

Observaciones Relativas al Mantenimiento y Operación de Presas de Tierra en Venezuela

Diego Ferrer Fernández
Ingeniero Consultor
Caracas Venezuela
Email: diego.dbffmac@cantv.net

RESUMEN

La tragedia ocasionada como consecuencia de la falla de la presa El Guapo, ocurrida durante los eventos hidrometeorológicos ocurridos en Venezuela en diciembre de 1.999, mueven a la reflexión acerca de la vulnerabilidad de las presas de tierra, ante contingencias de esta naturaleza y además, constituye una seria advertencia de lo que pudiera ocurrir en el futuro, con el resto de las presas construidas en Venezuela, no sólo debido a este tipo de fenómenos, sino también a la ocurrencia de sismos, más aún, si tomamos en cuenta, que la mayor parte de ellas se encuentra en las áreas de mayor sismicidad en el país.

Es importante destacar, que las obras hidráulicas y en especial las presas, están sometidas a la acción de múltiples agentes externos, que atentan contra su seguridad y que por lo tanto, requieren de un mantenimiento permanente, para garantizar que las condiciones de seguridad iniciales no han disminuido, bien sea por el efecto del deterioro de los componentes de las estructuras que la conforman, o bien por los cambios o alteraciones en la ocurrencia de dichos eventos, conocidos ahora, en virtud de la mayor información disponible.

En Venezuela se han construido aproximadamente 100 presas la mayoría de ellas ubicadas en zonas de alta sismicidad y de altas precipitaciones, por lo cual en caso de producirse una falla, podrían ocasionar daños irreparables aguas abajo, incluso con la pérdida de vidas humanas.

En el presente escrito se resumen los resultados de un programa de revisión de presas realizado a través de FONACIT (Fondo Nacional de Investigaciones Tecnológicas) entre los años 2001 y 2002, el cual dio origen a la realización de un Programa de Rehabilitación de Presas a nivel nacional, actualmente en ejecución por parte del MINAMB (Ministerio del Ambiente).

Los estudios realizados indican que la mayor parte de las presas carecen de un mantenimiento adecuado, que hay cuatro de ellas que se encuentran en estado crítico y que otras cuatro presentan serios problemas en el aliviadero.

En el presente estudio se presenta una clasificación de las presas, de acuerdo a los riesgos aguas abajo, se hacen recomendaciones para la reparación y mantenimiento de las presas, se propone un sistema organizativo para el mantenimiento y operación de las presas existentes y se dan algunas recomendaciones para la preparación de un

plan de contingencia, en caso de que se produzca una falla en alguna de las presas existentes. Finalmente se indican los trabajos de rehabilitación que ya ha emprendido el MINAMB

1. SECCIÓN INTRODUCTORIA

1.1 Importancia de las presas

Las presas tienen como objetivo primordial almacenar grandes cantidades de agua, para ser utilizadas para irrigación, abastecimiento de aguas, generación de energía hidroeléctrica u otros usos.

La construcción de presas satisface diversos objetivos: regula el flujo hídrico, compensando la abundancia de agua en algunas épocas del año con otras de escasas lluvias; permite controlar flujos excesivos en épocas excesivamente lluviosas o en zonas de lluvias torrenciales concentradas en pocos meses del año, evitando en esta forma inundaciones; y hacen habitables llanuras que antes no lo eran. Al captar el agua de escorrentía que de otro modo iría directamente al mar, se aumenta efectivamente la oferta de agua; la diferencia de altura entre el nivel de agua almacenada con relación al valle aguas abajo, permite regar por gravedad, por otra parte, esta diferencia de altura, tiene también un objetivo importante para la generación de energía hidroeléctrica.

1.2 Vulnerabilidad de la presas

La construcción de una presa introduce importantes modificaciones en el medio ambiente, por cuanto se obstruye el cauce de un río para formar un embalse, el cual cubre una gran extensión de terreno hacia el área aguas arriba, con la consecuente saturación de los terrenos que sirven de vaso de almacenamiento.

La vida útil de una presa puede estar amenazada por una serie de fenómenos naturales, tales como tormentas, deslizamientos en el vaso y sismos. Puede también estar afectada, por la variación del comportamiento de las fundaciones y de los materiales que conforman el terraplén, dadas sus condiciones de heterogeneidad, lo cual hace que a lo largo del tiempo, se produzcan cambios debido a un deterioro progresivo, producto de la generación de áreas inestables en el vaso, ocasionados por la variación periódica de los niveles de agua en el embalse; así como también, debido a la generación de presiones de agua y filtraciones, tanto en las fundaciones como en el terraplén. Por lo general, estos cambios son lentos y no siempre pueden ser apreciados mediante observaciones visuales.

Sobre la base de la experiencia obtenida en presas ya construidas, algunas de las cuales tuvieron fallas importantes y aún más, produciéndose el colapso de alguna de ellas, se ha hecho necesario ir mejorando los criterios de diseño, a fin de lograr cada vez, estructuras más seguras y confiables. Entre las modificaciones más importantes, cabe destacar las correspondientes a diseño sísmico, cálculos de estabilidad y criterios para el diseño de filtros y drenes.

Es por lo tanto necesario tener un conocimiento de todos los factores que intervienen en el diseño y construcción de una presa, a fin de lograr una estructura estable, segura y duradera, que permita cumplir sus funciones sin que se produzcan daños aguas abajo.

Por otra parte, una vez construidas las presas, deben ser revisadas periódicamente, con la finalidad de establecer si aún cumplen con las normas de seguridad.

1.3 Riesgos durante la operación

1.3.1. Situaciones que cambian las condiciones de operación de una presa:

- Reducción de la capacidad de almacenamiento de la presa por azolvamiento del vaso.
- Modificación y obstrucción de las obras de alivio y tomas por parte de los usuarios
- Desarrollo de asentamientos humanos y zonas productivas aguas abajo de las presas.
- Necesidad de almacenar agua por arriba de los niveles establecidos.
- Falta de técnicos capacitados e inobservancia de la normativa.
- Falla de las presas debido a obstrucciones de los vertederos.
- Falta de información hidrológica durante la etapa de diseño: *En presas que tienen más de 30 años en operación, no es raro que se presenten crecidas mayores a la de diseño, ya que éstas se estimaron con poca información y por métodos que en la actualidad han sido mejorados*

Desafortunadamente los riesgos de operación de presas en Venezuela obedecen principalmente a situaciones ajenas al manejo mismo de las obras. Como cambios en las situaciones aguas abajo de las presas, insuficiencia de información hidrológica, o políticas de operación no necesariamente técnicas.

Es indispensable mantener una vigilancia de las presas del país para estar preparados ante un evento, con el objetivo de evitar o minimizar los daños en el ámbito de la presa y aguas abajo, poniendo a salvo primero las vidas humanas y después, los bienes y la infraestructura.

El paso crucial para garantizar la seguridad de presas es la comprensión adecuada de los procesos de falla, debido a los factores de riesgo.

