



# Lineamientos de Seguridad de Presas



**ORSEP**

Organismo Regulador de Seguridad de Presas

**REGIONAL NORTE**  
(0381) 432-2798  
Marco Avellaneda 929  
(4001) S.M. de Tucumán  
Tucumán  
norte@orsep.gob.ar

**REGIONAL CUYO CENTRO**  
(0261) 429-0631  
Montevideo 651  
(5500) Mendoza  
cuyo\_centro@orsep.gob.ar

**SEDE SAN RAFAEL**  
(0260) +443-9096  
Islas Malvinas 90  
(5600) San Rafael-Mendoza  
san\_rafael@orsep.gob.ar

**SEDE CÓRDOBA**  
(0351) 464-2588  
Celso Barrios 1724-B9 Jardín  
(5014) Córdoba  
cordoba@orsep.gob.ar

**PRESIDENCIA**  
(011) 5032-7792  
Avenida Rivadavia 1906 - 1º  
(C1033AAW) CABA  
orsep@orsep.gob.ar

**REGIONAL COMAHUE**  
(0299) 477-5139/40  
9 de Julio 192  
(8324) Cipolletti-Río Negro  
comahue@orsep.gob.ar

**REGIONAL PATAGONIA**  
(0280) 444-7193  
Martín Rodríguez (N) 114  
Parque Industrial  
(9100) Trelew-Chubut  
patagonia@orsep.gob.ar



# Lineamientos de Seguridad de Presas

**ORSEP**



## **Autoridades**

### **Presidente de la Nación**

Dr. Alberto Ángel Fernández

### **Jefe de Gabinete de Ministros**

Lic. Santiago Andrés Cafiero

### **Ministro de Obras Públicas**

Dr. Gabriel Nicolás Katopodis

### **Secretario de Infraestructura y Política Hídrica**

Arq. Carlos Augusto Rodríguez

### **Presidente del ORSEP**

Ing. Adriano Álvaro Borús

### **Organismo Regulador de Seguridad de Presas**

(011) 5032-7792

Avenida Rivadavia 1906 - 1º piso

(C1033AAW) Ciudad Autónoma de Buenos Aires

**[orsep@orsep.gob.ar](mailto:orsep@orsep.gob.ar)**



# ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	5
AVISO LEGAL .....	6
PREFACIO .....	7
<b>I. PRINCIPIOS DE LA SEGURIDAD DE PRESAS</b> .....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. OBJETIVO DE LA SEGURIDAD DE PRESAS .....	9
3. PRINCIPIOS DE LA SEGURIDAD DE PRESAS .....	10
<b>II. GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DE PRESAS</b> .....	14
1. INTRODUCCIÓN .....	14
2. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DE PRESAS (SGSP) .....	15
3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE GESTIÓN .....	17
3.1 POLÍTICAS DE SEGURIDAD DE PRESAS .....	17
3.2 PLANIFICACIÓN .....	18
3.3 IMPLEMENTACIÓN .....	18
3.4 VERIFICACIÓN Y REVISIÓN .....	19
3.5 INFORMES .....	19
3.6 EVALUACIÓN DE GESTIÓN .....	19
4. PROCESOS DE RESPALDO .....	20
4.1 CAPACITACIÓN Y CALIFICACIÓN DEL PERSONAL .....	20
4.2 COMUNICACIÓN .....	20
4.3 REGISTROS DE LA DOCUMENTACIÓN .....	21
<b>III. CLASIFICACION DE PRESAS</b> .....	22
1. FINALIDAD .....	22
2. ALCANCE .....	22
3. CRITERIO ADOPTADO .....	22
4. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN .....	23
5. CONSIDERACIONES CONCEPTUALES PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS INCREMENTALES .....	25
6. REVISIONES PERIÓDICAS DE LA CLASIFICACIÓN DE LA PRESA .....	27
<b>IV. OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y VIGILANCIA</b> .....	28
1. INTRODUCCIÓN .....	28
2. REQUISITOS GENERALES .....	28
3. OPERACIÓN .....	29
3.1 CRITERIOS OPERATIVOS Y RESTRICCIONES .....	29
3.2 DATOS Y SISTEMAS .....	30
3.3 PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS .....	30
3.4 CONTROL DE CAUDALES .....	33
4. MANTENIMIENTO .....	33
4.1 PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO .....	33
4.2 ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN .....	34
4.3 PRESAS DE MATERIALES SUELTOS .....	35
4.4 ESTRUCTURAS DE ACERO .....	35
4.5 VERTEDEROS. CANALES DE ADUCCIÓN Y DESCARGA .....	36
4.6 CONDUCTOS DE CARGA, TUNELES Y TUBERÍAS A PRESIÓN .....	36
4.7 MANTENIMIENTO DEL EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO .....	36
4.8 INFRAESTRUCTURA .....	37
5. VIGILANCIA .....	38
5.1 GENERAL .....	38
5.2 INSPECCIONES VISUALES .....	39





5.3 AUSCULTACIÓN .....	41
<b>V. ENSAYOS DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DE CAUDALES</b> .....	45
1. GENERAL .....	45
2. TIPOS Y ALCANCE DE LOS ENSAYOS .....	46
2.1 ENSAYOS DE APERTURA PARCIAL .....	46
2.2 ENSAYOS DE APERTURA TOTAL SIN EVACUACIÓN DE AGUA .....	46
2.3 ENSAYOS CON EVACUACIÓN DE AGUA .....	46
2.4 ENSAYOS DE LOS SISTEMAS DE EMERGENCIA DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA .....	47
2.5 ENSAYOS DE LOS EQUIPOS AUXILIARES .....	47
3. SIMULACIÓN .....	47
4. PERSONAL AFECTADO A LOS ENSAYOS .....	47
5. PROGRAMACIÓN Y FRECUENCIA DE LOS ENSAYOS .....	48
<b>VI. REVISIONES DE SEGURIDAD DE LA PRESA</b> .....	48
1. INTRODUCCIÓN .....	48
2. REVISIONES PERIÓDICAS .....	49
3. REVISIONES INTEGRALES .....	49
4. REVISIONES ESPECIALES .....	50
5. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO .....	50
<b>VII. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL</b> .....	52
1. INTRODUCCIÓN .....	52
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS .....	53
3. CONSIDERACIONES HIDROLÓGICAS .....	54
4. PRESA-CONSIDERACIONES SÍSMICAS .....	55
5. ESTRUCTURAS AUXILIARES-CONSIDERACIONES SÍSMICAS .....	56
<b>VIII. AUDITORÍAS POR CONSULTORES INDEPENDIENTES</b> .....	57
1. INTRODUCCIÓN .....	57
2. CONDICIONES DE LOS CONSULTORES INDEPENDIENTES .....	57
3. CARÁCTER Y OPORTUNIDAD DE LAS AUDITORÍAS .....	58
4. ALCANCE DE LAS AUDITORÍAS .....	58
5. ENTIDADES INVOLUCRADAS-ROLES Y RESPONSABILIDADES .....	59
<b>IX. GESTIÓN DE EMERGENCIA EN PRESAS</b> .....	60
1. INTRODUCCIÓN .....	60
ENTIDAD RESPONSABLE .....	60
ORGANISMO REGULADOR O AUTORIDAD COMPETENTE .....	60
ORGANISMOS DE PROTECCIÓN CIVIL .....	60
2. PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS (PADE) .....	61
3. ACTIVACIÓN DEL PLAN Y RESPUESTA INICIAL .....	62
4. CONTENIDO DE UN PADE .....	62
4.1 DETECCIÓN, EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS .....	62
4.2 PROCEDIMIENTOS DE NOTIFICACIÓN .....	63
4.3 RESPONSABILIDADES .....	64
4.4 PREVENCIÓN DE EMERGENCIAS .....	65
4.5 ACCIONES DURANTE EMERGENCIAS .....	66
4.6 ANEXOS .....	67
5. IMPLEMENTACIÓN DE UN PADE .....	68
6. PUESTA EN SERVICIO Y MANTENIMIENTO DE UN PADE .....	69
7. INFORMACIÓN PARA USO DE LOS ORGANISMOS DE PROTECCIÓN CIVIL .....	70
<b>X. GLOSARIO</b> .....	71
<b>XI. REFERENCIAS</b> .....	75



## PRESENTACIÓN

*La principal labor del Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP) está dirigida a fortalecer la seguridad de los aprovechamientos multipropósito bajo su jurisdicción, supervisando y orientando la acción de las empresas concesionarias y, a la vez, estableciendo pautas para el proyecto, construcción, operación y mantenimiento de nuevas presas en el país, en el marco del Plan Nacional del Agua desarrollado por la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación.*

*Este objetivo implica una doble responsabilidad: por un lado, enfrentar los desafíos que plantean la comprensión y la solución de los retos técnicos del funcionamiento de estas obras, y por otro lado, velar para que cada situación sea atendida adecuadamente por los concesionarios, dentro de la visión que contempla el Plan Nacional del Agua, que se basa en la integración de obras y la preservación de los recursos hídricos (ríos y acuíferos) y del ambiente, la sustentabilidad de la infraestructura, y la participación de la población.*

*La primera de las responsabilidades exige el dominio de múltiples conocimientos técnicos para interpretar la complejidad del manejo de estas infraestructuras estratégicas, mientras que la segunda requiere el uso riguroso de procedimientos de análisis, control y evaluación, al mismo tiempo que un juicio criterioso y firme, para determinar vías de solución y exigir su cumplimiento.*

