



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE
MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Asociación
Colombiana
de Ingenieros

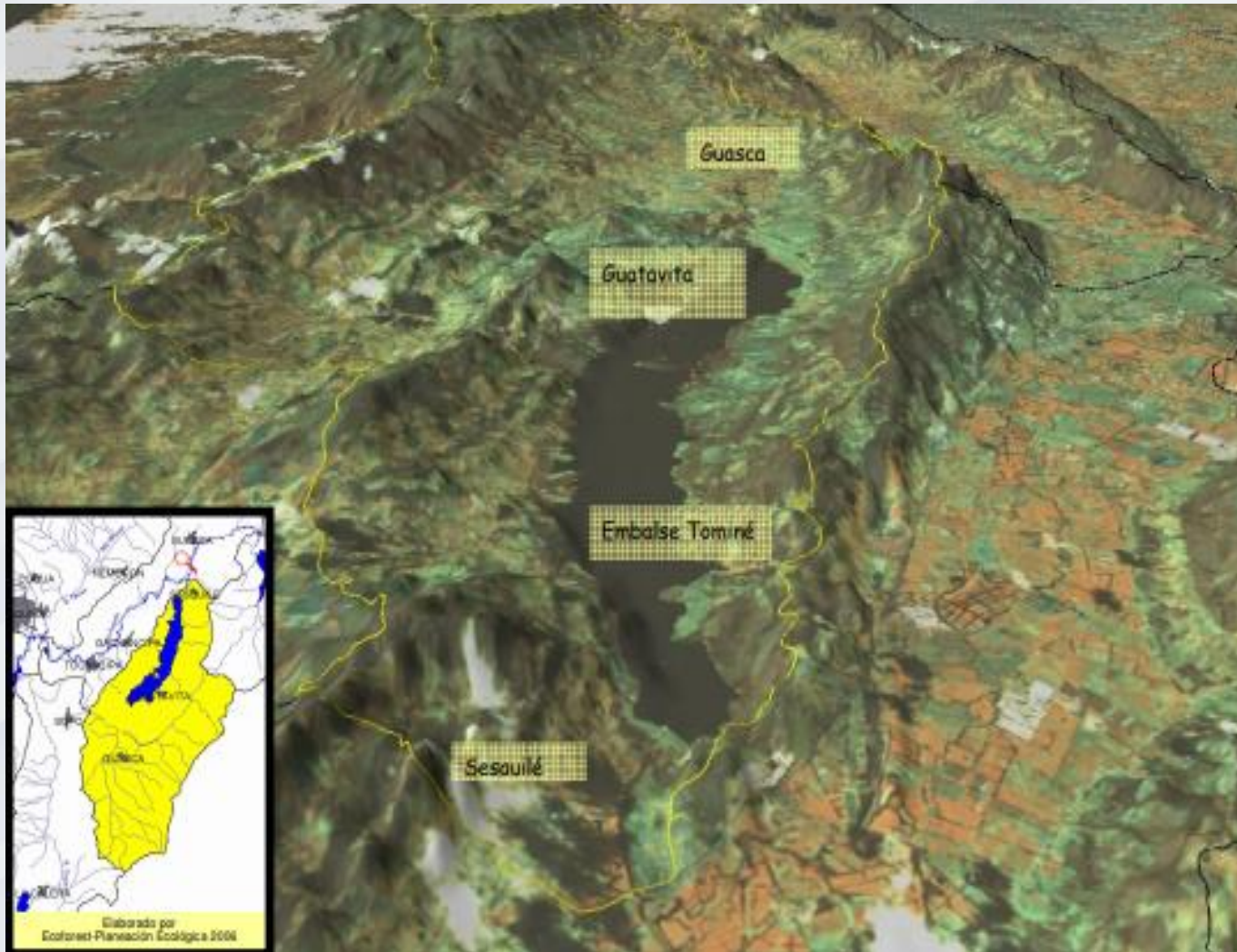
GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CIVIL DE LA PRESA DEL EMBALSE TOMINÉ

Hernán Cortés – Faindry Rojas





1. UBICACIÓN



1

Propietario



Grupo Energía Bogotá

2

Ubicación



65km de Bogotá

3

Construcción



1960-1962

4

Volumen y extensión

690MM - 18km - 4km



2. FUNCIONES



REGULACIÓN HÍDRICA

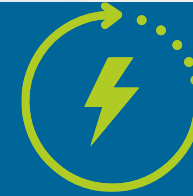
Provisión de agua a los municipios



del suministro de
agua potable

para Bogotá, Gachancipá, Cajicá, Chía, Soacha, Funza, Mosquera, Madrid, viene de la Planta de Tibitoc. El embalse de Tominé y otros embalses la surten de agua.

- Distrito de riego
- Usos Agropecuarios
- Control de crecientes cuenca Río Bogotá



GENERACIÓN DE ENERGÍA

El agua que aporta Tominé permite que Enel Colombia genere el 9.9% de energía.

9.9000 ha

Oferta de Bienes y Servicios de tierra firme para recreación, contemplación y suministro de servicios ecosistémicos.