1.4 Factores de Riesgo

Factores externos

- Crecidas generadas por altas precipitaciones
- Crecidas generadas por la ruptura o desbordamiento de la presa
- Deslizamientos de tierra
- Sedimentación
- Precipitaciones.
- Tormentas
- Sismos

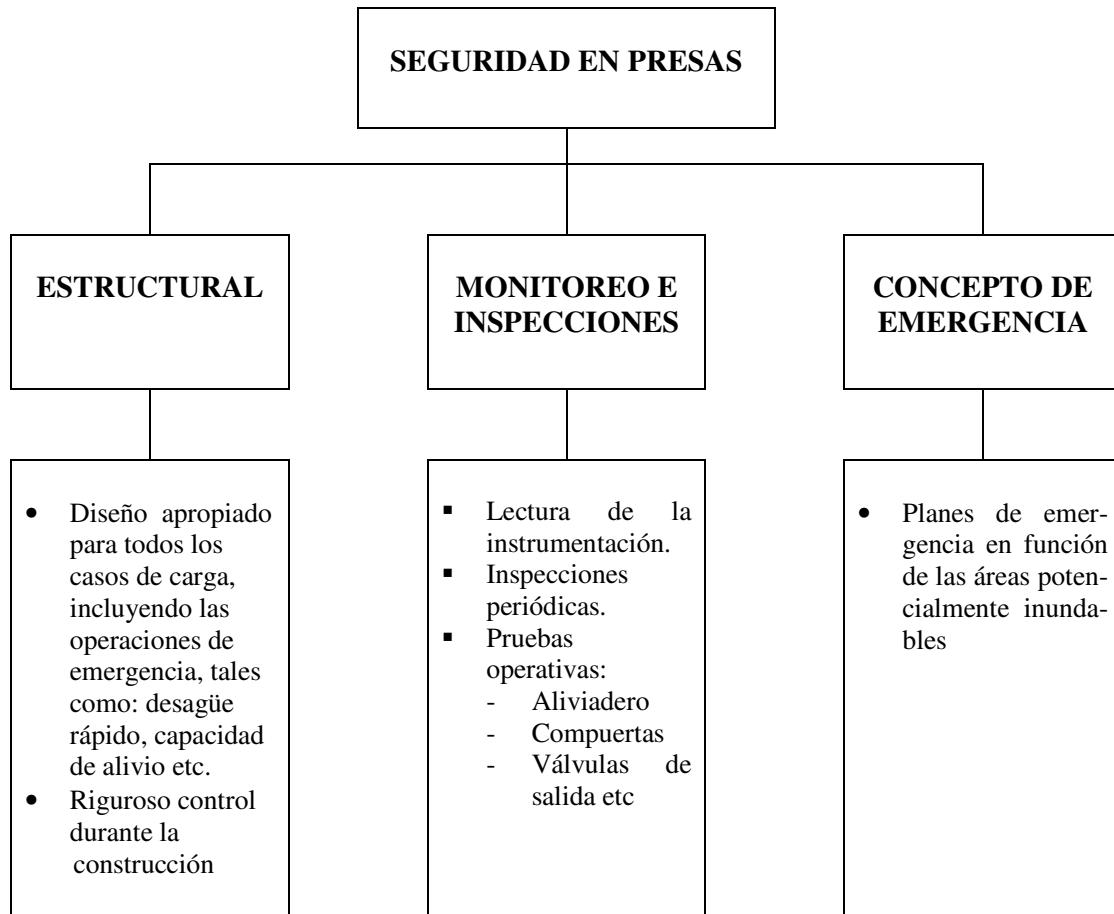
Factores internos

- Envejecimiento de las obras
- Asentamientos excesivos
- Comportamiento de los materiales

- Crecimiento excesivo de vegetación
- Erosión interna del terraplén o de la fundación
- Filtraciones excesivas
- Azolvamiento del vaso
- Fallas de operación
- Intervención humana

2. CONCEPTO DE SEGURIDAD EN PRESAS

La seguridad de las presas es un concepto integral que se resume en el cuadro que a continuación se presenta:



2.1 Seguridad estructural

Para garantizar la seguridad estructural de la presa y obras complementarias, durante su vida útil, se hace necesario realizar un diseño apropiado y garantizar una adecuada construcción de las obras, para ello se requiere:

- Realizar los estudios básicos requeridos: cartografía, hidrología, geotecnia y sismicidad.
- Realizar el proyecto de la presa y de las obras auxiliares, basado en los resultados de los estudios básicos.
- Ejercer un riguroso control de calidad durante la construcción: excavaciones, tratamiento de fundaciones, colocación y compactación de los materiales, estructuras de concreto y obras electromecánicas

- Instalar una adecuada instrumentación que permita observar el comportamiento del embalse durante su vida útil.
- Controlar el comportamiento de las obras durante el primer llenado del embalse.

2.2 Monitoreo e inspecciones

Consiste en la realización de todas aquellas operaciones necesarias para observar, mediante la instrumentación instalada el comportamiento de las obras durante la construcción y durante la etapa posterior de operación y mantenimiento.

Para ello se hace necesario establecer, desde el inicio de la construcción, una organización que permita acometer la operación y mantenimiento de las obras, que a grandes rasgos cubra:

- Las inspecciones durante la vida útil del embalse.
- La lectura, análisis e interpretación de la instrumentación.
- La verificación periódica de las obras electromecánicas: compuertas, válvulas etc.

2.3 Planes de contingencia

- Determinación de las áreas a ser afectadas en caso de ocurrir una falla de la presa o de ocurrir la creciente máxima probable.
- Procedimiento a seguir para reducir los daños aguas abajo.
- Bases para la preparación de un plan de contingencia.

3. ESTADO ACTUAL DE LAS PRESAS EN VENEZUELA

En la actualidad cerca de hay 99 presas construidas, la mayor parte de éstas se encuentran en zonas de alta sismicidad y de altas precipitaciones pluviales.

3.1 Evaluación de las presas existentes

A raíz de las lluvias torrenciales del año 1.999, que ocasionaron los deslaves del Litoral Central y la rotura de la Presa El Guapo, el MCT- FONACIT decidió emprender entre sus líneas de trabajo el programa “Gestión de Riesgos y Reducción de Desastres Naturales”. Entre los elementos de riesgo considerados se cuentan: (i) Riesgo Geológico; (ii) Riesgo Sísmico; (iii) Riesgo Hidrológico; y (iv) Riesgo en Líneas Vitales.

En el aspecto relativo a Líneas Vitales, se dio especial importancia a las presas, en primer lugar, debido a su importancia por el uso y servicios que prestan: (i) abastecimiento de agua potable, (ii) irrigación y drenaje, (iii) control de inundaciones, (iv) generación hidroeléctrica, (v) recreación, y (vi) usos múltiples; y en segundo lugar, porque constituyen elementos de seguridad nacional.

Como parte de dicho Programa, FONACIT contrató los servicios de la empresa MRG la cual, formó un equipo de trabajo constituido por los ingenieros: Diego Ferrer, Sergio Marín, José Grases y el geólogo Sergio Bajetti; quienes en coordinación con el MINAMB e HIDROVEN, realizaron, durante los años 2.003 y 2.004, un plan piloto de revisión de 10 presas; este plan fue

complementado con información de inspecciones realizadas previamente a 16 presas, por el MINAMB y otros organismos, entre los años 2.000 y 2.001.

Como resultado de estos estudios, el MINAMB se abocó a la preparación de un Programa de Rehabilitación de Presas a Nivel Nacional, en vías de ejecución, donde se ha continuado con la inspección de las presas existentes y se han iniciado los estudios y labores de rehabilitación de algunas de las presas inspeccionadas.

3.2 Procedimiento para la evaluación

En primer lugar, se realizó un inventario de las presas existentes, las cuales se clasificaron, de acuerdo con los riesgos aguas abajo en caso de producirse una rotura de la misma. Los resultados del inventario, se indican en la Tabla Nº 1, la cual contiene la siguiente información: (i) nombre de la presa, (ii) ubicación, (iii) altura de la presa, (iv) volumen almacenado, (v) clasificación de acuerdo a los riesgos aguas abajo y (vi) año de construcción.