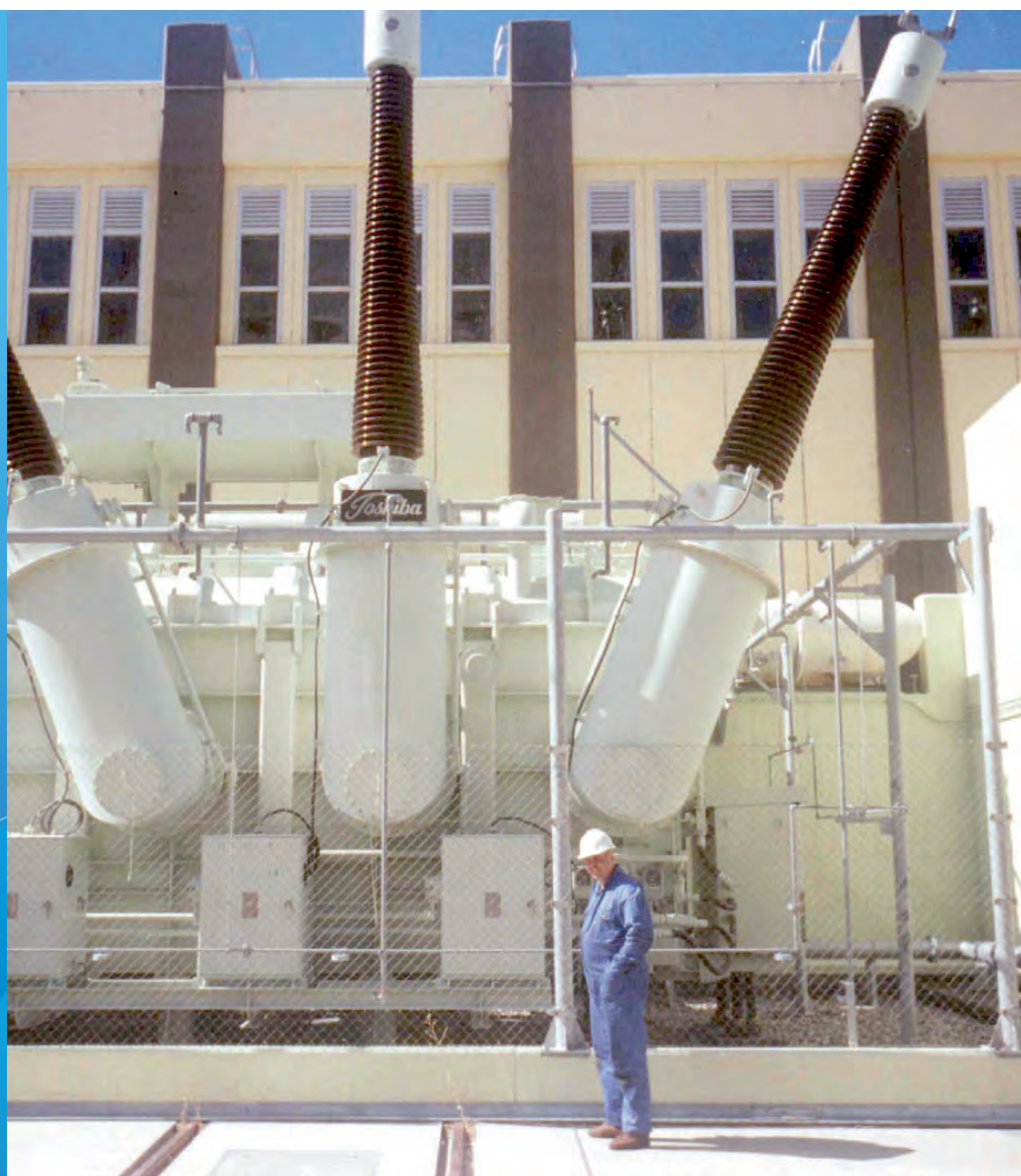
*La importancia de esta incumbencia hace que la misión del ORSEP se exprese como la voluntad de lograr que las presas bajo su jurisdicción sean seguras tanto estructural como operativamente, con el objeto de proteger a la población y resguardar el patrimonio de la Nación así como también de las provincias, mediante la suscripción de Convenios Marco y Específicos.*

*De esta manera, se sintetiza la atención mancomunada de los aspectos técnicos y de los sociales. Estas premisas exigentes guían el accionar del ORSEP y promueven el desarrollo de potencialidades para brindar a la sociedad un servicio en continuo perfeccionamiento.*

*Los convenios de asistencia técnica actualmente suscriptos por el ORSEP con las provincias y entes específicos, son producto del reconocimiento que ha logrado como único organismo del Estado especializado científica y técnicamente en la de seguridad de presas, tanto en sus recursos humanos como materiales, orientados a la atención y gestión de las diferentes actividades de: control, auditoría técnica, evaluación del estado de funcionamiento, recomendación de medidas correctivas estructurales y no estructurales, contratación de estudios y ejecución de trabajos de obra y formulación de planes contingentes.*

*Esta publicación tiene el objetivo de ampliar las capacidades técnicas de las instituciones y profesionales de ingeniería que se desempeñan en la gestión de la seguridad de presas, entendiendo a la misma como práctica específica que contribuye a reducir la vulnerabilidad de las poblaciones y a proteger el medio ambiente.*





## ■ AVISO LEGAL

*Ninguna de las consideraciones y/o recomendaciones del presente documento podrá ser entendida en el sentido de relevar a la Entidad Responsable, ni a cualquier otra persona o institución vinculada a la seguridad de presas, de sus responsabilidades y obligaciones en la materia, contenidas en las Leyes del Estado y/o en los Contratos de Concesión.*



## ■ PREFACIO

Las presas son infraestructuras estratégicas que contribuyen al bienestar de la sociedad y el desarrollo de los pueblos; cumplen diferentes propósitos tales como el control de crecidas, la provisión de agua para uso consuntivo, producción de energía, áreas de esparcimiento y otros.

No obstante lo dicho, también suponen un cierto riesgo por las consecuencias derivadas de un eventual incidente/rotura.

La historia nos muestra numerosas fallas de presas que constituyeron verdaderas catástrofes, traducidas en fuertes pérdidas de vidas, daños económicos, daños al ambiente y fuerte impacto social. Se mencionan: Austin, E.U., 1911 (80 muertos); St. Francis, E.U., 1928 (450); Vega de Tera, España, 1959 (144); Malpasset, Francia, 1959 (421); Vaiont, Italia, 1963 (2.600); Baldwin Hills, E.U., 1963 (5); Oros, Brasil, 1960 (1.000); Panshet, India, 1961 (4.000); Frías, Argentina, 1970 (42); Teton, E.U. 1976 (14); Machu, India, 1979 (2.000), entre otras.

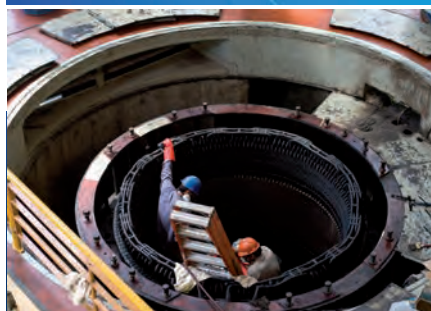
Por lo expuesto, la Seguridad de Presas ha sido un tema de constante preocupación y desarrollo, en función de exigencias de la sociedad cada vez mayores. Con los años mejoraron fuertemente los criterios de seguridad aplicados al proyecto y la construcción, así como los sistemas operativos, la auscultación y el control de las obras, a la vez que se incorporaron previsiones para situaciones de emergencias. También se avanzó con legislación específica y se crearon organismos reguladores y de fiscalización, existiendo en la actualidad numerosos documentos en la materia.

En la República Argentina se ha construido más de un centenar de grandes presas y un importante número de presas de menor dimensión. Existen también diques de protección ante crecidas, terraplenes de recrecimiento de cuerpos lagunares, azudes y presas de relave minero o diques de cola.

Si bien, el territorio nacional presenta un alto porcentaje de recursos hídricos aún no explotados, actualmente varios proyectos hidráulicos en desarrollo prevén la construcción y puesta en operación de nuevas presas en los próximos años.

En el año 1999, mediante el decreto 239 del Poder Ejecutivo Nacional se crea el Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP), autoridad de aplicación de los contratos de concesión para la explotación de las 31 obras propiedad del Estado Nacional, como garante del cumplimiento de las obligaciones en la materia por parte de las empresas hidroeléctricas concesionarias.

En función de lo anterior, las presas concesionadas por el Estado Nacional disponen de un marco regulatorio para la seguridad estructural y operativa de sus instalaciones, que pro-





cura un tratamiento riguroso y homogéneo en la temática, bajo fiscalización del organismo regulador.

Independientemente de lo mencionado, la mayoría de las presas del país se encuentran bajo las jurisdicciones provinciales, donde la gestión de la seguridad sigue criterios y modalidades diferentes según lo adoptado en cada caso.

Con frecuencia se observa que las actividades de control, mantenimiento y previsiones frente a emergencias, son inadecuadas y hasta inexistentes.

El ORSEP tiene como misión fundamental lograr que todas las presas alcancen los más elevados estándares de seguridad, con el fin de proteger a la población y resguardar el patrimonio nacional.

En el marco de su misión es que ha desarrollado este documento sobre «*Lineamientos de Seguridad de Presas*», con el fin de proveer de un marco de referencia a todas las instituciones y personas con responsabilidades en la temática, para contribuir al establecimiento de los mejores estándares de seguridad en todas las presas del país.

Los presentes *Lineamientos* han sido redactados, fundamentalmente, para la gestión de la seguridad de las presas existentes. No obstante ello, podrán encontrarse puntos de aplicación a las fases del proyecto y construcción de las obras. Asimismo se encontrarán conceptos, criterios y procedimientos de aplicación a la seguridad de diques y terraplenes de protección contra inundaciones.

Las presas de relave minero, por sus características particulares, se encuentran fuera del alcance de los presentes lineamientos.

Para su redacción se han tenido en consideración documentos similares de otros países y de instituciones de reconocido prestigio internacional en la materia. Entre otras referencias se mencionan: *Lineamientos en Seguridad de Presas* de Canadá, Nueva Zelanda, Australia, Estados Unidos, el Reglamento Técnico Español y los boletines técnicos de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD).

El ORSEP entiende que los beneficios derivados de las mejores prácticas de la Seguridad de Presas, incluyen la protección pública y ambiental, el resguardo del patrimonio federal, una mayor confianza y mejor calidad vida de la sociedad, así como el aprovechamiento seguro y sostenible de los recursos del país.

El ORSEP entiende al presente documento como una guía dinámica, de necesaria revisión y actualización periódica en función del avance de los conocimientos y de las técnicas, así como de la experiencia y conocimientos de los usuarios.

La interpretación, verificación y aplicación de estos lineamientos recae sobre las instituciones y personas involucradas en la seguridad de presas. No se trata de una norma, ni de especificaciones de directa aplicación, sino de un marco orientador cuya aplicación deberá realizarse con prudencia y de acuerdo a las condiciones prevaletientes de cada caso.

## ■ I. PRINCIPIOS DE LA SEGURIDAD DE PRESAS

### 1. Introducción

Las presas y sus estructuras auxiliares y complementarias constituyen un tipo específico de obras cuya instalación pretende producir beneficios tangibles y mensurables para la sociedad. A la vez, presentan un cierto riesgo por las consecuencias que resultarían de una eventual falla operativa y/o colapso de la obra.

La seguridad pública y la protección ambiental plantean exigencias cada vez mayores en materia de la administración y la seguridad de estas instalaciones.