9.9000 ha

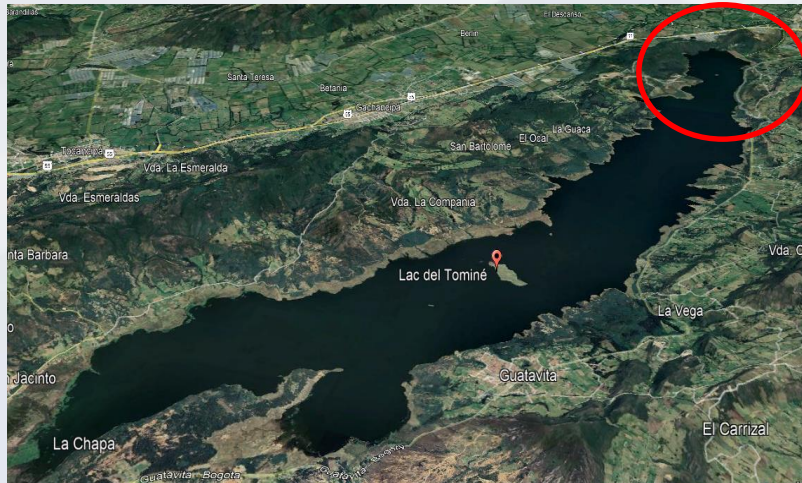
de espejo agua con buena calidad



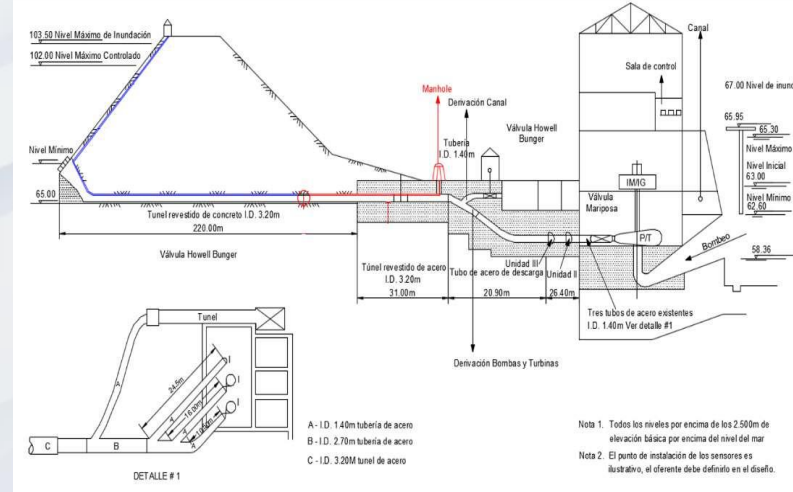
3. AGREGADO NORTE



4. CONTEXTO TÉCNICO



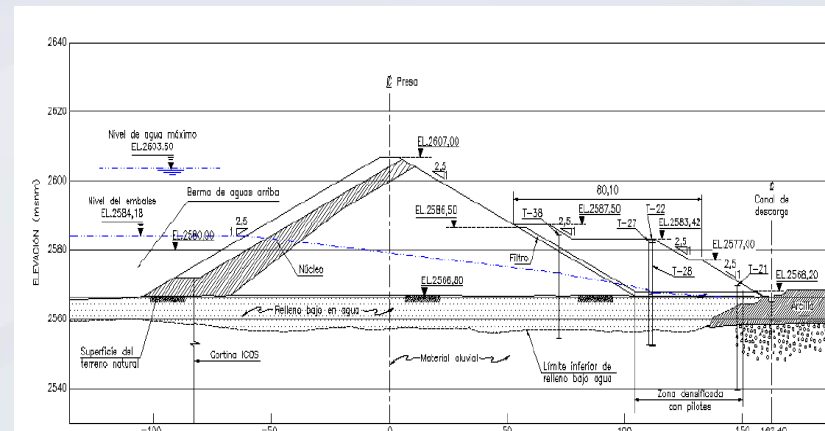
Vista General del embalse



Conjunto de sistema de Bombeo



Esquema General de la presa de Tomine



MANTENIMIENTO MECANICO

- Bombas
- Válvulas de conducción
- Compuertas
- Equipos eléctricos

ESTANDAR DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y/O PREVENTIVO

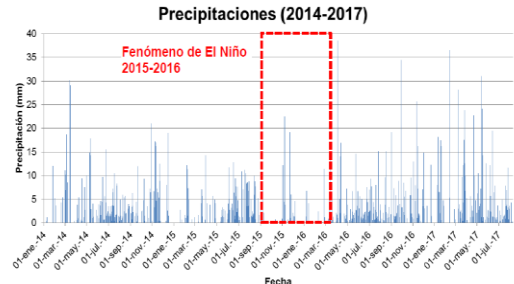
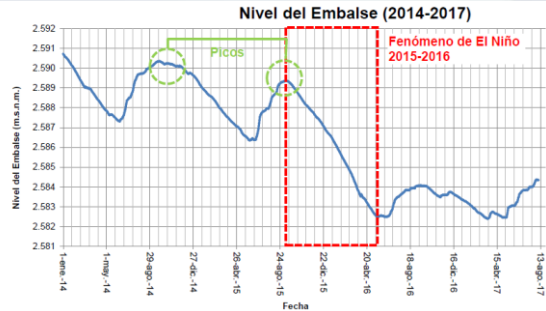


MANTENIMIENTO CIVIL

- Control de erosiones
- Lectura de instrumentos
- Obras de control y protección

ESTANDAR DE MANTENIMIENTO PREVENTIVOS Y/O CORRECTIVOS

4. CONTEXTO TÉCNICO



Datos hidrológicos gobiernan el desempeño y funcionamiento de los embalses

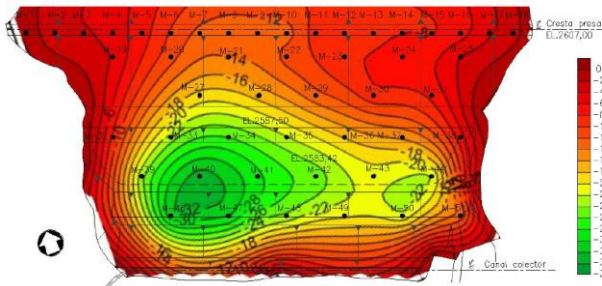


Figura 6-1 Isocontornos de Asentamientos en cm de los mojons ubicados en la presa hasta el año 2017