Para la clasificación de las presas según sus riesgos, se adoptó el siguiente criterio:

Riesgo 1: Presas en zonas sísmicas con poblaciones aguas abajo.

Riesgo 2: Presas en zonas no sísmicas con poblaciones aguas abajo.

Riesgo 3: Presas en zonas sísmicas con cultivos o ganadería aguas abajo.

Riesgo 4: Presas en zonas no sísmicas en zonas despobladas aguas abajo.

En segundo lugar, se procedió con la revisión y análisis de la información disponible, relativa a las presas construidas en el país; en tercer lugar se realizó la inspección detallada de diez presas, seleccionadas por el MINAMB, como un plan piloto de evaluación. (Años 2.003 y 2.004).

En cuarto lugar se procedió a la revisión y análisis de los informes relativos a quince presas previamente inspeccionadas, entre los años 2.000 y 2.001.

Finalmente se analizó toda la información y se hicieron recomendaciones para la rehabilitación de las presas a nivel nacional, entre dichas recomendaciones se sugería la conformación de una organización a nivel nacional, que se encargara del proyecto, inspección y rehabilitación de las presas existentes.

3.2.1 Revisión y análisis de la información disponible relativa a las presas construidas en el país.

Como primer paso se elaboró un plano con indicación la de ubicación de cada una de las presas construidas en el país, y se correlacionó esta información con el sistema principal de fallas existentes, tomando como base, el inventario de presas publicado por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables MINAMB. (Ver tabla Nº 1).

Luego se recopiló la documentación disponible relativa al proyecto y la construcción de las presas, incluyendo la información correspondiente a los reportes de la inspección.

Para la recopilación de esta información, se revisaron los archivos del MINAMB y de HIDROVEN, también se sostuvieron reuniones con empresas e ingenieros que participaron en el proyecto y en la construcción de las presas. Con esta información se preparó una base de datos, la cual no recoge todos la información requerida, por cuanto no fue posible conseguirla, sobre

todo la correspondiente a las presas una vez construidas, ya que sólo se consiguieron planos incompletos del proyecto. Tampoco fue posible encontrar los informes de inspección.

Tabla N° 1 - Inventario de Presas

NOMBRE	UBICACION Entidad Federal	Río / cauce	Referencia	CLASIFC. SEGÚN RIESGO	USO	ALTURA m	VOLUMEN EMBALASADO m ³ x10 ⁶	AÑO
El Cuji	Anzoátegui	Qda. Taquima	al norte de Onoto	R3	A.A- C.I	16,00	49,07	1960
La Estancia	Anzoátegui	Río Aragua	5 km S.E Aragua de Barcelona	R1	A.A- C.I., R	20,00	110,50	1967
Vista Alegre	Anzoátegui	Río Unare	S.O de El Chaparro	R1	A.A- C.I., R	19,00	49,04	1978
La Tigra	Anzoátegui	Río Uchire	5 km de Boca de Uchire	R1	A.A	52,00	31,00	1978
Guacamayal	Anzoátegui	Río Guanape	a 5 km de Guanape	R1	A.A	35,00	8,00	1978
Camatagua	Aragua	Río Guarico	5 km al oeste de Camatagua	R1	A.A- R	73,00	1.573,89	1968
Suata	Aragua	Río Aragua	6 km al S.O de La Victoria	R1	R	12,00	43,54	1942
Taiguaiquay	Aragua	Río Turnero	5 km al sur de Cagua	R1	R	12,00	83,97	1952
Santa Clara	Anzoátegui	Qda. Píritu	a 4 km de Clarines	R1	A.A	12,00	11,00	1963
Santo Domingo	Barinas	Río Santo Domingo	a 8,5 km de Santo Domingo	R1	E.H.	70,00	5,40	1973
Masperro	Barinas	Río Masperro	a 2 km a.a. del Pte. Masperro	R1	R-C.I.- E.H.	3 , 61, 28	856,50	1988
Guri	Bolívar	Río Caroní	a 90 km de Pto. Ordáz	R1	E.H.	162,00	135.000,00	1963, 1968
Macagua	Bolívar	Río Caroní	a 10 km a.a. del río Orinoco	R1	E.H.	68,50	363,00	1961, 1998
Copapuycto	Bolívar	Qda. Copapuycto	a 3 km de Upata	R1	AA	12,50	6,30	1952
Puente Blanco	Bolívar	Qda. Puente Blanco	3 km al N de El Callao	R1	AA	12,00	2,65	1969
El Palmar	Bolívar	Quebrada Puchima	50 km al O de Upata	R1	AA	10,00	1,00	1975
San Pedro	Bolívar	Río Pariche	a 4 km de Turneremo	R1	AA	12,00	14,00	1967
Canabó	Carabobo	Río Canabó	27 km al O de Morón	R1	AA	55,00	88,00	1995
Guataparo	Carabobo	Río Guataparo	a 2 km de Valencia	R1	A.A- R	30,00	26,70	1948
Pao Cachinche	Cojedes	Río Pao	a 4 km a.a. De los Ríos Paito y Chirguá	R1	A.A- R	52,00	241,00	1974
Pao La Balsa	Cojedes	Río Pao	La Balsa Estado Cojedes	R1	AA	37,00	403,00	1978
La Mariposa	Dpto. Federal	Río Valle	a 8 km de Caracas	R1	AA	42,00	9,00	1949
Macaraí I	Dpto. Federal	Río Macaraí	23 km al S.E de Caracas	R1	AA	24,00	0,30	1944
Petaquira	Dpto. Federal	Río Petaquira	15 km al S.O de Carayaca	R1	AA	33,40	3,00	1929
Cruz Verde	Falcón	Qda. De Tura		R3	A.A-R	16,00	1,28	1976
Maticora	Falcón	Río Maticora	7 km al Sur de Mene de Mauroa	R1	A.A- R - C.I.	48,00	435,15	1978
Tocuyo de La Costa	Falcón	Ríos Játira y Tacarigua	5 km al O de Tocuyo de la Costa	R1	A.A- R	7,2 , 6,0	58,17	1971
El Hueque	Falcón	Río Hueque	a 35 km de Coro	R3	AA	43,50	75,00	
El Isiro	Falcón	Río Coro	a 7 km de Coro	R1	AA	35,00	155,00	1963
Barrancas	Falcón	Río Macoroca	40 km al O de Coro	R1	AA	70,00	148,21	1980
Mapará	Falcón	Qda. Churuguara	a 7 km de Churuguara	R1	AA	17,00	17,80	1964
El Cigarrón	Guárico	Río Tamanaco	26 km al O de Zaraza	R1	A.A- C.I. - R	20,00	246,00	1976
El Guáical	Guárico	Qda. La Soledad	En el km 60 de la vía Clarines – Chaguaramas	R3	C.I. - R	12,00	4,70	1978
El Médano	Guárico	Río Tucupido	60 km de Valle de la Pascua	R3	AA- R	13,50	11,70	1978
El Pueblito	Guárico	Qda. Honda	42 km al O de Zaraza	R1	R - C.I	20,00	314,98	1983
La Becerra	Guárico	Río Ipíre	A 36 km de Zaraza	R1	R - A.A- C.I.	26,00	468,99	1973
Tamanaco	Guárico	Río Tamanaco	30 km al NO de Valle de la Pascua	R3	AA - C.I.	16,00	141,06	1966
Taparito	Guárico	Qda. Laya	39 km al N.O de Zaraza	R1	R - C.I	12,50	14,70	1980
Guárico	Guárico	Río Guárico	Calabozo	R2	R - C.I	30,00	1.840,39	1966
Guanapito	Guárico	Río Orituco	12 km al N de Altamaria de Orituco	R1	AA- R	41,00	49,04	1963
Tiznados	Guárico	Río Tiznados	35 km la O de Dos Caminos	R1	R - AA- C.I.	39,00	882,15	1983
Vilchez	Guárico	Río Vilchez	600 m a.a. de su desembocadura en el río Quebrada. El Corozo a 6 km de Valle de la Pascua	R1	AA	15,50	12,80	1995
El Corozo	Guárico	Quebrada. El Corozo	Pascua	R1	AA	6,00	7,70	1946
El Jabillal	Guárico	Río Jabillal	a 7 km de Tucupido.	R1	AA	13,00	15,12	1952
Tierra Blanca	Guárico	Qda. Corozal	12 km al N.O de San Juan de los Morros	R1	AA	43,00	5,00	1975
Atarigua	Lara	Río Tocuyo	50 km al O de Barquisimeto	R1	A.A- R - C.I.	59,00	420,00	1977
Santa Rosa	Guárico	Río Guanobote	a 2,5 km de S.J. de Guaribe	R1	AA	20,00	45 , 25	1976
Dos Cerritos	Lara	Río Tocuyo	4 km al S.O de El Tocuyo	R1	AA- R	45,00	118,76	1973
El Ermitaño	Lara	Río El Ermitaño	1,9 km al O de la pob. Qda Seca, a 77 km de Carora	R1	R - C.I	46,00	22,50	1988
Los Quediches	Lara	Río Quediches	A 60 km de Carora	R1	AA- R	40,00	38,70	1979
Onia	Mérida	Ríos Culegría y Onia	7 km al O de El Vigía	R3	C.I. - C.S	31,00	52,57	1973
Agua Fria	Miranda	Río Jarillo	30 km al N.O de Los Teques	R1	AA	48,00	6,40	1949
La Pereza	Miranda	Quebrada la Pereza	a 18 km de Petare	R1	AA	65,00	8,00	1969
Lagartijo	Miranda	Río Lagartijo	a 4 km de San Fco. de Yare	R1	AA	59,65	113,00	1962
Quebrada Seca	Miranda	Quebrada Seca	entre Sta. Teresa del Tuy y Yare	R1	AA	21,00	8,50	1961
El Guapo	Miranda	Río Guapo	5 km al S de El Guapo	R1	AA- C.I	60,00	155,00	1977
Taguaza	Miranda	Río Taguaza	En el Dto. Avecedo del Edo. Miranda Dentro del parque Nacional Guatopo	R1	AA	123,00	184,00	1986-1987
Ocumarito	Miranda	Río Ocumarito	5,5 km al S.O de Ocumare del Tuy	R1	AA	56,70	10,80	1969
El Guamo	Monagas	Río Guarapiche	Al Noroeste de San Antonio	R1	R - C.I. - A.A.	45,30	87,00	1979
Guatamaré	Nueva Esparta	Río Grande	Río Grande al S.E de El Valle	R1	AA	20,50	0,74	1958
La Asunción	Nueva Esparta	Río Asunción	al Sur de La Asunción.	R1	AA	18,00	0,34	1948
San Juan	Nueva Esparta	Río San Juan	5 km al N de San Juan Bta.	R1	AA	16,50	1,05	1951
Boconó Tucupido	Portuguesa	Ríos Boconó y Tucupido	50 km al S.E de Guanare	R1	R - E.H - C.I.	80 , 87	3.484,91	1988