A fin de dar respuesta a las exigencias planteadas, se requieren *Sistemas de Gestión y Seguridad* de las presas y embalses, que aseguren la integridad y operación de las obras de acuerdo con las mejores prácticas y los estándares internacionalmente aceptados.

En este marco *Gestión de Presas y Seguridad de Presas* se entienden como expresiones sinónimas.

### 2. Objetivo de la Seguridad de Presas

El objetivo fundamental de la Seguridad de Presas es proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente, de los efectos perjudiciales de una operación inadecuada o del eventual colapso de las obras.

El objetivo mencionado se logra mediante la retención del embalse y el control de los flujos de salida de agua dentro de límites establecidos. Para lo mismo deberán implementarse todas las medidas razonablemente posibles tendientes a prevenir una falla de la obra, así como tomar las previsiones para actuar en caso de emergencias.







Como operación inadecuada se entiende todo apartamiento de las normas de diseño para la operación segura de las obras o de sus sistemas de seguridad.

Los límites especificados, resultan de los procesos de aprobación y habilitación establecidos por el *Organismo Regulador o la autoridad competente*.

El objetivo de la Seguridad de Presas debe estar presente durante todo el ciclo de vida de las obras: planificación, proyecto, construcción, puesta en marcha, operación, sustentabilidad a largo plazo y eventual desactivación.

### 3. Principios de la Seguridad de Presas

Un Sistema de Gestión de la Seguridad de Presas resulta imprescindible para la *Entidad Responsable* de la operación de las obras.

Este documento constituye una guía para el establecimiento de un marco de gestión integral, que permita abordar satisfactoriamente todas las metas de la *Entidad Responsable* en la gestión de la Seguridad de Presas.

El proceso de gestión, la cultura de la organización y las prácticas diarias, se encuentran profundamente interrelacionados a través de un complejo sistema de interconexiones. La integración de estos componentes requiere de un único sistema de gestión, que incluya las estructuras, recursos y procesos, a efectos de lograr la eficiencia y efectividad requeridas.

#### PRINCIPIO 1

**La responsabilidad primaria de la seguridad de la presa y de sus operaciones recae en la entidad directamente a cargo de las obras (*Entidad Responsable*)**

En ciertos casos la *Entidad Responsable* podrá ser una Institución o agencia de gobierno, propietaria de la presa y a cargo de la operación, con capacidad interna y/o de gestión de ingeniería de presas y administración de la seguridad.

En otros casos la *Entidad Responsable* podrá ser una firma privada concesionaria de la explotación de la obra, con responsabilidad directa sobre la seguridad de la presa y de las actividades operativas.

## PRINCIPIO 2

El marco legal y gubernamental de las actividades industriales, constituye la estructura sostén de la integridad operacional y la seguridad de presas.

El marco legal y gubernamental contempla las normas generales que rigen las actividades relacionadas con la integridad y operación de las presas y embalses, para la protección pública, de bienes, infraestructura y del medio ambiente.

El ORSEP es la autoridad de aplicación y órgano de control de los Contratos de Concesión de los Aprovechamientos Hidroeléctricos del Estado Nacional en materia de Seguridad de Presas (Decreto PEN 239/99).

Los Gobiernos Provinciales y Municipales son la autoridades superiores sobre las presas de sus respectivas jurisdicciones.

Las autoridades gubernamentales son responsables de fijar las normas y el marco regulatorio para la protección pública de los riesgos derivados de las presas y de su operación.

La *Entidad Responsable* de la presa tiene bajo su responsabilidad el control de los riesgos derivados de la presa y su operación, asegurando que los mismos se mantengan dentro de los niveles aceptables fijados por el marco legal correspondiente.

En los casos donde la *Entidad Responsable* sea una institución o rama del gobierno, es altamente recomendable su independencia de la institución con funciones regulatorias.

## PRINCIPIO 3

Implantar y mantener un liderazgo que asegure la gestión efectiva de la integridad operacional y la seguridad de presas.

En general, el liderazgo en las cuestiones de seguridad debería demostrarse en el nivel más alto de la organización.

Para implantar y mantener un elevado nivel de seguridad se requiere de un efectivo sistema de gestión. El sistema debe tener en cuenta y compatibilizar con distintos componentes de la administración, tales como la calidad, el factor humano, la seguridad del personal, previsiones





presupuestarias y de organización, y demás factores que puedan interferir con el logro de los objetivos.

El sistema de gestión debe promover una cultura de la seguridad, la evaluación periódica del comportamiento del propio sistema, y la aplicación de las lecciones derivadas de la experiencia. Deberá alentar el compromiso individual y de grupo con la seguridad en todos los niveles de la organización.

A fin de prevenir fallas humanas deberá tenerse especial atención en la capacitación del personal, promoviendo y respaldando las buenas prácticas y su adecuado comportamiento.

El gerenciamiento debe asegurar que un elevado nivel de seguridad sea alcanzado en todas las instalaciones y actividades operativas.

#### **PRINCIPIO 4**

**La construcción y operación de una presa debe ser claramente justificada.**

El posible colapso o falla operativa de una presa representa un riesgo para la población, en función de la potencial pérdida de vidas, daños a la propiedad e impacto ambiental.

La construcción y operación de una presa debe ser claramente justificada en función de significativos beneficios para la población, por encima de un riesgo controlado y aceptable para quienes habitan aguas abajo.

#### **PRINCIPIO 5**

**El nivel de seguridad de una presa debe ser tan elevado como razonablemente posible.**

El nivel de seguridad de las instalaciones y de las actividades operativas de la presa deberá ser, durante toda la vida útil, el más elevado posible sin afectar indebidamente su aprovechamiento.

Con tal fin deberán evaluarse periódicamente los riesgos derivados de una posible falla de la presa o de una mala operación. El análisis deberá tener en cuenta la importancia relativa de distintos factores, entre



otros: el número de personas en riesgo, probabilidad de ser afectados, factores económicos, sociales y ambientales.

Las prácticas de seguridad y los recursos aplicados por la *Entidad Responsable*, serán proporcionales a la magnitud de los riesgos asociados a la presa.

Se entiende por «vida útil» la vida física de la presa, no su vida económica.

### **PRINCIPIO 6**

**Las medidas de seguridad deberán procurar que ninguna persona soporte un riesgo inaceptable de daño y que el riesgo social no supere los límites establecidos por la Autoridad Estatal pertinente.**

Los límites de riesgo en general representan un tope legal de aceptabilidad. Los mismos no son suficientes en sí mismos para asegurar la mejor protección a la que pueda aspirarse en circunstancias dadas. Deberán realizarse todos los esfuerzos razonablemente posibles para optimizar la seguridad, limitando los riesgos a niveles aceptables por la sociedad.

### **PRINCIPIO 7**

**Las presas y embalses deben ser sustentables a largo plazo. Con tal fin deben realizarse todos los esfuerzos razonables para prevenir y mitigar fallas y accidentes.**

Es fundamental tener en cuenta que las decisiones que se tomen en seguridad de presas, no sólo serán de importancia para la sociedad actual, sino que también podrán afectar a generaciones futuras.

A fin de minimizar la posibilidad de fallas o accidentes deberán implementarse, en lo posible, múltiples líneas de defensa, tal que la pérdida de una de las mismas no represente la falla total del sistema.

Un sistema de defensa en profundidad se logra mediante:

- Un sistema de gestión efectivo que incluya un fuerte compromiso de la gerencia y una sólida cultura de la seguridad.





- La incorporación de las mejores prácticas en el diseño y la ingeniería del sistema de seguridad. Lo mismo implica asegurar:
  - Diseño, tecnología y materiales de alta calidad y confiabilidad.
  - Sistemas efectivos de control, protección y supervisión.
  - Combinación adecuada de atributos de seguridad mediante ingeniería.
  - Adecuados procedimientos operativos y prácticas integrales.

### PRINCIPIO 8

Deberán asegurarse las provisiones necesarias para actuar en caso de emergencias.

Los objetivos de la planificación frente a emergencias, por eventual colapso de la presa, incidentes o accidentes operativos, son el control y protección de las propias instalaciones y personal, así como el mitigar el impacto aguas abajo.

Toda presa en que su eventual colapso o falla operativa pueda resultar en la pérdida de vidas humanas, deberá indispensablemente contar con un *Plan de Acción Durante Emergencias (PADE)*.

## ■ II. GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DE PRESAS

### 1. Introducción

La Gestión de la Seguridad de Presas tiene por fin prevenir la ocurrencia de fallas, tanto estructurales como operativas, así como la preparación frente a emergencias.

Se requiere por tanto de un Sistema de Gestión, marco de las actividades, procesos y decisiones, relativos a la seguridad de las presas existentes y de sus obras auxiliares.

La planificación e implementación de este Sistema, requiere de criterios, prácticas y procedimientos establecidos y aceptados internacionalmente. Como referencia se dispone de numerosas publicaciones técnicas de Instituciones de presti-

gio, tales como los boletines del International Commission on Large Dams (ICOLD), lineamientos en Seguridad de Presas de diversos países y otros documentos de importancia.

Las actividades en seguridad derivadas del Sistema de Gestión, deberán en todo caso cumplir con las políticas públicas y las normas en la materia dictadas por el Estado.

Toda Gestión de la Seguridad de Presas deberá ajustarse, en alcance y profundidad, a las posibles consecuencias de una falla, así como a las características y estado de las estructuras.

## 2. Sistema de Gestión de la Seguridad de Presas (SGSP)

La autoridad competente del Estado (Nacional, Provincial, Municipal) es responsable última del control y regulación de la seguridad, durante todo el ciclo de vida de las obras, desde el proyecto hasta su eventual desmantelamiento.

La *Entidad Responsable* a cargo de la operación y el mantenimiento de la presa, es responsable primaria de la gestión de la seguridad, en cumplimiento de las normas y directivas del Estado.

A fin de garantizar la seguridad estructural y operativa de las obras, la *Entidad Responsable* deberá contar con un efectivo *Sistema de Gestión de la Seguridad de Presas (SGSP)*.

Un SGSP debe desarrollarse desde una visión integral del problema, contemplando los aspectos de planificación, procedimientos, revisión y medidas correctivas, mantenimiento y vigilancia, ensayos, planes de emergencia, registro y resguardo de la documentación, capacitación del personal, y demás aspectos pertinentes.

Un SGSP debería incorporar las siguientes actividades esenciales (*Gráfico 1*):

- **Planificación**

Programas para el cumplimiento de las políticas y objetivos de la seguridad.

