- b. *Rediseño de una Bocatoma multi-nivel*
- c. *Evaluación de estrategias de gestión y tránsito de sedimentos*
 - a. NOTA: Evaluación del marco regulatorio para la gestión de sedimentos.



I. Esquema de la modificación de la estructura de la toma para convertirla en una toma superficial

1. Contexto
 - a. Localización General
 - b. Caracterización de la Cuenca
 - c. Comportamiento Sedimentológico
2. Gestión de Sedimentos – embalse La Esmeralda
 - a. Estudio preliminar de alternativas de manejo de sedimentos
 - b. Muestreo y caracterización física de Sedimentos
 - c. Panel de Expertos – Consenso y Plan de Acción
 - d. Efecto de Sedimentos en Turbinas Pelton – Universidad de Los Andes
3. Resultados y Conclusiones

PRESENTACION UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

1. Contexto
 - a. Localización General
 - b. Caracterización de la Cuenca
 - c. Comportamiento Sedimentológico
2. Gestión de Sedimentos – embalse La Esmeralda
 - a. Estudio preliminar de alternativas de manejo de sedimentos
 - b. Muestreo y caracterización física de Sedimentos
 - c. Panel de Expertos – Consenso y Plan de Acción
 - d. Efecto de Sedimentos en Turbinas Pelton – Universidad de Los Andes
3. Resultados y Conclusiones

1. Se requiere realizar **procesos de medición para gestionar los sedimentos**, que provean información para la toma de decisiones y para la generación de modelos tanto de la sedimentación existente como del transporte de éstos desde los diferentes afluentes, con el fin de establecer planes que permitan manejar adecuadamente los recursos para la generación de energía.
2. Con el rediseño de bocatomas multinivel y ejecutando las obras civiles identificadas, se estima ampliar la vida útil del aprovechamiento. Sin embargo, sin una gestión de sedimentos acumulados en el embalse, y de seguir la tendencia actual con la **pérdida de 5 Mm³/año**, el embalse La Esmeralda habría perdido la totalidad de su capacidad en el largo plazo.
3. Con la **modificación de la bocatoma** o con una solución estructural que provea un comportamiento hidráulico similar, se **retrasa la entrada de arenas** y otros materiales perjudiciales para los equipos mecánicos y las conducciones sin embargo los sedimentos se siguen acumulando.
4. La implantación de estrategias técnicamente viables de manejo de sedimentos sumado a un **marco regulatorio adecuado**, permitiría hacer sostenible el uso de un embalse como el de Chivor en el muy largo plazo. (Balance entre lo que entra y lo que sale).

END OF PRESENTATION