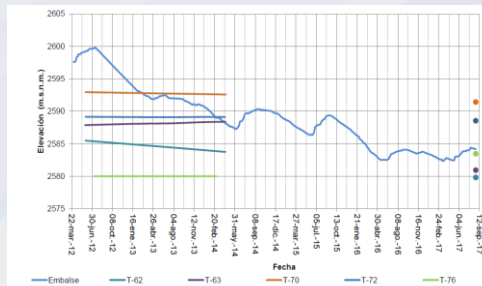


Figura 4-4 Variación del nivel piezométrico de los piezómetros típicos del dique

POST CONSTRUCCION

- Mantenimiento basado en condicion
- No se consideraban renovaciones

1962 - 2000



ENVEJECIMIENTO DE ACTIVOS

- Rehabilitacion de equipos
- Deterioro de infraestructura civil y/o mecanica

2000 - 2015



GESTION DE ACTIVOS

- RCM. Mtto predictivos - preventivos
- ISO 55001 - Nuevas tecnologias

2016 - 2020



IMPLEMENTACION

- Planes de seguridad (Evaluacion riesgos)
- Criticidad de activos - planes de renovacion

2020



INSTRUMENTACION - INSPECCIONES

- Generar planes de mantenimiento
- Análisis financieros de proyectos de mantenimiento
- Confiabilidad de los componentes - Plan de seguridad

5. CRITICIDAD

“Activo que tiene potencial de impactar significativamente en el logro de los objetivos y/o las relaciones costo/beneficio del mantenimiento ” “Los activos pueden ser críticos desde el punto de vista de la seguridad, del ambiente o del desempeño y pueden relacionarse a requisitos legales, regulatorios o estatutarios.”

- Reducción en ingresos
- Costos Reparación / Reposición (Mantenimiento)

Financiero

Operación

- Desabastecimiento de agua
- Impacto en generación

- Seguridad de personas e industrias.
- Riesgo de catástrofe

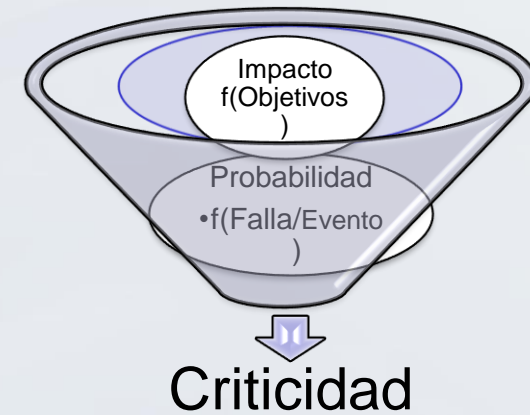
Personas

Ambiental

- Impactos al Ambiente.
- Impactos en el régimen hídrico

- Impactos actores sociales o reputacionales

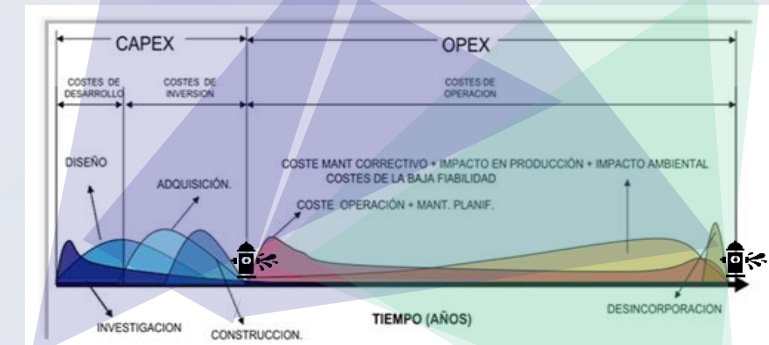
Social-Reputación



$$\text{Índice Criticidad} = \frac{\sum_{i=1}^5 \text{Impacto}_i * \text{Peso}_i}{5}$$

$$\text{Índice de Criticidad} = \frac{\sum \left(\begin{array}{l} \text{Impacto Financiero} \\ \text{Impacto en la Operación} \\ \text{Impacto en las Personas} \\ \text{Impacto Ambiental} \\ \text{Impacto (Social - Reputación)} \end{array} \right)}{\text{N}^\circ \text{ de variables}}$$

		1	2	3	4	5
Muy alta						Muy alto
Alta					Alto	
Medio			Moderado			
Baja		Bajo				
Muy baja						
		1	2	3	4	5
		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto



Fuente: <https://rms.com.co/servicio-de-confiabilidad/>

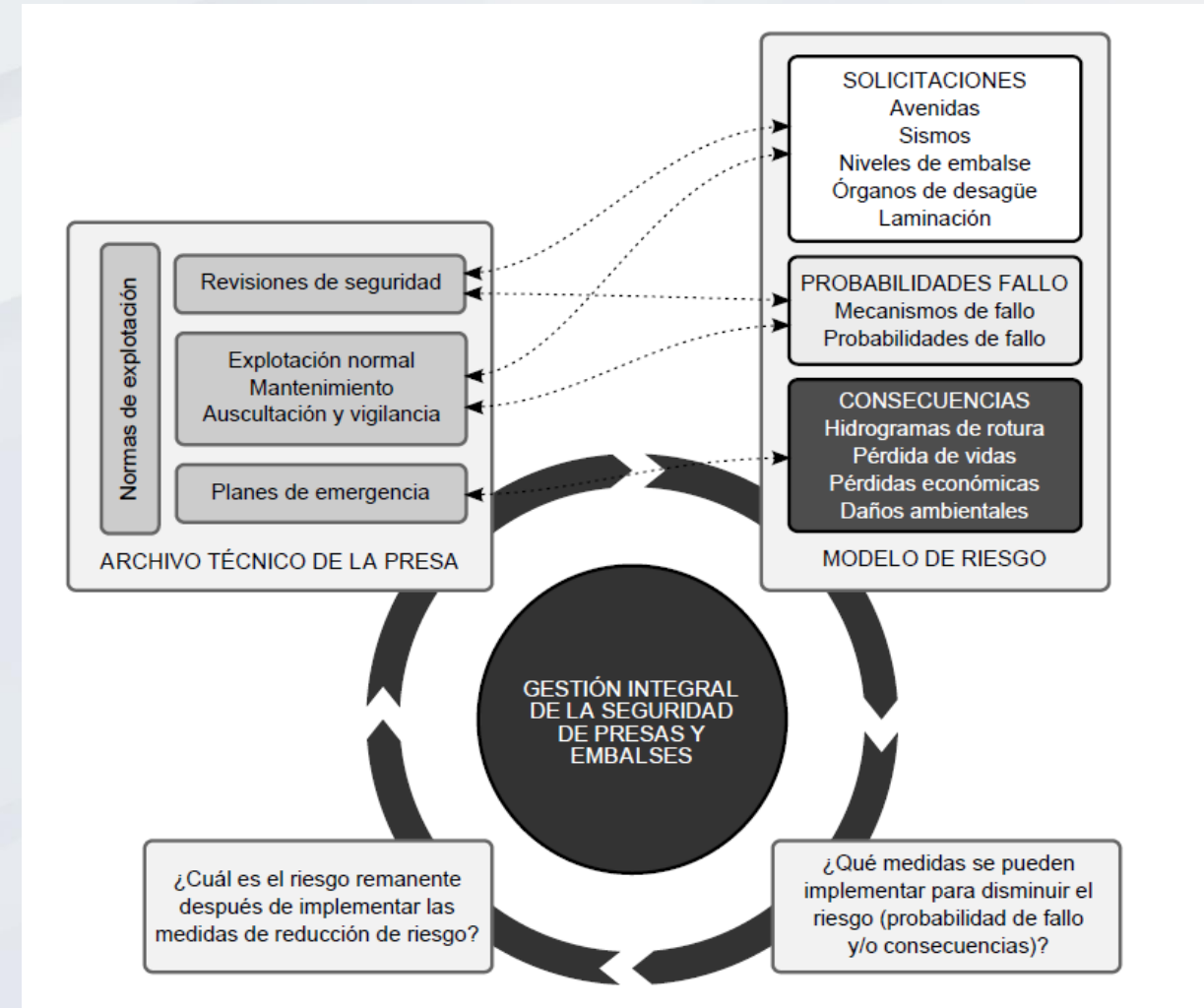


5. CRITICIDAD

ITEM	Descripción activo operativo	PROB.	FINANCIERO		OPERACIÓN		PERSONAS		AMBIENTAL		SOCIAL - REPUTACIÓN		Valor MM COP	Valor USD	INDICE POR VALOR	Resultado de la Evaluación	
0	Sistema Tomóné	Alto		Alto		Alto		Alto		Alto		Alto	170,723	50,091,323			
1	Sistema presa - dique												142,348	41,765,944			
1.1	Presa	Medio	3	Alto	4	Muy Alto	5	Muy Alto	5	Alto	4	Muy Alto	5	87,482	25,667,729	5	69.0
1.2	Dique auxiliar	Medio	3	Alto	4	Muy Alto	5	Muy Alto	5	Alto	4	Muy Alto	5	48,734	14,298,937	5	69.0
1.3	Rebosadero	Bajo	2	Bajo	2	Medio	3	Medio	3	Medio	3	Medio	3	2,052	602,041	3	16.8
1.4	Túnel de carga	Bajo	2	Alto	4	Alto	4	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	2,567	753,134	3	16.8
1.5	Caseta y válvula Howell Bungee	Medio	3	Alto	4	Alto	4	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	488	143,232	1	8.4
1.6	Caseta malacate y Compuerta malacate	Medio	3	Medio	3	Alto	4	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	352	103,352	1	7.8
1.7	Canal Achury y compuerta Achury	Medio	3	Medio	3	Alto	4	Alto	4	Medio	3	Alto	4	673	197,518	1	10.8
2	Sistema de bombeo												23,389	6,862,474			
2.1	Unidad 1	Medio	3	Alto	4	Muy Alto	5	Alto	4	Medio	3	Alto	4	4,590	1,346,830	4	48.0
2.2	Unidad 2	Medio	3	Alto	4	Muy Alto	5	Alto	4	Medio	3	Alto	4	4,270	1,252,705	4	48.0
2.3	Sistemas auxiliares												10,439	3,062,880	4		
2.3.1	Puente grúa	Medio	3	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Muy Bajo	1	Muy Bajo	1	243	71,315	1	4.8
2.3.2	Válvulas mariposa de unidades	Medio	3	Alto	4	Alto	4	Alto	4	Medio	3	Medio	3	4,000	1,173,626	4	43.2
2.3.3	Sistema de respaldo DC	Medio	3	Alto	4	Muy Alto	5	Alto	4	Medio	3	Alto	4	60	17,478	1	12.0
2.3.4	Transformador 300 KVA Servicios Auxiliares	Alto	4	Alto	4	Muy Alto	5	Alto	4	Medio	3	Alto	4	96	28,058	1	16.0