- **Verificación**

Revisión de programas y resultados para evaluar la efectividad.

- **Implementación**

Procedimientos documentados con clara división de responsabilidades. Implementación de las mejores prácticas aceptadas internacionalmente.







Gráfico 1. Esquema General de un Sistema de Gestión de la Seguridad de Presas de la Entidad Responsable.



#### • Información

Informes de comportamiento de las obras, de anomalías y resultados de acciones correctivas, sobre previsiones frente a emergencias, sobre eventos extremos (sismos, crecidas) etc.

#### • Evaluación de gestión

Evaluación de la gestión por parte de la *Entidad Responsable*.

El Sistema de Gestión podrá ser específico a una sola presa, o con alcance a un grupo de presas bajo un mismo operador responsable.

La administración de presas en cascada deberá asegurar que los impactos operativos, aguas arriba y aguas abajo de cada obra, se identifiquen y gestionen de manera adecuada.

Las entidades responsables de la operación deberán prestarse máxima colaboración recíproca, a fin de garantizar la seguridad y minimizar las eventuales consecuencias derivadas de emergencias, en estricto cumplimiento de las normas dictadas por el Estado.

### 3. Componentes del Sistema de Gestión

#### 3.1 Políticas de Seguridad de Presas

La *Entidad Responsable* de la presa debe contar con una política demostrativa del fuerte compromiso de la organización, con una gestión efectiva de todos los aspectos asociados a la seguridad de las obras. Esta política se enmarca en los siguientes conceptos:

*Clara definición de criterios y prácticas de seguridad, en cumplimiento de los mejores estándares aceptados en la materia y de las normas establecidas por el Estado.*

*La máxima responsabilidad de la seguridad de la presa representada en el nivel más elevado de la conducción.*

*Clara delegación de facultades y definición de responsabilidades en todas las actividades vinculadas a la seguridad.*

*Definición del proceso para la toma de decisiones.*

Un SGSP requiere de una precisa identificación de las funciones, facultades y responsabilidades de las distintas unidades de la organización, así como de los responsables individuales a cargo de las distintas actividades, sean operativas, de vigilancia, de mantenimiento y para situaciones eventuales de emergencia.

A fin de garantizar que los objetivos de seguridad no queden relegados a otros de índole comercial, la máxima responsabilidad de la seguridad estructural y operativa de la presa debe encontrarse representada en el nivel más alto de conducción.

En concordancia con lo anterior la alta gerencia debe informarse periódicamente del estado de seguridad de las instalaciones, así como de los niveles de riesgo y aspectos normativos relacionados.

Los conceptos y principios enunciados cobran aún mayor importancia para grandes organizaciones, responsables primarias de la operación de obras de envergadura y/o donde las consecuencias de una falla fueran significativas.





### 3.2 Planificación

La planificación incluye identificar los componentes del programa de trabajo, la asignación de responsabilidades en cada caso, así como el asegurar los recursos necesarios para la concreción de las distintas actividades.

Los planes deben incluir las metodologías de implementación, los estándares aceptables y la frecuencia para la ejecución de determinadas tareas.

*En general suelen considerarse tres niveles de planificación: a largo plazo, anual y operativo.*

El Plan Anual de Seguridad debe identificar los elementos del programa, el presupuesto asignado, la unidad coordinadora responsable, las prioridades y las relaciones con otras tareas y unidades organizativas.

Las distintas unidades organizativas deben coordinar las tareas de seguridad que le han sido asignadas con sus demás tareas y prioridades.

Los planes operativos (específicos para determinada tarea o proyecto) deberán tener en cuenta los permisos normativos, las restricciones ambientales o específicas del sitio, los riesgos asociados a la ejecución de las tareas y las previsiones para su mitigación.

### 3.3 Implementación

La implementación de un programa de seguridad de presas implica la puesta en marcha y el mantenimiento de múltiples actividades, tales como las tareas de control del comportamiento estructural de las obras, la revisión periódica y actualización de los criterios de diseño y operativos, inspecciones y registros de instrumentación, detección de anomalías y su evaluación, acciones correctivas, ensayos de equipos hidromecánicos, preparación y actualización de planes de acción en emergencias y demás tareas relacionadas. Todas las tareas deben estar adecuadamente planificadas e integradas en el SGSP.

El SGSP debe permitir detectar a tiempo eventuales anomalías o deficiencias ya sean estructurales u operativas, permitiendo su pronta evaluación y las medidas correctivas que fueran necesarias.

Los trabajos correctivos deberán estar respaldados por estudios y proyectos desarrollados por profesionales y/o firmas con experiencia, y su ejecución a cargo de empresas con antecedentes en la ejecución de obras de similares características.



### 3.4 Verificación y Revisión

Las tareas de verificación implican revisiones del estado de las instalaciones y de su comportamiento, así como una revisión del Sistema de Gestión de la Seguridad en todas sus partes.

En obras de envergadura y/o donde las consecuencias de una eventual falla puedan ser significativas (presas de elevado impacto -categoría I, ver tabla 1, pág. 23) es de práctica general la realización periódica de Auditorías Técnicas por Consultores Independientes.

El Sistema de Gestión de la Seguridad también deberá ser revisado con regularidad. Esta revisión debería incluir las políticas, planificación, procedimientos para la toma de decisiones, niveles de compromiso, así como todas las actividades vinculadas a la seguridad. Al igual que en el caso anterior estas revisiones deben ser realizadas por profesionales externos de probada experiencia en la materia.

Toda vez que ocurriera un accidente o un hecho significativo para la seguridad, la *Entidad Responsable* debería realizar una exhaustiva investigación de las causas que dieron lugar al mismo, minimizar la posibilidad de que lo mismo pueda repetirse, y asegurar que la experiencia sea incorporada al sistema y transferida al personal.

Asimismo, en las presas clasificadas en las categorías I y II, deberán realizarse ensayos de los equipos electromecánicos de los órganos de evacuación de caudales con una frecuencia anual

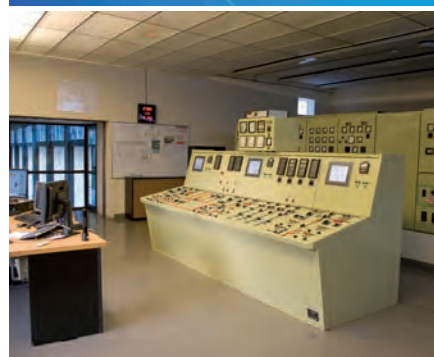
### 3.5 Informes

Las máximas autoridades de la *Entidad Responsable* deben ser informadas periódicamente de las condiciones de seguridad estructural y operativa de la obras, de las mejoras y trabajos correctivos realizados y a realizar, de las previsiones existentes frente a emergencias, así como del funcionamiento del SGSP y de su actualización.

En particular, deberán destacarse deficiencias y problemas pendientes de resolución, incidentes ocurridos, propuesta de medidas correctivas y recursos necesarios para su implementación, posibles mejoras al sistema de gestión y todo otro aspecto que tenga relevancia para la seguridad.

### 3.6 Evaluación de Gestión

Con el resultado de las tareas de verificación y revisión indicadas en el título II.3.4, la *Entidad Responsable* evaluará la necesidad y/o conveniencia de confirmar las políticas adopta-





das o proceder a su adecuación, y de realizar los ajustes del proceso de gestión si ello fuera pertinente.

## 4. Procesos de Respaldo

Deberán establecerse procesos de respaldo que aseguren una efectiva implantación del SGSP. Estos procesos incluyen: la capacitación y calificación del personal, una comunicación adecuada de la política y el programa de seguridad, así como el registro permanente del proyecto, construcción, operación y de las actividades de gestión de la seguridad de la presa y sus instalaciones.

### 4.1 Capacitación y Calificación del Personal

Todo el personal vinculado a las actividades de seguridad de la presa debe ser adecuadamente capacitado, acorde con su misión y función dentro del sistema.

La capacitación debe incluir el conocimiento de las instalaciones, de su funcionamiento, de los sistemas de control, peligros y accidentes potenciales, las previsiones frente a emergencias y demás aspectos relevantes para la seguridad.

La capacitación debe también contemplar los problemas y características particulares de cada sitio, los distintos modos posibles de fallas, sus complejidades e interacciones.

Deberá alentarse a que el personal se mantenga actualizado con relación a nuevos procedimientos y herramientas tecnológicas. A la vez, los titulares deberán participar de los esfuerzos y avances de la industria y la ingeniería de presas, para una actualización y mejora permanente acorde a la importancia y complejidad de sus instalaciones.

La *Entidad Responsable* deberá también asegurar la participación de consultoría de adecuado nivel y experiencia toda vez que sea necesaria.

### 4.2 Comunicación

Es de vital importancia que la política, el compromiso de la gerencia y el programa de seguridad sean comunicados con claridad y entendidos por el personal. Los esfuerzos en este sentido deben apuntar a lograr una elevada conciencia en la temática y una cultura de mejora continua.

Se deberá fomentar una comunicación ascendente y abierta, que asegure una pronta comunicación a los niveles superiores de decisión, de cualquier problema o incidente que pueda afectar a la seguridad.

Con relación a tareas correctivas o de mantenimiento de cierta significación, se deberá asegurar una comunicación hacia el público, oportuna, precisa y coherente, que asegure la adecuada comprensión de los beneficios y riesgos controlados de los trabajos a realizar.

En el mismo sentido será fundamental transmitir y mantener adecuados canales de comunicación pública sobre las condiciones de seguridad de las obras y de las previsiones para actuar en casos de emergencia.

### 4.3 Registros de la Documentación

Deberá mantenerse un registro actualizado de la documentación del proyecto de la presa y obras auxiliares, de la construcción, operación y de las actividades de gestión de la seguridad.

#### **TALES DOCUMENTOS INCLUYEN:**

- Permisos y licencias. Contratos de concesión.
- Registros y memorias del proyecto.
- Criterios de diseño y cálculo hidráulico y estructura empleados.
- Registro de estudios hidrometeorológicos.
- Registro de Investigación Geotécnica.
- Registro de normas y reglamentos para el diseño, cálculo y especificación técnica.
- Planos conforme a obra.
- Informes finales de construcción.
- Registros fotográficos.
- Lecturas de instrumentación.
- Informes de inspecciones y ensayos.
- Revisiones de la seguridad.
- Estudios de investigación y especiales.
- Incidentes y accidentes. Acciones de respuesta.
- Registros de capacitación del personal.
- Registros de ensayos de órganos de control de caudales.
- Planes de Acción Durante Emergencia. Prácticas y actualizaciones.
- Toda otra información relevante para la seguridad.