Tabla N° 1 (Cont.) - Inventario de Presas

NOMBRE	UBICACION Entidad Federal	Río / cauce	Referencia	CLASIFIC. SEGÚN RIESGO	USO	ALTURA m	VOLUMEN EMBALSADO $m^3 \times 10^6$	AÑO
Las Majaguas	Portuguesa	Qda. Las Majaguas	2 Km de San Rafael de Onoto.	R1	R - C.I	20,00	301,63	1.963
El Pilar	Sucre	Río Caratal	a 10 km de Carúpano	R1	A.A - R	25,00	23,20	1.965
Turimiquire	Sucre	Río Neverí	Al Este de Santa Fé	R1	A.A	113,00	423,94	1.988
Clavellinos	Sucre	Río Clavellinos	17 km al S.E de Cariaco	R1	A.A - R	52,00	132,25	1.967
La Honda	Táchira	Río Uribante	a.a de la desembocadura de la Qda. La Honda	R1	E.H	125,00	775,00	1.986
Borde Seco	Táchira	Río Borda Seco	Al norte de Santa María de Caparo	R1	E.H	124,00	5.693,00	
La Vueltosa	Táchira	Río Caparo	Al norte de Santa María de Caparo	R1	E.H			
Agua Viva	Trujillo	Río Motatán	30 km al N de Valera	R1	R - C.I	35,00	156,40	1.994
Cabuy	Yaracuy	Río Cabuy	4 km al N de Nirgua	R1	R	23,00	11,30	1.973
Cumaripa	Yaracuy	Río Yaracuy	a 4 km del Puente Cumaripa	R3	R - C.I - C.S.	29,20	63,82	1.971
Durute	Yaracuy	Qda. Durute	Al Sur de Guama	R3	R	17,60	0,94	1.969
Guaremal	Yaracuy	Qda. Guaremal	4 km al N de Yaritagua	R3	C.I - C.S - A.A	28,00	1,53	1.973
Machango	Zulia	Río Macango	5 km al S de Puente Machango	R1	AA - R - C.I.	35,00	110,00	1.988
Socuy (Manuelote)	Zulia	Río Socuy	100 km al N.E de Maracaibo	R1	AA - C.I	37,00	250,93	1.978
Tule	Zulia	Río Cachiri	80 km al N.E de Maracaibo	R1	AA - C.I	18,75	318,00	1.971
El Diluvio	Zulia	Río El Palmer		R3	R - C.I	74,50	188,00	
Pueblo Viejo	Zulia	Río Pueblo Viejo	a 20 km de Lagunillas	R1	AA	30,50	116,00	1.960
El Tablazo	Zulia	El Tablazo	a 4 km del Pto. de Altagracia	R1	AA	22,00	4,80	1.973
El Mamito	Falcon			R1				
Camare	Falcon			R1				
Chirache	Falcon			R4				
Cayude	Falcon			R3				
Papelon	Lara	Río Quediche		R1				
Yacambu	Lara	R. Yacambu	a 100km Sur-Oeste de Barquisimeto, cerca de Quibor.	R1	AA - R	158,00	435,40	1977-1987
Zamuro	Lara	Qda. Bobare		R1				
Urucure	Lara	Qda. Churuguara		R3				
Urama	Carabobo			R1				
Moron	Carabobo			R1				
Rio Verde	Guárico	Río Pao		R3				
El Andino	Anzoátegui	Río Unare		R1				
Taguay	Aragua			R1				
Tinapuy	Aragua							
Taguacita	Miranda	Río Taguacita		R1				

Leyenda

A.A. Abastecimiento de Agua
 R. Riego
 C.I. Control de Inundaciones
 C.S. Control de Sedimentos
 E.H. Energía Hidroeléctrica

Clasificación según Riesgo

- Riesgo 1:** presas en zonas sísmicas, con poblaciones aguas abajo.
Riesgo 2: presas en zonas no sísmicas con poblaciones aguas abajo.
Riesgo 3: presa en zonas sísmicas con cultivos o ganadería aguas abajo.
Riesgo 4: presas en zonas sísmicas en zonas despobladas.