- Priorización de la gestión del mantenimiento.
- Definir estándares de mantenimiento
- Incorporación de nuevas tecnologías
- Planes de renovación y/o Overhaul.
- Planeación de inversiones y presupuestos
- Acciones para controlar riesgos
- Reevaluación de objetivos estratégicos/tácticos

6. RIESGOS



Obras e instalaciones que contienen fuerzas peligrosas, presas, diques, centrales nucleares, ect.

LAS PRESAS DE LOS EMBALSES SON PROTEGIDAS POR EL D.I.H. COMO INSTALACIONES ESPECIALES SUJETAS A PROTECCION POR CONTENER FUERZAS PELIGROSAS. SU MANTENIMIENTO DEBE ESTAR ENFOCADO A LAS MEJORES PRACTICAS PARA LA PROTECCION DE VIDAS HUMANAS



6. RIESGOS



Presa de Brumandinho (Brasil) (2019) – 322 muertes - Fallo estructural relleno presa



**Dunlap DAM (EEUU) (2019) – 0 muertes
Envejecimiento de acero de compuerta**



**Edenville DAM (EEUU)(2020) – 0 muertes
Sobrecarga presión lluvias – inundación
(USD 200MM)**



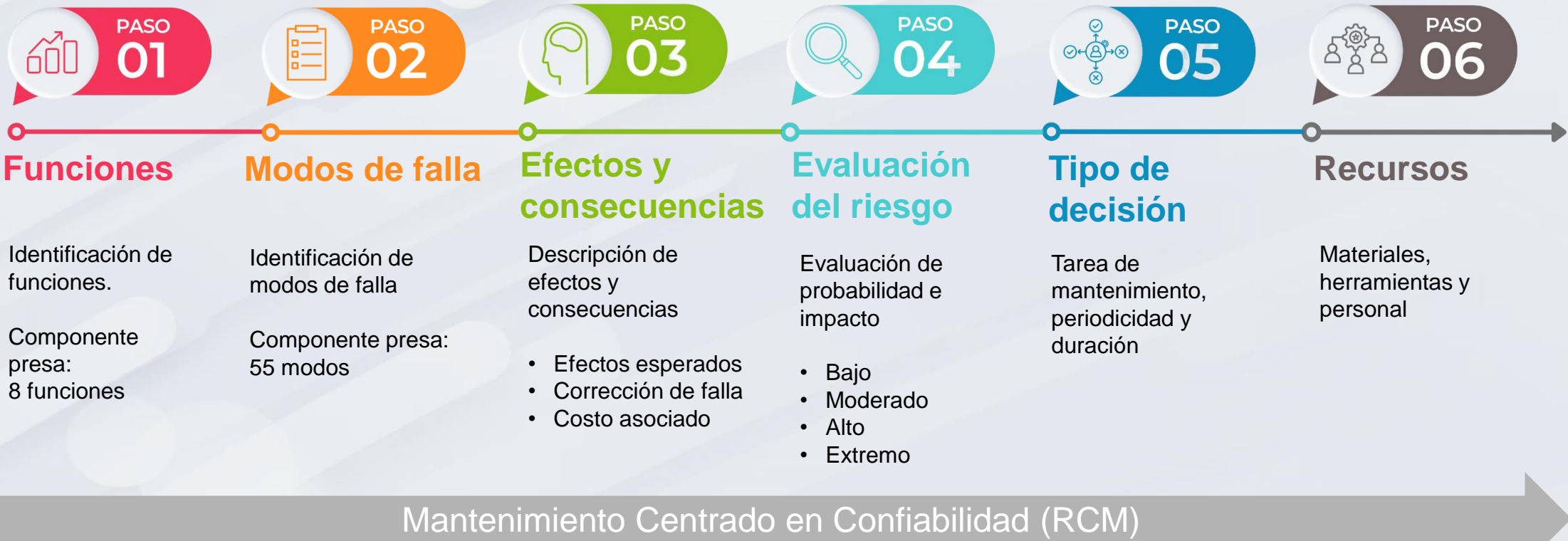
**Spenser Dam(2019) (EEUU) – 1 muerte
Avenida torrencial Hielo – falla en compuertas**