Deberá asegurarse el resguardo, disponibilidad y acceso a los registros de la documentación, durante todo el ciclo de vida de la presa.

Ciertos documentos, por su naturaleza, deberán estar bajo control, siendo revisados y actualizados periódicamente,







para luego ser aprobados por la autoridad designada. Entre los documentos bajo control se encuentran el Manual de Operación, Mantenimiento y Vigilancia (o documentos equivalentes) y el Plan de Acción Durante Emergencias (PADE).

Cambios significativos en las operaciones, requisitos normativos, trabajos correctivos o mejoras, etc., deberán dar lugar a una actualización de la documentación correspondiente.

Los documentos obsoletos deberán darse de baja y puestos fuera de circulación.

## ■ III. CLASIFICACIÓN DE PRESAS

### 1. Finalidad

La finalidad de la clasificación es proporcionar una guía sobre el estándar de cuidado que debería aplicarse en la gestión de la seguridad de las presas existentes, en función de las consecuencias potenciales que produciría la falla de una presa. Es decir que se propone categorizar las presas, para distinguirlas en función de los daños que una descarga incontrolada del embalse pudiera producir, con el fin de establecer los niveles y procedimientos de seguridad pertinentes.

### 2. Alcance

La clasificación propuesta se ha adoptado en función de experiencias y estándares internacionales. La misma no debe tomarse como prescriptiva, constituyendo una herramienta de ayuda para las autoridades responsables de la clasificación de una presa.

### 3. Criterio adoptado

Se ha adoptado un sistema de clasificación basado en las consecuencias incrementales que produciría la falla potencial de una presa (accidente o colapso). Las consecuencias incrementales son aquellos daños o pérdidas adicionales a los que podrían haber ocurrido debido al mismo evento, si la presa no hubiese fallado. Las consecuencias incrementales se han dividido en: pérdida de vidas humanas, daño socioambiental y pérdidas económicas. Las mismas se corresponden con el escenario de falla más desfavorable que pueda presentarse: falla con buen tiempo o falla inducida por crecida.

## 4. Sistema de Clasificación

En la Tabla 1 se presenta el esquema de clasificación de presas propuesto.

La categoría debe determinarse de acuerdo a las consecuencias incrementales más severas, ya sea pérdida de vidas, daño socioambiental o económico.

Para clasificar una presa en las Categorías II y III será necesario verificar que los tres tipos de consecuencias incrementales no superen la consigna establecida para la categoría respectiva. Si sólo una de las consignas se supera, la presa calificará en la categoría que se corresponde con esa consigna. Por ejemplo, si se determinara que la falla de una presa no produciría pérdida de vidas ni daño socioambiental significativo, pero resultaría en elevado daño económico, la presa se clasificará en la Categoría I. Para clasificar una presa en la Categoría I, basta con verificar que una sola de las consecuencias incrementales alcanza la consigna establecida para esta cate-

CATEGORÍA		CONSECUENCIAS INCREMENTALES		
Designación	Nivel de Consecuencias	Pérdida de vidas	Daño Socioambiental	Daño económico
I	Alto	Si	Alto	Alto
II	Significativo	No	Significativo	Significativo
III	Bajo	No	Bajo	Bajo

Tabla 1 - Clasificación de Presas

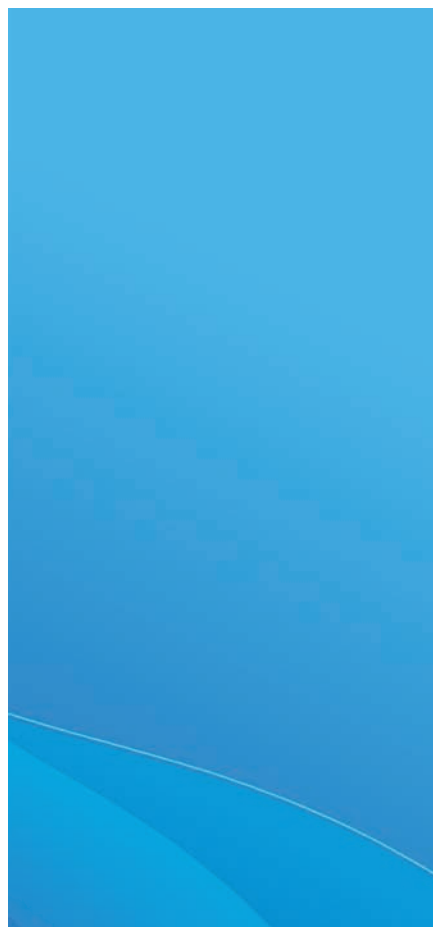
goría. Por ejemplo, si se determina que la falla de una presa implica la pérdida de vidas, la presa clasificará en la Categoría I, sin necesidad de realizar la evaluación de las pérdidas socioambientales y económicas. En los casos que existan dos o más presas en un mismo río (en cascada), si la presa ubicada aguas arriba provoca la rotura de la presa aguas abajo, su clasificación debe ser al menos tan alta como la clasificación de la presa aguas abajo.

### *Caracterización de las Categorías*

#### a) Categoría I -Nivel de Consecuencias Alto

##### **Pérdida de vidas**

Es posible que ocurran pérdidas de vida. Existe población en riesgo en zonas cercanas a la presa, y/o en zonas alejadas pero muy pobladas, en las cuales, aún con un rápido aviso existe la posibilidad que alguna persona pueda perder la vida.





### **Daño socioambiental**

Afectación de bienes ambientales de gran valor. Daños ambientales no recuperables o recuperables a largo plazo. Afectaciones a la vida y a la salud humana. Pérdidas o deterioros de importantes hábitats de la fauna y de la flora. Afectación a instalaciones de producción, almacenamiento o transporte de sustancias peligrosas que puedan afectar al medio ambiente o a las personas.

### **Daño económico**

Grandes pérdidas económicas. Afectación a bienes y servicios públicos y privados. Daños a la infraestructura, servicios, viviendas, instalaciones industriales y comerciales.

## **b) Categoría II – Nivel de Consecuencias Significativo**

### **Pérdida de vidas**

No se esperan pérdidas de vida. Existe población en riesgo pero en zonas muy alejadas a la presa, de manera que es posible dar el aviso con tiempo suficiente para asegurar su evacuación. La población en riesgo, para esta categoría, se limita a pobladores rurales y/o a poblaciones pequeñas (asentamientos urbanos de menos de 2.000 habitantes).

### **Daño socioambiental**

Daños ambientales significativos pero recuperables en el corto plazo. El hábitat de la flora y la fauna se pierde solo en forma marginal. No hay afectaciones a instalaciones de producción, almacenamiento o transporte de sustancias peligrosas que puedan afectar al medio ambiente o a las personas.

### **Daño económico**

Pérdida de obras de infraestructura y de servicios menores, que afecten a un limitado número de usuarios, pérdida de instalaciones recreativas, pérdida de lugares de trabajo estacionales.

## **c) Categoría III -Nivel de Consecuencias Bajo**

### **Pérdida de vidas**

No se esperan pérdidas de vida. No existe población en riesgo por lo que no hay posibilidad de pérdida de vidas excepto debido a desgracias impredecibles.

### **Daño socioambiental**

Pérdidas mínimas a corto plazo y no existen pérdidas a largo plazo.



### **Daño económico**

Pérdidas económicas menores y generalmente circunscritas al dueño de la presa. El área afectada comprende infraestructura y servicios limitados.

## **5. Consideraciones conceptuales para la estimación de las consecuencias incrementales**

A continuación se desarrollan criterios y conceptos generales a tener en cuenta para la evaluación de los distintos tipos de daño que contempla la clasificación propuesta. Los métodos y procedimientos para su valoración o cuantificación están fuera del alcance de estas guías. Sin perjuicio de lo anterior, en algunos casos se hace referencia a metodologías que podrían aplicarse en caso que no se disponga de una solución más precisa.

### *General*

- Los daños deben ser evaluados tanto en el valle aguas abajo de la presa en la zona afectada por la onda de inundación, como en la zona aguas arriba de la presa afectada por el vaciado del embalse.
- Los análisis conducentes a la evaluación de las consecuencias deben incluir la caracterización de la rotura de la presa, la propagación de la onda de crecida, la elaboración de mapas de inundación y la evaluación de los impactos. Pueden aplicarse una gran variedad de métodos para cada uno de esos pasos, cuya elección dependerá de la información necesaria.
- En general, es conveniente realizar un análisis preliminar utilizando procedimientos simples y conservadores para obtener una primera aproximación del nivel de consecuencias. La complejidad y precisión deben aumentar si existiera la necesidad de obtener mayores detalles para confirmar la clasificación de la presa. Este enfoque permite utilizar la clasificación por consecuencias para estructuras pequeñas o con evidentes bajas consecuencias, evitando realizar costosos y detallados estudios.
- Independientemente de la confiabilidad y precisión de las metodologías utilizadas para la evaluación de las consecuencias, el buen criterio y el juicio equilibrado de los analistas deben prevalecer en la valoración final.





### *Pérdida de vidas*

- La estimación de la pérdida esperada de vidas requiere, en primer lugar, de la determinación de la población en riesgo, es decir todas aquellas personas directamente expuestas que se encuentran dentro del área que abarca la inundación provocada por la falla de una presa.
- Las potenciales pérdidas de vida dependen de diversos factores muy inciertos y variables: la distancia desde la presa, el tiempo de aviso, el momento del día, la profundidad y velocidad del agua, la topografía, la densidad de la población y las características de la movilidad de la misma, entre otros.
- La clasificación propuesta no requiere que necesariamente se realice una cuantificación de las pérdidas esperadas de vida. Por lo tanto la evaluación de la potencial pérdida de vidas podrá realizarse tanto cuantitativa como cualitativamente; en este último caso alcanzará con evaluar la posibilidad o no de que ocurran pérdidas de vida.
- La evaluación de las pérdidas esperadas de vida debería considerar escenarios específicos que tengan en cuenta la mayor cantidad de los factores que intervienen. Los criterios, las presunciones, los razonamientos y los cálculos deben documentarse claramente.
- Si bien no existe una metodología de aplicación universal para la estimación de pérdida esperada de vidas, una guía se encuentra en la publicación «*A Procedure for Estimating Loss of Life Caused for Dam Failure. DSO-99-06*» elaborado por Wayne Graham para el USBR.