3.2.2 Inspección a las diez (10) presas seleccionadas por el MINAMB (Años 2.003-2.004).

Las presas seleccionadas se muestran en la Tabla N° 2 y la inspección de cada una de ellas, cubrió las siguientes estructuras:

- Presa: *cresta, talud aguas arriba, talud aguas abajo, contacto con los estribos*
- Aliviadero: *canal de aproximación, cresta vertedora, canal de descarga, pozo disipador, muros*
- Obras de toma
- Obras de descarga
- Vaso de almacenamiento
- Caminos de acceso

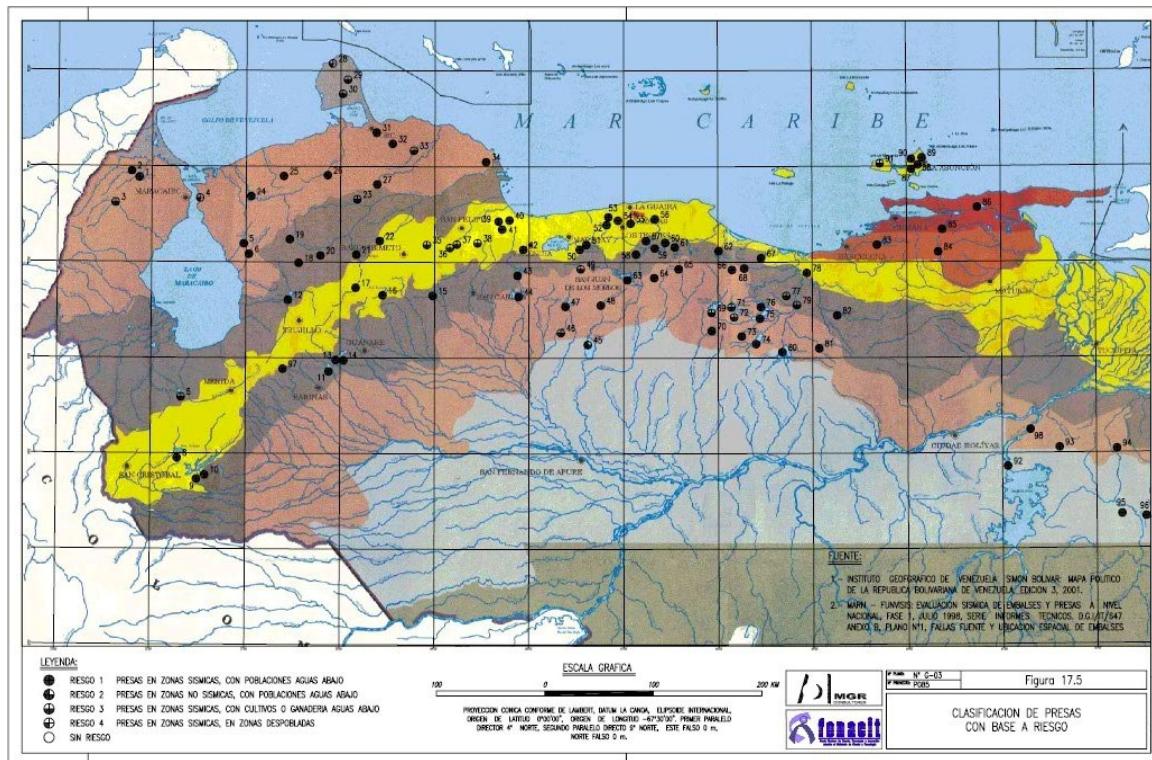


Figura N° 1 - Ubicación de las Presas Construidas en Venezuela, de acuerdo a la Zonificación Sísmica

Tabla N° 2 - Presas Inspeccionadas los Años 2.003 - 2.004

NOMBRE	UBICACIÓN	Río/cauce	USO (*)	ALTURA m
Turimiquire	Sucre	Neverí	A.A	113,00
Pao La Balsa	Cojedes	Pao	A.A	37,00
Boconó	Portuguesa	Boconó y Tucupido	R – E.H -	80,00
Tucupido	Portuguesa	Boconó y Tucupido	C.I.	87,00
El Tablazo	Zulia	El Tablazo	A.A	22,00
Tule	Zulia	Río Cachirí	A.A – C.I.	18,75
La Tigra	Anzoátegui	Río Uchire	A.A	52,00
El Pueblito	Guárico	Qda. Honda	R – C.I.	20,00
El Cigarrón	Guárico	Río Tamanaco	A.A – C.I. - R	20,00
El Ermitaño	Lara	Río El Ermitaño	R - C.I.	46,00

Entre los años 2000 y 2001 el MINAMB contrató varios profesionales para revisar el estado de dieciséis (16) presas, en la Tabla N° 3 se indican las presas inspeccionadas.

Tabla N° 3 - Presas Inspeccionadas los Años 2.000 y 2.001

NOMBRE	UBICACIÓN	Río / Cauce	USO (*)	ALTURA m	FECHA DE INSPECCION
Barrancas	Falcón	Río Macoruca	A.A	70,00	02/05/2000 (1)
					15/02/01, 14/03/01(2)
El Isiro	Falcón	Río Coro	A.A	35,00	19/02/2000 (1)
					15/02/01, 14/03/01 (2)
Santa Rosa	Guárico	Río Guaribote	A.A	20,00	21/04/2001 (3)
Tierra Blanca	Guárico	Qda. Corozal	A.A	43,00	10/04/2001 (3)
El Hueque	Falcón	Río Hueque	A.A	43,50	15/02/01, 14/03/01 (2)
La Mariposa	Dtto. Federal	Río Valle	A.A	42,00	21/08/2001 (3)
Agua Fría	Miranda	Río Jarillo	A.A	48,00	03/08/2001 (3)
Lagartijo	Miranda	Río Lagartijo	A.A	59,65	14/08/2001 (3)
Pao Cachinche	Cojedes	Río Pao	A.A - R	52,00	01/08/2001 (3)
Pao La Balsa	Cojedes	Río Pao	A.A	37,00	01 al 27/06/01 (3)
El Mamito					16/02/2001 (2)
Taguaza	Miranda	Rio Taguaza	A.A.	123,00	01/09/01, 04/10/01 (3)
Mapará					16/02/01, 13/03/01(2)
Vichez	Guárico	Río Vilchez	A.A	15,50	10/04/2001 (3)
Ocumarito	Miranda	Río Ocumarito	A.A	56,70	10/05/2000 (1)
Petaquira	Dtto. Federal	Río Petaquira	A.A	33,40	01/08/2001 (3)

(*) USOS AA= Abastecimiento de aguas CI= Control de inundaciones R= Riego
EH= Energía hidroeléctrica

3.2.4 Inspección a (3) presas el año 2.008.

A comienzos del año 2008, como parte del programa de Rehabilitación de Presas a Nivel Nacional, se inspeccionaron las presas señaladas en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4 - Presas Inspeccionadas el Año 2.008

NOMBRE	UBICACIÓN	Río/cauce	USO (*)	ALTURA m
Camatagua	Guárico	Guárico	A.A - R	73,00
Taguaza	Miranda	Taguaza	A.A	123,00
Suata	Aragua	Aragua	R	12,00

(*) USOS AA= Abastecimiento de aguas CI= Control de inundaciones
R= Riego EH= Energía hidroeléctrica

3.3 Resultado de las inspecciones realizadas

Las inspecciones realizadas y el análisis de la información disponible evidencian que la mayoría de estas obras se encuentra en estado de abandono. En muchos casos, salvo reducidas excepciones, las obras se encuentran sin vigilancia y en la mayoría de los casos, los equipos eléctricos han sido desmantelados a consecuencia de robos y vandalismo.