**Oroville Dam(2019) (EEUU) – 200,000 Evacuaciones
Aumento de lluvias – rotura del vertedero**



7. PLAN DE MANTENIMIENTO





7. PLAN DE MANTENIMIENTO

COMPONENTE PRIORIZADO

Presa

FUNCIÓN PRINCIPAL

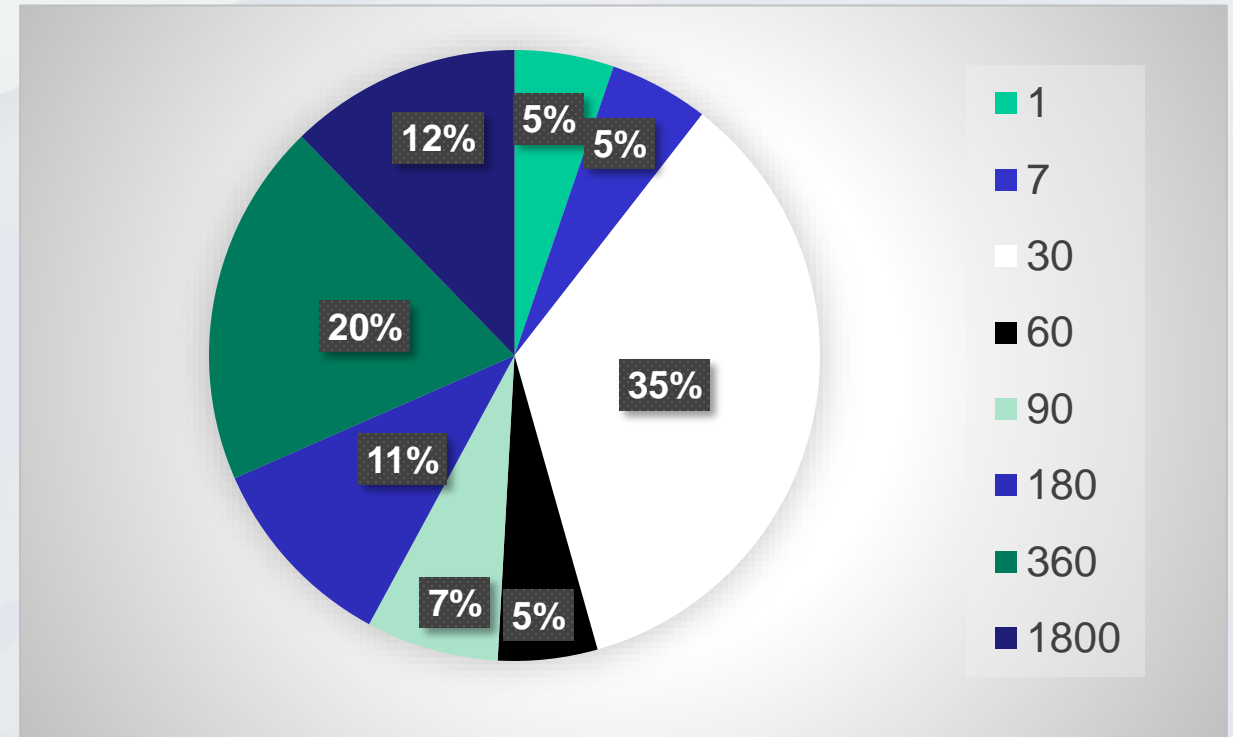
Contener agua del embalse

MODOS DE FALLA

22 modos de falla

TAREAS DE MANTENIMIENTO

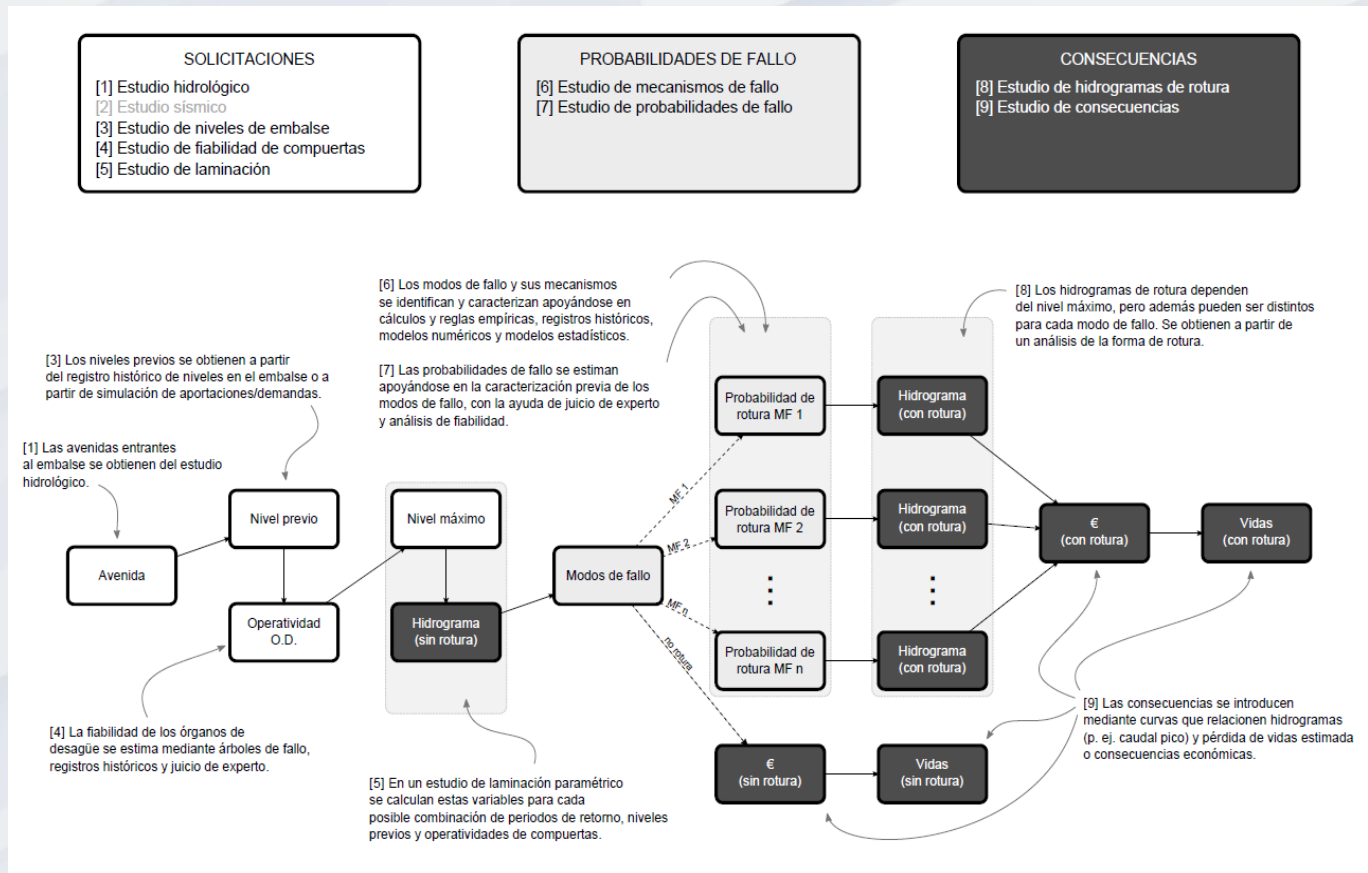