### *Daño Económico*

- El cálculo de las pérdidas económicas debería considerar los daños materiales soportados por terceros cuantificables en términos económicos, sean directos (destrucción de elementos) o indirectos (reducción o pérdida de producción), incluyendo:
  - Daños a viviendas, instalaciones industriales, instalaciones con fines sociales, instalaciones comerciales, establecimientos agropecuarios y todas las instalaciones relacionadas con la producción de bienes afectados por la inundación.

- Daños a la infraestructura y a los servicios: sistemas de transporte, sistemas de comunicaciones, sistemas de suministro de energía, sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento. En la valoración de estos daños se debería tener en cuenta el tiempo de interrupción de cada sistema.
- Daños en la presa y su impacto en la sociedad.
- También podrían incluirse como consecuencias económicas, a aquellos impactos sociales y culturales a los cuales se les puedan asignar costos o valores.

La calificación de los daños económicos podría realizarse comparando el valor total de daños calculado, con el valor Producto Bruto de la región afectada (PBRA) por la falla de la presa. Podría considerarse que los daños económicos son bajos si son inferiores al 1 % de PBRA y que son altos si superan el 10 % del PBRA.

### *Daño socio ambiental*

- Se incluyen aquí las pérdidas ambientales así como los daños a referencias históricas y culturales.
- Debido a su naturaleza multifacética sería muy difícil, cuanto no imposible, llegar a un valor numérico único que caracterice la extensión de estos daños, por lo que resulta más apropiado realizar una evaluación cualitativa de los mismos.
- La magnitud de estas pérdidas debería evaluarse en términos de la factibilidad de su restitución y del tiempo que demoraría lograrlo.
- La evaluación del daño socioambiental deberá realizarse en consonancia con la Legislación Ambiental de la Nación y de las Provincias afectadas por la inundación provocada por la falla de una presa.

## 6. Revisiones periódicas de la clasificación de la presa

El impacto que produce la falla de una presa puede cambiar durante su ciclo de vida, debido a la naturaleza y a la ocupación de los valles tanto aguas abajo como aguas arriba.

Por ello es necesario que, en forma periódica, se realice una revisión de las consecuencias. Una revisión cada 10 años sería recomendable, excepto que en la zona afectada por la inundación se produzcan cambios muy evidentes (por ejemplo





la incorporación de instalaciones industriales peligrosas), en cuyo caso la revisión de la categoría de la presa se realizará inmediatamente después de haberse producido dichos cambios.

## ■ IV. OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y VIGILANCIA

### 1. Introducción

En esta sección se describen las actividades de operación, mantenimiento, control del comportamiento y auditoría, que la *Entidad Responsable* de una presa debería desarrollar para el funcionamiento seguro de las instalaciones.

Los procedimientos que aquí se enuncian deben quedar documentados en Manuales de Operación, Mantenimiento y Vigilancia (MOMV), a ser elaborados durante la construcción de las obras y posteriormente actualizados periódicamente durante la explotación de las mismas. En el caso que estos documentos no existieran debe procederse a su inmediata elaboración.

Dependiendo de la categoría e importancia de la obra, los MOMV podrán integrar un único documento o bien conformar diferentes documentos específicos y autónomos.

Las actividades de mantenimiento deberán ejecutarse prioritariamente y documentarse adecuadamente, considerando debidamente la seguridad de la presa.

El control del comportamiento de las obras, con base en las tareas de inspección y auscultación, resulta fundamental a fin de la detección temprana de anomalías y la toma de acciones correctivas en caso necesario.

### 2. Requisitos generales

Todas las presas y embalses deben ser operados y mantenidos acorde a las mejores prácticas y estándares de seguridad aceptados y en cumplimiento de las normativas dictadas por el Estado.

Los procedimientos de operación, mantenimiento y vigilancia deben tener en cuenta las condiciones de operación normal y las condiciones excepcionales que puedan pudieran presentarse. Estos procedimientos deben ser revisados y actualizados periódicamente por la *Entidad Responsable* de la seguridad de las obras.

El alcance de los MOMV deberá ser adecuado a la categoría de la presa, según el nivel de su potencial impacto en caso de accidente operativo o colapso. En general las presas de



reducido impacto, que no presenten una amenaza para la vida de personas ni eventuales daños significativos aguas abajo, requerirán de una vigilancia de menor intensidad y de procedimientos operativos menos rigurosos que las presas de impacto medio a elevado (categorías II y I).

Todo el personal vinculado a las tareas de operación, mantenimiento y vigilancia, deberá encontrarse adecuadamente capacitado acorde a la misión y funciones asignadas en la organización.

En general para presas clasificadas de mediano a elevado impacto, los MOMV deberían incluir como mínimo:

- Descripción de la presa mediante una selección de planos clave del proyecto y conforme a obra.
- Procedimientos de operación de los componentes funcionales.
- Requisitos de estado de las obras y condiciones de seguridad.
- Procedimientos de mantenimientos de rutina de los equipos y estructuras.
- Requisitos de puesta a punto de los equipos.
- Requisitos de inspecciones y auscultación.
- Procedimientos de evaluación, niveles de aceptabilidad y para la toma de decisiones.
- Procedimientos en situaciones de emergencia.

En el punto 5.2 se indican frecuencias típicas de las inspecciones y en el punto 5.3 se señalan frecuencias típicas de tareas de auscultación.

### 3. Operación

#### 3.1 Criterios Operativos y Restricciones

La explotación de una presa requiere de límites operativos claros y de información suficiente y confiable que permita asegurar el cumplimiento de dichos límites, en salvaguarda de la integridad de las estructuras y en prevención de eventuales accidentes.

Las restricciones a las operaciones de una presa tendientes a resguardar su integridad, deben definirse en la etapa del proyecto y luego revisarse periódicamente durante la explotación. Estas restricciones deben tenerse en cuenta en el desarrollo de los procedimientos operativos y deberían incluir:

- Caudales máximos de descarga de los equipos de control.
- Nivel máximo de operación del embalse.





- Niveles de operación normal.
- Restricciones a las operaciones bajo circunstancias especiales de llenado o descenso del embalse (primer llenado, vaciado rápido, etc.).
- Restricciones legales.
- Restricciones estacionales.
- Restricciones ambientales.

La extensión de los criterios y restricciones operativas, deberá ajustarse a la complejidad y características de cada sitio, así como al nivel de impacto del eventual colapso de la presa o de una falla operativa.

### 3.2 Datos y Sistemas

Los operadores de las presas requieren de datos y sistemas para el respaldo de sus decisiones. Entre la información y datos requeridos se mencionan:

- Niveles del embalse y de restitución en tiempo real para la toma de las decisiones operativas.
- Procedimientos para el cálculo del caudal erogado mediante las unidades de generación y/o los órganos de control.
- Sistemas de información climática y de caudales en la cuenca.
- Curvas altura -volumen el embalse.
- Estadísticas de crecidas.
- Curvas de descarga de los órganos de evacuación de caudales.
- Herramientas para simular la operación de los embalses.

### 3.3 Procedimientos Operativos

Los procedimientos operativos deben quedar claramente establecidos para las condiciones de operación normal, inusual y de emergencia.

- *Condiciones normales.* Son las que se esperan a lo largo de la mayor parte del ciclo de vida de las obras.
- *Condiciones inusuales.* Eventos sísmicos, crecidas, fallas en los órganos de control, obstrucciones, etc.
- *Condiciones de emergencia.* Accidentes o eventos que requieren intervención inmediata y particular a fin de minimizar el riesgo de fallas de la presa o sus estructuras auxiliares.

Los procedimientos deben ser suficientemente detallados y claros en las acciones a tomar frente a los diferentes escenarios y los responsables de las mismas.

Los procedimientos deben incluir el requisito de documentar las distintas condiciones operativas y las acciones tomadas, tales como niveles del embalse, caudales de descarga, operaciones de los equipos, eventos inusuales, alarmas y medidas resultantes, y todo detalle o incidente relacionado con las operaciones.

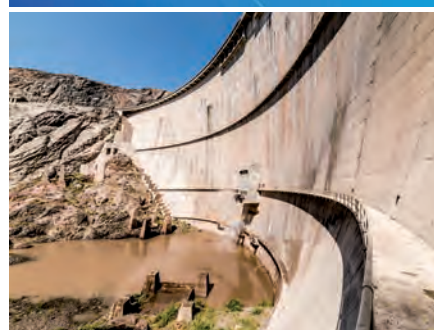
El registro de las operaciones y las acciones que se tomen, resultará fundamental a las revisiones periódicas del sistema, tendientes a eventuales correcciones, capacitación del personal y/o mejoras operativas generales.

### 3.3.1 Operaciones Normales

Los procedimientos de operación en condiciones normales deben documentarse adecuadamente e incluir lo siguiente:

- La definición de facultades y responsabilidades del personal de operación.
- Los procedimientos operativos de los órganos de control de caudales, apertura de compuertas, notificaciones, alarmas y toda otra acción preventiva.
- Identificación de las áreas afectadas por las operaciones, incluyendo las comunidades aguas abajo, las industrias y responsables de otras presas, como toda área sensible susceptible de ser inundada por descargas operativas, aún inferiores a la capacidad máxima del vertedero.
- Los requerimientos de personal y el tiempo necesario para completar las operaciones del sistema.
- Los protocolos de comunicación con las distintas partes interesadas.
- Todo procedimiento necesario para asegurar el funcionamiento de las compuertas en situaciones de crecidas, manejo de detritos, instalación de barreras, operaciones especiales, etc.

Las reglas frente a la operación de crecidas deben quedar claramente definidas al comienzo de la explotación de la presa, a efectos de que el personal pueda seguir las mismas sin necesidad de consulta o aprobación específica.





### 3.3.2 Operaciones Inusuales

Los operadores deben estar capacitados para pasar de una operación en condición normal, a la condición de operación inusual o de emergencia. Los procedimientos correspondientes deben incluir las notificaciones internas a realizar, los planes de contingencia provisionales (para evacuación o manejo alternativo del embalse), así como los criterios para regresar a la condición normal de operación.

En general deberá contarse con previsiones y/o adecuada preparación del personal, frente a posibles desvíos de la condición normal, tales como las siguientes:

- Salida de servicio de equipos de control de caudales por mantenimiento u otra actividad programada.
- Inoperatividad de los equipos de control de caudales por falta de energía, atascamiento de compuertas, obstrucciones, etc.
- Falla de una presa aguas arriba o de otra estructura de retención de agua.
- Descensos rápidos del embalse que pudieran afectar la estabilidad de taludes en el embalse o en la propia presa.
- Sumideros, asentamientos y/o filtraciones repentinas o aumento de caudales de drenaje no previstos.
- Fallas en los sistemas de control.
- Imposibilidad de acceso al sitio en condiciones normales o de crecidas.