No existen manuales de operación y mantenimiento. El sistema actual de operación y mantenimiento es inadecuado por cuanto funciona de la manera siguiente: la presa está asignada bien sea a una Hidrológica, o bien sea a una oficina regional del MINAMB, la cual está ubicada a varios kilómetros de la obra y no hay un personal directamente asignado en la presa que pueda atender los requerimientos de operación y mantenimiento, ni mucho menos para atender los problemas que se presentan; por otra parte, no disponen de los recursos necesarios para poder llevar a cabo labores de mantenimiento y reparaciones menores, en cuyo caso hay que hacer un trámite burocrático ante las oficinas Centrales en Caracas, lo cual puede tardar meses o años.

La falta de mantenimiento se evidencia en: (i) crecimiento de vegetación y árboles en los taludes de la presa; (ii) filtraciones no controladas; (iii) asentamientos y grietas en la cresta de la presa; (iii) movimientos en el enrocado de protección; (iv) desplazamiento de las juntas del rápido del aliviadero y crecimiento de vegetación en las mismas; y (v) mal estado de algunas de las vías de acceso. Ver Tablas Nº 5 y Nº 6.

No se lleva un registro confiable de los aportes de agua al embalse, caudales aliviados, gastos utilizados, ni de la información hidrológica, como: lluvias, evaporación, sedimentación etc., que permita hacer un seguimiento del comportamiento del embalse. Es importante destacar que hay filtraciones en algunas de las presas inspeccionadas, las cuales no son registradas adecuadamente, queremos resaltar aquí el caso de la presa Turimiquire, que presenta filtraciones desde el año 1.994, la cual tiene en la actualidad un gasto cercano a los 9 m³/s y hasta la fecha no ha podido ser reparado.

Tampoco se lleva un registro confiable de la instrumentación, por cuanto en la mayoría de los casos los instrumentos están inservibles

La información correspondiente a las presas está incompleta y el material que se consigue está disperso y en algunos casos está deteriorado o a riesgo de perderse.

Uno de los aspectos que es importante destacar, es la intervención de las cuencas que abastecen a algunos de los embalses, las cuales han sido deforestadas incontroladamente, trayendo como consecuencia erosiones y arrastres de sedimentos, los cuales disminuyen la capacidad de almacenamiento de los embalses.

De las presas inspeccionadas, cuatro se encuentran en condición crítica y requieren atención inmediata, éstas presas son las de Petaquire, Pao La Balsa, Tulé y El Tablazo, en las cuales es posible que ocurra el colapso de alguna de ellas, bien sea por fallas del talud o por fallas en el aliviadero. Se hace necesario enfatizar y alertar, a nivel de las autoridades competentes, acerca de las consecuencias de dichas fallas, pues ello significaría: (i) daños incalculables por pérdidas de vidas y daños a las propiedades aguas abajo; (ii) suspensión del servicio de agua potable en ciudades, tales como: Maracaibo, Maracay, Valencia, La Victoria, poblaciones del Estado Vargas etc., durante varios años, con el consecuente problema sanitario que ello representa; (iii) paralización de las industrias.

Hay otras cuatro presas que presentan problemas serios en el aliviadero: El Isiro, Barrancas, El Cigarrón y el Ermitaño, éstas deben ser reparadas a la brevedad posible, para que no ocurra una tragedia como la de la presa El Guapo.

Es importante destacar también, el caso de la presa Turimiquire, la cual además de las filtraciones excesivas antes mencionadas, presenta un serio problema de vibraciones en la Torre Toma, que puede poner en peligro su seguridad en caso de producirse un sismo.

Tabla N° 5 - Presas y Embalses Inspeccionados - Años 2.003 – 2.004
Resumen de las Recomendaciones

RECOMENDACIONES / ACCIONES A TOMAR	PRESAS Y EMBALSES								
	Turimiquire	Pao La Balsa	Boconó	Tucupido	El Tablazo	Tule	La Tigra	El Pueblito	El Cigarrón
REPARACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE LAS VÍAS DE ACCESO	■			■					■
Via de acceso a la Presa	●								
Via de acceso al Talud Aguas Abajo				●					
Via de acceso al Aliviadero									●
MANTENIMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO	■								
DEFORESTACIÓN Y LIMPIEZA EN LOS TALUDES Y CRESTA DE LA PRESA	■		■	■	■	■	■		■
DEFORESTACIÓN Y LIMPIEZA AL PIE DE LA PRESA	■			■	■	■	■		
CANALIZACIÓN Y AFORO DE LAS FILTRACIONES	■	■		■	■	■	■		
SELLADO DE GRIETAS EN LA CRESTA				■					
REACONDICIONAMIENTO DEL PAVIMENTO DE LA CRESTA O DEL LAS DEFENSAS					■	■	■	■	■
INSPECCIÓN DETALLADA DE LOS TALUDES		■			■	■	■	■	■
REPARACIÓN DEL TALUD AGUAS ARRIBA (1)	■				۞	۞			
REPARACIÓN DEL TALUD AGUAS ABAJO		■			۞	۞		■	■
REPARACIÓN O REACOMODO DEL ENROCADO						■		■	■
REVISIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS EN LA PRESA							۞		
EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA ADICIONAL (2)	■	■			۞				
REPARACIONES EN EL ALIVIADERO	۞				۞		■	■	■
Canal de aproximación, despeje de la vegetación	●				۞		●		●
Canal de aproximación, protección	●				●		●	●	●
Muros y cimacio	۞				●				
Rápido	●				●		●	●	●
Pozo disipador	●				●		●		
Canal de descarga	●				●		●		
Lanzador									
AMPLIACIÓN DEL ALIVIADERO	۞							۞	
REPOSICIÓN DEL SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN		■	■	■	■	■	■	■	■
INSPECCIÓN DETALLADA DE LAS OBRAS DE TOMA		■	■	■	■	■	■	■	■
EVALUACIÓN DE LA PRESA Y ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS	■			■	■				
REACONDICIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS		■	■	■	■	■	■	■	■
BATIMETRÍA DEL EMBALSE	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PREPARACIÓN DE UN MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PREPARACIÓN DE UN PLAN DE CONTINGENCIA	۞	■	■	■	■	■	■	■	■
EVALUACIÓN SÍSMICA (3)	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PLAN INTEGRAL DE CONSERVACIÓN DE LA CUENCA									

Notas

- (1) TURIMIQUIRE, Sellado urgente de filtraciones
- (2) BOCONÓ, Prospección de falla en el estribo izquierdo
- (3) TURIMIQUIRE, Urgente evaluación de la Torre Toma

Leyenda

- Actividad recomendada
- Sub actividad recomendada
- ۞ Condición de Riesgo Crítico - Actividad de máxima urgencia.