22 tareas de mantenimiento



Frecuencia tareas de mantenimiento componente presa

7. PLAN DE MANTENIMIENTO

MODOS DE FALLA

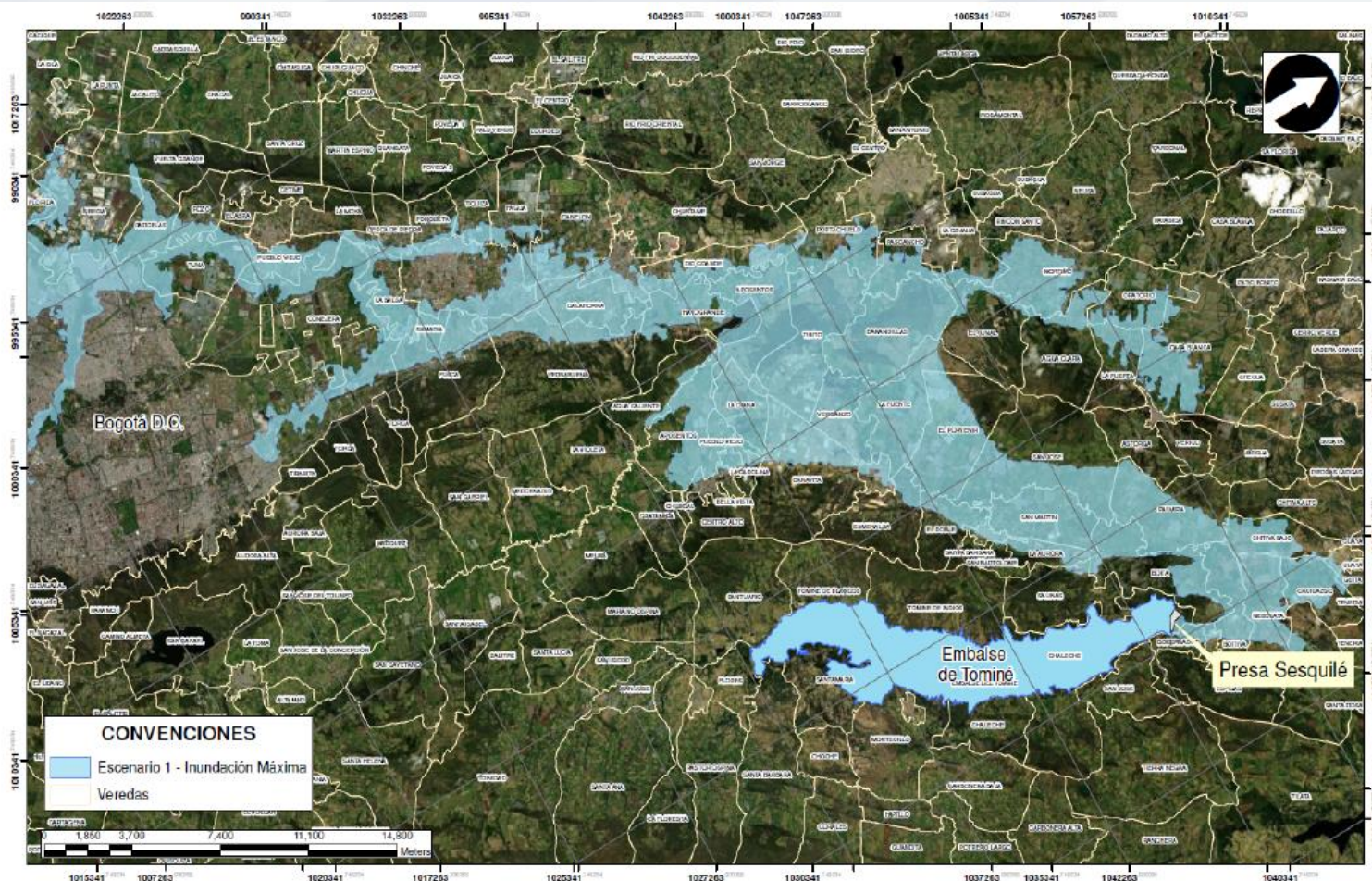


- Avenidas extremas
- Deformaciones y/o asentamientos
- Filtraciones
- Erosión interna y/o externa
- Tubificaciones
- Sismos regionales
- Deslizamientos
- Fallas de compuertas