Una identificación temprana de anomalías o apartamientos del funcionamiento normal de las instalaciones, así como las medidas de control y acciones que correspondan, suelen ser determinantes para la seguridad de la presa.

En presas de mediano a elevado impacto (categorías II y I) por fallas operativas o eventual colapso, debería disponerse de dispositivos de alerta y/o alarma, que permitan advertir a los operadores de condiciones inusuales o de emergencia.

### 3.3.3 Operaciones en Emergencias

Los procedimientos de las operaciones durante emergencias se encuentran generalmente definidos en un *Plan de Acción Durante Emergencias* (punto VIII de la presente guía).

No obstante lo dicho, resulta conveniente disponer de previsiones en cuanto a medidas paliativas que el personal pueda adoptar en situaciones inusuales, a fin de evitar el progreso



hacia situaciones de emergencia extrema (colapso de la presa).

Estas posibles medidas pueden quedar expresadas ya sea en el MOMV o en el PADE.

En todo caso debe quedar claramente expresada la autoridad del personal operativo para iniciar los procedimientos de emergencia.

### *3.4 Control de caudales*

Las operaciones relacionadas con el sistema de control de caudales deben identificarse y documentarse adecuadamente. Las mismas deben ser realizadas siguiendo las recomendaciones de uso, fijadas en los manuales de operación y mantenimiento confeccionados por los fabricantes y/o conforme a las especificaciones de los mismos.

Los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos, son herramientas operativas fundamentales para la seguridad de las operaciones. Deberá disponerse de procedimientos que garanticen la calidad en el diseño e implementación de estos sistemas, así como prever su verificación periódica, tal de asegurar la información correcta y oportuna para la operación de los órganos de evacuación de caudales. Toda vez que sea posible deberá disponerse de alarmas para advertir sobre anomalías del funcionamiento.

Los sistemas de emergencia pueden incluir alarmas tempranas de rotura de la presa, alimentación eléctrica alternativa y demás equipos relacionados.

Todos estos sistemas deben ser incluidos en el programa de mantenimiento y vigilancia de la obra, a fin de asegurar su funcionamiento adecuado cuando sea necesario. El conocimiento de los sistemas por parte del personal resultará beneficioso a la hora de tomar acciones en caso de emergencias.

## **4. Mantenimiento**

### *4.1 Programas de Mantenimiento*

El mantenimiento de los equipos y sistemas resulta imprescindible a fin de garantizar la disponibilidad y seguridad de las operaciones, así como la integridad de la presa. Lo mismo, resulta particularmente importante con relación al equipamiento mecánico y eléctrico de los órganos de control de caudales, donde las fallas por falta de mantenimiento pueden ser repentinas y dramáticas. Las estructuras civiles también pueden pre-





sentar problemas de importancia para la seguridad, originados en deficiencias de mantenimiento.

Los programas de mantenimiento deben identificar las partes y componentes que requieren atención, así como el cronograma de actividades. En todos los casos deberá llevarse un registro del cumplimiento de las tareas, fechas de realización y del personal responsable de la ejecución. El registro de las actividades de mantenimiento, junto con los resultados de las inspecciones periódicas, resultará valioso en la identificación de problemas crónicos y en la adopción de medidas correctivas.

El mantenimiento programado o de rutina podrá variar desde el simple cambio de un lubricante hasta el reemplazo de componentes importantes del equipamiento. El mantenimiento preventivo o de rutina deberá programarse según corresponda, según uso (horas, ciclos), función del tiempo (semanal, mensual, etc.) o de acuerdo a niveles de desgaste.

Complementariamente a los mantenimientos de rutina, deberá verse la necesidad de realizar mantenimientos por imprevistos. Con tal fin, deberá disponerse de material crítico, herramientas, taller y personal capacitado competente; así como de un listado actualizado de firmas especializadas para actuar en situaciones de emergencia.

Cuando los órganos de evacuación de caudales no se operen durante un período extendido, es conveniente que se realicen descargas a fin de verificar su estado de funcionamiento. Esto es particularmente importante en el caso de los descargadores de fondo para permitir la eliminación de los sedimentos adyacentes.

## *4.2 Estructuras de Hormigón*

En presas de hormigón y estructuras auxiliares, las necesidades de mantenimiento pueden incluir ítems como los siguientes:

- Limpieza periódica de los sistemas de drenaje internos y de la fundación.
- Mantenimiento y sellado de juntas.
- Sellado de fisuras y grietas.
- Limpieza y mantenimiento de recatas de compuertas.
- Limpieza periódica de los sedimentos en las obras de toma.
- Instalación y limpieza periódica de barreras para material flotante en las obras de toma y aducciones a vertederos.

En ciertos casos las estructuras de hormigón se encuentran sujetas a la reacción álcali agregado (RAA), causa de expansiones, fisuración y hasta pérdida de la integridad estructural.

El fenómeno puede afectar las operaciones provocando atascamiento de ataguías y compuertas, fallas estructurales en vigas o losas, u otros problemas de mayor importancia.

Se trata de una problemática de difícil control y solución, que en todo caso debe ser motivo de estudio y análisis adecuado, a fin de la toma de las decisiones que correspondan. En ciertos casos, podrán adoptarse procedimientos especiales tendientes a retrasar y mitigar los efectos de la RAA, con un seguimiento de la evolución del fenómeno, y en casos extremos tomar las acciones correctivas que fueran necesarias para la seguridad operativa y estructural de las instalaciones.

### *4.3 Presas de Materiales Suelos*

El mantenimiento de terraplenes y presas de materiales sueltos podrá incluir tareas como las siguientes:

- Extracción de árboles, plantas, segado y control de vegetación perjudicial.
- Mantenimiento de cubierta vegetal deseada.
- Mantenimiento de rip rap.
- Limpieza de sistemas de drenaje.
- Control y corrección de erosiones superficiales.
- Corrección de depresiones por asentamientos.
- Encauzamiento, control y corrección de filtraciones.

La falta de un mantenimiento adecuado de las estructuras civiles en muchos casos puede conducir a fallas de importancia hasta el colapso de una presa.

El adecuado funcionamiento de los sistemas de drenaje resulta fundamental para las condiciones de estabilidad de las obras. El deterioro o insuficiencia de los rip rap de protección puede significar riesgo severo para la presa sujeta a fuertes oleajes. La degradación de la cubierta vegetal como protección de taludes, puede resultar en fuertes erosiones y/o deslizamientos del talud por el efecto de lluvias torrenciales.

### *4.4 Estructuras de Acero*

El mantenimiento de las estructuras de acero podrá incluir lo siguiente:

- Protección contra la corrosión (limpieza, pintura, protección catódica, etc.).





- Mantenimiento de conectores (tuercas y bulones, remaches y soldaduras).

#### *4.5 Vertederos. Canales de Aducción y Descarga*

El mantenimiento periódico de estas estructuras resulta de importancia, a fin de asegurar su adecuado funcionamiento y capacidad de erogación de caudales. Entre las tareas de mantenimiento requeridas se visualizan las siguientes:

- Eliminación de detritos y limpieza de vegetación.
- Reparación de daños por cavitación o erosión superficial.
- Limpieza y reparación de los sistemas de drenaje.
- Reparación y mantenimiento de cuencos de dissipación, enrocados y otras protecciones aguas abajo.

#### *4.6 Conductos de Carga, Túneles y Tuberías a Presión*

Las fallas en conductos de carga, túneles y tuberías a presión, pueden originarse en deficiencias de proyecto, vicios de la construcción, errores de operación, deficiencias de mantenimiento, cargas inusuales y/o paso del tiempo. Las consecuencias pueden ser muy severas, incluyendo descargas incontroladas de agua y/o colapso de la presa, derivando en pérdidas de vidas, daños ambientales, daños a la infraestructura y propiedad, etc.

El mantenimiento de estas estructuras resulta primordial para la integridad de las obras.

Un programa de mantenimiento efectivo incluirá las siguientes tareas:

- Mantener en buenas condiciones el revestimiento de protección anticorrosiva para extender la vida útil de las tuberías o los conductos de descarga o a presión.
- Reparación de los revestimientos de hormigón de los túneles o extracción de derrumbes de roca en túneles sin revestir.

#### *4.7 Mantenimiento del equipamiento electromecánico*

Los equipos mecánicos y eléctricos relacionados con las presas consisten principalmente en los equipos de control de



caudal (incluidas compuertas, válvulas y ataguías), equipos auxiliares (incluidos puentes grúas, sistemas de presión de aceite y aire), equipos de alimentación eléctrica (normal y de emergencia) y sistemas de operación y control.

Las inspecciones, el mantenimiento y las pruebas de funcionamiento generalmente se realizan como actividades integradas. Los procedimientos de operación y mantenimiento dependen de la cantidad y la complejidad de los equipos en el sitio e incluyen inspecciones, informes, reparaciones y controles.

Los equipos deben operarse al menos una vez al año.

Un programa de mantenimiento del equipamiento electromecánico para asegurar su funcionalidad, incluye:

- Controles periódicos del sistema.
- Pruebas o ensayos de los componentes estructurales del sistema (ultrasonido, tintas penetrantes, radiografías, etc.).
- Funcionamiento intencional del equipo si no ha operado con frecuencia.
- Lubricación de las partes móviles y mantenimiento de los niveles de aceite.
- Control y reparación de la corrosión.
- Reparación o reemplazo del equipo gastado o dañado.
- Funcionamiento de equipos auxiliares, como generadores de reserva y baterías, para garantizar carga y combustible adecuados siempre disponibles.
- Repuestos disponibles para los componentes críticos.

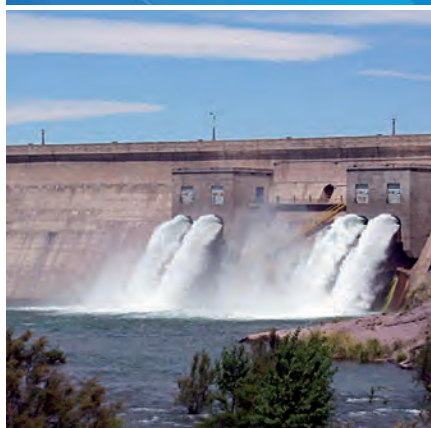
Los intervalos apropiados de inspección y mantenimiento variarán dependiendo de su condición, frecuencia de uso, historial de mantenimiento y carácter crítico para la seguridad de la presa, como también de las condiciones climáticas del sitio.