Tabla N° 6 - Presas y Embalses Inspeccionados - Años 2.001- 2.002
Resumen de las Recomendaciones

RECOMENDACIONES / ACCIONES A TOMAR	PRESAS Y EMBALSES															
	Barrancas	El Isio	Santa Rosa	Tierra Blanca	El Hueque	La Mariposa	Aqua Fria	Lagartijo	Pao Cachinche	Pao La Balsa	El Manito	Taguaza	Mapará	Vichez	Ocumarito	Petaquira
REPARACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE LAS VÍAS DE ACCESO	■	■									■		■	■	■	■
Vía de acceso a la Presa	●	●									●		●	●	●	●
Vía de acceso al Talud Aguas Abajo																
Vía de acceso al Aliviadero	●	●														
MANTENIMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO																
DEFORESTACIÓN Y LIMPIEZA EN LOS TALUDES Y CRESTA DE LA PRESA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
DEFORESTACIÓN Y LIMPIEZA AL PIE DE LA PRESA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
CANALIZACIÓN Y AFORO DE LAS FILTRACIONES	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SELLADO DE GRIETAS EN LA CRESTA	■															
REACONDICIONAMIENTO DEL PAVIMENTO DE LA CRESTA O DEL LAS DEFENSAS																
INSPECCIÓN DETALLADA DE LOS TALUDES	■															✖
REPARACIÓN DEL TALUD AGUAS ARRIBA					■											✖
REPARACIÓN DEL TALUD AGUAS ABJO					■			■								✖
REPARACIÓN O REACOMODO DEL ENROCADO				■												
REVISIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS EN LA PRESA																✖
EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA ADICIONAL	■															✖
REPARACIONES EN EL ALIVIADERO	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Canal de aproximación, despeje de la vegetación	●	●	●	●	●						●	●				●
Canal de aproximación, protección		●				●					●	●				
Muros y cimacio				●		●					●	●				
Rápido					●	●					●					
Pozo desipador					●	●		●								
Canal de descarga	●		●			●		●			●					
Lanzador																
AMPLIACIÓN DEL ALIVIADERO											✖					✖
REPOSICIÓN DEL SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN	■	■	■								■	■	■	■	■	■
INSPECCIÓN DETALLADA DE LAS OBRAS DE TOMA	■		■													
EVALUACIÓN DE LA PRESA Y ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS	■															
OBRAS DE ESTABILIZACIÓN MARGENES DEL RÍO	■															
REACONDICIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS																
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	■															
BATIMETRÍA DEL EMBALSE	■															
PREPARACIÓN DE UN MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PREPARACIÓN DE UN PLAN DE CONTINGENCIA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
EVALUACIÓN SÍSMICA																
PLAN INTEGRAL DE CONSERVACIÓN DE LA CUENCA	■															

Leyenda

- Actividad recomendada
- Sub actividad recomendada
- ✖ Condición de Riesgo Crítico - Actividad de máxima urgencia.

3.4 Recomendaciones

3.4.1 Relativas a las presas existentes.

Una recomendación prioritaria es proceder de inmediato, con la reparación de las presas que se encuentran en estado crítico: Petaquire, Pao La Balsa, Tulé y El Tablazo y de las que presentan problemas serios en el aliviadero: El Isiro, Barrancas, El Cigarrón y el Ermitaño. Posteriormente, en un plazo corto, se deben ejecutar las reparaciones y labores de mantenimiento requeridas en el resto de las presas inspeccionadas. Por otra parte, se deben llevar a cabo en todas las presas, las actividades de reacondicionamiento de los sistemas de instrumentación, así como la inspección detallada de las obras de toma, la evaluación sísmica y la batimetría de los embalses.

Se hace necesario hacer una evaluación del comportamiento de las presas ante un sismo y en especial, hacer la evaluación sismorresistente, de la torre toma de la presa Turimiquire

Se debe continuar con el programa de inspección de presas, pues sólo se han revisado hasta la fecha 25 presas, que corresponden aproximadamente a la cuarta parte de las existentes, si de éstas, cuatro se encuentran en estado crítico y cuatro con serios problemas en el aliviadero, es de esperarse que haya otras con problemas similares.

Preparar los manuales de operación y mantenimiento, así como los planes de contingencia de todas las presas.

Acometer una campaña o proyecto para la recuperación y centralización de la información relativa a presas y embalses: hidrología, geología, planos, proyecto, planos “como construido” e historial del comportamiento de cada presa.

3.4.2 Relativas a la mejor utilización de los recursos hídricos.

Es conveniente establecer un Plan de Obras Hidráulicas orientado al control, mantenimiento, operación segura y actuación en caso de desastres naturales.

Se deben implantar Normas y Procedimientos a Nivel Nacional para el diseño, construcción y operación de presa y embalses, así como para la revisión de las presas en caso de eventos extremos como: sismos, tormentas y crecidas extremas.

Recuperar la red de información hidrometeorológica a nivel nacional y actualizar los estudios hidrológicos de las presas existentes.

Constituir un programa de recuperación de las cuencas que abastecen los embalses, con miras a reducir el arrastre de sedimentos.

4 – ACCIONES QUE SE ESTÁN LLEVANDO A CABO

4.1 Acciones a corto plazo.

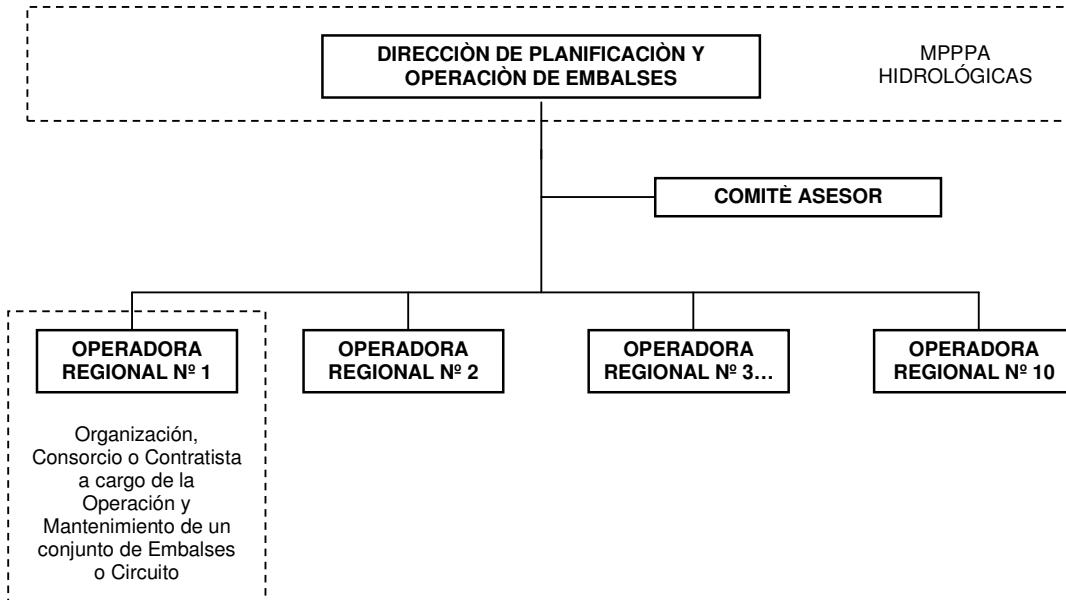
- Construcción del Aliviadero del Embalse de Onia, con capacidad para aliviar hasta el 80% de la creciente milenaria.

- Construcción de la ampliación del Aliviadero del Embalse El Cigarrón (en proceso de consulta de precios para su construcción.)
- Rehabilitación / Reparación de la Presa Turumquire (en proceso de consulta de precios).
- Estudio / Proyecto de Ampliación del Aliviadero del Embalse Pao La Balsa (se procederá luego a la contratación de la construcción).
- Proyecto de Rehabilitación de los Embases Tulé y Manuelote.