7. PLAN DE MANTENIMIENTO

EFFECTOS Y CONSECUENCIAS

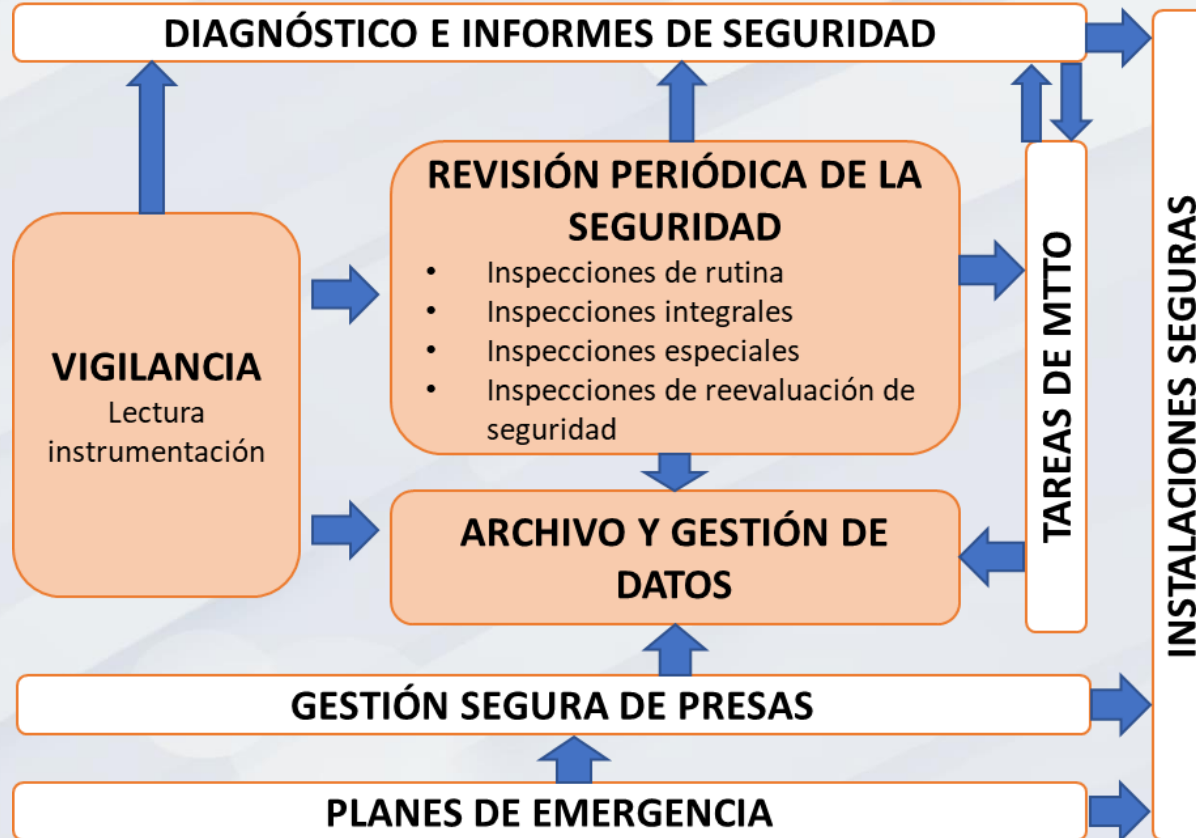


Velocidad de la onda de inundación a distintas distancias del sitio de presa - Escenario 1

Tiempo Transcurrido después del Rompimiento (horas)	Distancia del sitio de presa (km)	Velocidad (m/s)
1	4,07	1,2
2	9,37	2,41
3	15,69	0,75
4	21,34	0,9
5	26,27	2,5
6	31,72	0,46
7	35,59	0,8
8	39,37	1,5
9	43,59	1,76
10	48,52	0,21
11	51,79	0,11
12	55,74	0,61
13	58,62	0,49
14	63,65	0,83

7. PLAN DE MANTENIMIENTO

TAREAS DE MANTENIMIENTO



7. PLAN DE MANTENIMIENTO

TAREAS DE MANTENIMIENTO

INSTRUMENTACIÓN

●	Mojones	
●	Platinas	Bimestral
●	Medidores de asentamiento	Semestral
●	Piezómetros TA	Mensual
●	Piezómetros HV	Semanal
●	Filtraciones	Quincenal



Piezómetros TA



Piezómetros HV



Mojones y platinas



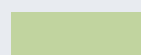
7. PLAN DE MANTENIMIENTO

ENROCADO

TAREAS DE MANTENIMIENTO



PIEDRA PEGADA



CONCRETO LANZADO REFORZADO



2017



7. PLAN DE MANTENIMIENTO

NUEVAS TECNOLOGÍAS



Medidor de caudal túnel de carga



Medidor de caudal de filtraciones



Piezómetros de hilo vibrátil



8. CONCLUSIONES

- Con la implementación de la norma ISO 55001 en la gestión de mantenimiento de la presa de Tomine se pasó de un mantenimiento correctivo a un procedimiento de mantenimiento preventivo que pueda controlar daños tempranos en la presa de Tomine.
- En caso de que se pierda la función principal de la presa (contener agua) los impactos generados por un ineficiente mantenimiento serían devastadores a niveles económico, sociales y vidas humanas.
- La implementación de rutinas de inspecciones periódicas en la presa ha permitido generar actividades de mantenimiento enfocadas al control de eventos tempranos para priorizar tiempos e inversiones mantenimiento un correcto beneficio/costo.
- La implementación de nuevas tecnologías permite aumentar la efectividad de los mantenimientos predictivos en especial de modos de falla no detectables por inspecciones.