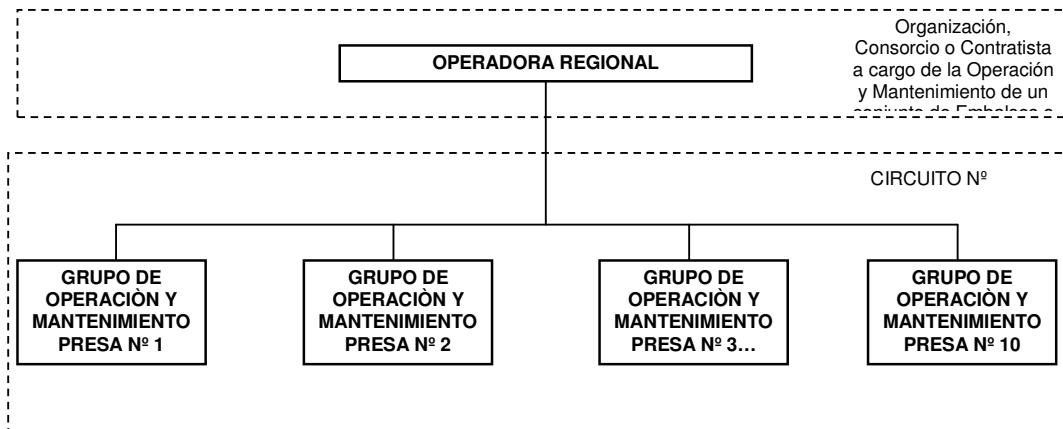
4.2 Acciones a mediano y largo plazo

Dado el problema que representa la operación y mantenimiento de las presas en el país, se están estudiando, conjuntamente con el MINAMB, las bases para poner en funcionamiento un *Sistema Nacional de Seguridad y Mantenimiento de Presas*, que operará según el organigrama que se presenta en la Figura N° 2.

**Figura N° 2
ORGANIGRAMA SUGERIDO PARA LA PLANIFICACIÓN Y
OPERACIÓN DE EMBALSES.**



ORGANIGRAMA SUGERIDO PARA LOS GRUPOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



Dirección de Planificación y Operación de Embalses

Tendría a su cargo el proyecto, construcción, operación y mantenimiento de las presas manejadas por el MINAMB y las Hidrológicas a nivel nacional, para lo cual tendría que: i) Dictar normas para el proyecto construcción operación y mantenimiento de las presas a nivel nacional, ii) Actualizar el estado de las presas a nivel nacional, iii) Establecer normas para la vigilancia e inspección de las presas y iv) Coordinar y revisar toda la información suministrada por los grupos de operación.

La dirección de la organización deberá estar a cargo de un ingeniero con más de veinte años de experiencia en el campo de las obras hidráulicas y debe contar al menos con personal formado en las siguientes disciplinas: ingeniería civil, ingeniería hidráulica, ingeniería estructural, ingeniería electromecánica, ingeniería de instrumentación y control, geotecnia, geología, construcción y costos, ecología, economía, derecho y todo el personal de apoyo requerido para el adecuado funcionamiento de la organización

Operadora Regional

Tendría a su cargo la operación y mantenimiento de las presas y embalses, a través de doce Grupos de Operación y Vigilancia, asignados a cada una de las presas a su cargo y sus funciones serían:

- Evaluar permanentemente el comportamiento de las obras durante su vida útil, mediante el análisis de la información suministrada por el Grupo de Operación y Mantenimiento.
- Llevar un registro actualizado del comportamiento de las presas y embalses asignados a su grupo.
- Realizar permanentemente el mantenimiento de las obras asignadas a su grupo.
- Suministrar oportunamente a los Grupos de Operación y Mantenimiento, los insumos y recursos requeridos para la adecuada vigilancia de las presas.

Para ello requeriría el siguiente personal de apoyo: ingenieros civiles, mecánicos, electricistas, de instrumentación y control, geólogos, técnicos en informática, así como administradores y personal de apoyo.

Grupo de Operación y Mantenimiento

Tendría como funciones la operación y mantenimiento de la presa asignada a su cargo, así como también las inspecciones periódicas de las obras y la lectura de la instrumentación.

Para el desempeño de sus funciones requeriría de ingenieros y técnicos asignados al mantenimiento de la obra, así como de un geólogo que se trasladaría cuando sea requerido

Comité Asesor

Tendría como funciones:

- Revisión anual de la información suministrada por el Grupo de Operación y Mantenimiento.
- Preparación de normas y manuales de operación y mantenimiento.
- Preparación de un programa de seguridad o prevención en casos de emergencia.
- Preparación de talleres para la formación del personal profesional y técnico.
- Preparación de normas para el diseño y construcción de presas.

Estaría conformado por especialistas de alto nivel en presas, geotecnia e hidráulica.

COMENTARIO FINAL

Venezuela cuenta con un inmenso patrimonio constituido por presas, embalses y obras hidráulicas en general, el costo de reposición de estas obras, o la construcción de obras nuevas, similares, resultaría extremadamente oneroso y una labor muy difícil de acometer tomando en cuenta los costos actuales.

Por otra parte, de producirse el colapso de una presa, los daños y pérdidas de vidas serían incalculables; sin tomar en cuenta que la supresión del servicio de abastecimiento de agua, acarrearía serios problemas sanitarios en las poblaciones servidas y serios problemas de desabastecimiento de productos agrícolas y pecuarios.

Las presas conforman líneas vitales y por lo tanto, de seguridad nacional, debido a su importancia por el uso y servicios que prestan: (i) abastecimiento de agua potable; (ii) irrigación y drenaje; (iii) control de inundaciones; (iv) generación hidroeléctrica; (v) recreación y (vi) usos múltiples.

Por lo tanto, la recuperación y el mantenimiento de las obras hidráulicas existentes es una labor de interés y de seguridad nacional, que debe involucrar a los entes del estado con la colaboración coordinada de grupos profesionales especializados.

REFERENCIAS

- 1) FONACIT - Ministerio de Ciencia y Tecnología, Proyecto de Investigación “Programa de Revisión de Presas”. Junio 2.004.
- 2) MARNR - Revista El Agua, Edición Especial, Tomos I y II – “Grandes Presas de Venezuela”.
- 3) MARNR - Publicación conmemorativa del XL Aniversario de la Dirección General de Recursos Hidráulicos. “1.936-1.976 Cuarenta años de la Dirección General de Recursos Hidráulicos”.
- 4) Diego Ferrer, Sergio Marín. “Estado de las Presas en Venezuela”, charla dictada en Seminario Internacional “Involucrando a la Comunidad en los Programas de Reducción de Riesgos” 18 al 20 de octubre de 2005, Paraguaná, Estado Falcón.
- 5) Diego Ferrer. “Consideraciones relativas al Establecimiento de un Plan para el Control, Mantenimiento y Operación de Presas en Caso de Desastres Naturales”. XVI Seminario Venezolano de Geotecnia, celebrado en Noviembre de 2.001.
- 6) Luís Miguel Suárez, “Incidentes de las Presas en Venezuela”, Editorial Arte, Mayo 2.002
- 7) MGR Consultores - Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB)
“Rehabilitación de Presas a Nivel Nacional - Organización para la Rehabilitación y Mantenimiento de Embalses”- Caracas, Octubre de 2.007