Los programas de mantenimiento deben asegurar que se cumplen los requerimientos mínimos establecidos por su diseñador o fabricante (Manual de Operación y Mantenimiento).

#### *4.8 Infraestructura*

El mantenimiento de la infraestructura, incluyendo el acceso al sitio, resulta de importancia para asegurar la integridad de la presa, las tareas operativas y la seguridad pública.

Entre las actividades de posibles mantenimientos se visualizan:





- El perfilado y relleno de caminos de superficie granular.
- Extracción de nieve en vías de acceso.
- Mantenimiento de las estructuras de acceso.
- Limpieza de alcantarillas y acequias en las vías de acceso.
- Señalizaciones adecuadas tanto para desarrollar las actividades de operación y mantenimiento habituales como para casos de emergencias.
- Mantenimiento de vías alternativas para el casos de derrumbes, sismos, otros.
- Instalación y extracción de estructuras estacionales como barreras o boyas.
- Inspecciones periódicas para garantizar la integridad de todos los componentes del sistema (señales, cercas, etc.).

## 5. Vigilancia

### 5.1 General

Tal como ha sido mencionado, la construcción de una presa impone un riesgo a la población, en función de las pérdidas de vidas, daños a la propiedad y afectación al medio ambiente, que resultarían de una descarga incontrolada del embalse.

El riesgo (probabilidad de falla por consecuencias) es variable en función del tiempo y de difícil cuantificación.

La vigilancia tiene por fin minimizar y controlar el riesgo, reduciendo la probabilidad de la ocurrencia de una falla o accidente, mediante la identificación temprana de anomalías de comportamiento, defectos estructurales o situaciones adversas para la seguridad de las obras.

La planificación e implementación de un sistema de vigilancia tiene entonces como objetivos fundamentales:

- La identificación de los posibles modos de falla.
- La detección a tiempo de procesos o situaciones que puedan resultar en un accidente o falla de las obras.
- El entendimiento del comportamiento de la presa y de sus componentes, mediante el registro y análisis de parámetros claves de su comportamiento.

La vigilancia es así una componente esencial de la seguridad de una presa, que incluye una serie de actividades complementarias entre sí y redundantes, como inspecciones visuales (sistemáticas y especiales), auscultación manual o automá-

tica, el mantenimiento y calibración del instrumental, el registro y proceso de la documentación.

Las fallas en las presas suelen estar precedidas por indicios, tales como grietas, fisuras, movimientos del terreno, filtraciones anormales, etc. Los mismos pueden darse con años, meses o días de anterioridad, y en ciertos casos sólo con horas o minutos previos a un accidente o falla significativa.

En este sentido, resulta primordial que el personal a cargo de la vigilancia de la presa, sea adecuadamente capacitado en el reconocimiento de los potenciales problemas, en los procedimientos para documentar e informar de las eventuales deficiencias, y para tomar las acciones que correspondan en el caso de emergencias.

Los boletines técnicos de ICOLD constituyen una valiosa referencia para la planificación y el desarrollo de las distintas actividades de vigilancia. Entre los más recientes sobre la temática se mencionan: *B87 (1992) «Improvement of Existing Dam Monitoring»*; *B118 (2000) «Automated Dam Monitoring Systems»*; *B138 (2007) «General Approach to Dam Surveillance»*.

**El alcance del sistema y programa de vigilancia (inspecciones y auscultación) se ajustará en función de las características, importancia, complejidad y categoría de la presa.**

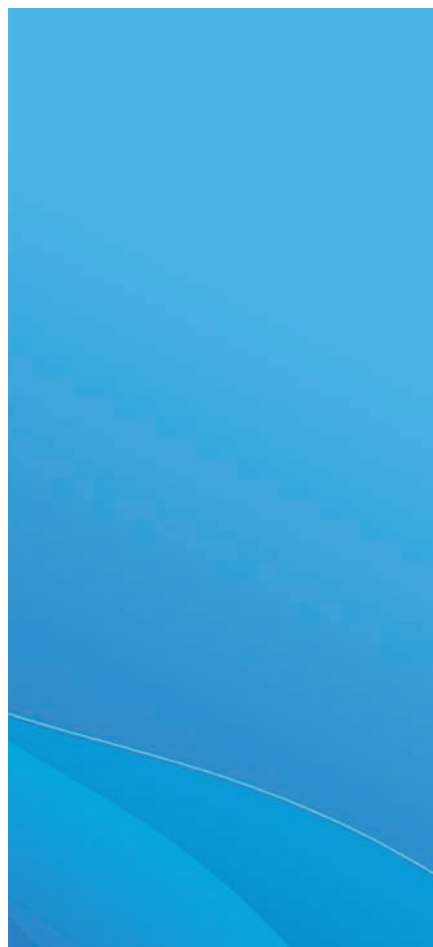
En ciertos casos la vigilancia podrá reducirse a inspecciones periódicas y a ciertos controles geodésicos, sin requerirse instrumentación específica. En presas de envergadura cuyo potencial colapso o accidente pudiera significar la muerte de personas y/o daños a la propiedad y/o significativo impacto ambiental, se requiere de sistemas y programas de vigilancia de la mayor rigurosidad.

## 5.2 Inspecciones Visuales

Las inspecciones visuales constituyen una parte fundamental de un programa efectivo de vigilancia. El alcance y características de las mismas dependen de diversos factores, abarcando las inspecciones de rutina por parte del personal a cargo de la vigilancia, así como las realizadas con cierta periodicidad por ingenieros especialistas y/o consultores expertos.

### 5.2.1 Inspecciones de rutina

Las inspecciones de rutina forman parte del control de comportamiento de la seguridad de presas que en forma continua y rutinaria debe desarrollar la *Entidad Responsable*.





En presas de un mediano a elevado impacto derivado de su eventual colapso, las inspecciones rutinarias, en general, se realizan con una frecuencia semanal a mensual. Las mismas estarán a cargo del personal de vigilancia de las obras, y tienen por fin detectar anomalías en las condiciones o funcionamiento de las instalaciones y/o de los sistemas de control. La detección de toda anomalía o deficiencia, tales como filtraciones imprevisitas, deslizamientos, desprendimientos, erosiones, desplazamientos, grietas, obstrucciones, etc. podría resultar significativa para la seguridad de la obra.

Toda novedad o apartamiento de las condiciones normales previstas deberá ser documentado e informado a la superioridad en forma inmediata, a fin de su evaluación y las acciones que correspondan.

### 5.2.2 Inspecciones anuales o cada dos años

Se realizan en correspondencia con las revisiones periódicas de la seguridad de presas (título VI.2). Comprenden un examen detallado de las obras civiles así como del equipamiento electromecánico de los órganos de evacuación de caudales y de otros componentes relacionados con la seguridad de presas (por ej: sistemas de drenaje) y los sistemas de control de la operación.

En estas inspecciones se deberán documentar todos los cambios significativos ocurridos desde la inspección anterior.

Por el carácter y alcance de estas inspecciones, las mismas deberán realizarse con la participación de un ingeniero civil, o de un equipo de profesionales, especializados de la ingeniería de presas, acorde a la complejidad y envergadura de la obra.

### 5.2.3 Inspecciones Especiales

Además de las inspecciones planificadas, las presas deben inspeccionarse con posterioridad a eventos extremos, tales como crecidas significativas, sismos, tormentas severas, lluvias torrenciales u otros.

Trabajos de construcción, voladuras, u otros eventos inusuales, también pueden ser motivo de inspecciones especiales.

El fin de estas inspecciones es el relevamiento del estado y funcionamiento de las obras, luego de un evento adverso para la seguridad, documentando eventuales daños para su corrección o bien determinar la necesidad de una revisión especial de ingeniería.



## 5.3 Auscultación

### 5.3.1 Objetivo y alcance

El objetivo de la auscultación es proveer información sobre el comportamiento de las estructuras, detectar a tiempo eventuales anomalías, y dar respaldo para la toma de decisiones en materia de seguridad de las obras.

La auscultación complementa las inspecciones visuales, mediante la medición de parámetros claves del funcionamiento, tales como presiones neutras, deformaciones, caudales de filtración, estados de tensión, etc.

El conjunto de instrumentos y observaciones a realizar requiere de adecuada planificación, a fin de asegurar un sistema de auscultación efectivo.

El programa de auscultación debe identificar y documentar con claridad los parámetros a medir, frecuencias de las mediciones, personal responsable, valores o bandas de comportamiento normal, niveles de alerta, mantenimiento y calibración de la instrumentación, el registro de datos, periodicidad de los informes y demás aspectos que fueran pertinentes.

La efectividad del sistema de instrumentación debe revisarse periódicamente y actualizarse según sea necesario.

### 5.3.2 Objetivos particulares, mediciones y evaluaciones

Entre otros objetivos, se mencionan:

- Controlar que las deformaciones y movimientos de las estructuras se correspondan con un comportamiento normal, acorde con las variaciones de temperatura y niveles del embalse.
- Verificar que los niveles y distribución de las presiones del agua intersticial en la presa y su fundación, se mantengan dentro de valores aceptables.
- Verificar que los caudales de filtración a través de la presa y fundación se encuentren dentro de rangos históricos de comportamiento normal.
- Verificar los estados de tensión deformación en las estructuras y su comparación con las previsiones del proyecto.
- Controlar los niveles de las subpresiones del agua en la fundación de las estructuras de hormigón.
- Detectar a tiempo apartamientos y/o anomalías en el comportamiento de las estructuras.





El conocimiento de las subpresiones hidráulicas actuan-tes en las fundaciones de las estructuras de hormigón y su control, resultan determinantes para asegurar su estabilidad al deslizamiento.

Las mediciones se realizan mediante manómetros colo-cados en drenes y pozos de alivio, debiendo realizarse contro-les periódicos en correspondencia con distintos niveles del em-balse.

En el caso de apartamientos de valores históricos consi-derados aceptables, deberá analizarse la significación de los mismos para la estabilidad de la obra y la necesidad de medi-das correctivas.

En presas de materiales sueltos las mediciones de las presiones del agua intersticial (presiones neutras) se realizan mediante piezómetros de distintos tipos (hidráulicos, neumáti-cos, eléctricos, a cuerda vibrante).

El control de filtraciones tiene relevancia para la seguri-dad estructural de las obras, dado que apartamientos de los caudales de filtración de los valores históricos normales, pue-den ser indicios de serias anomalías y/o deterioros en progre-so, tales como tubificación, sufusión disolución, fractura hidráu-lica y otros, que pueden conducir a la falla de la presa.

La medición de caudales totales de las filtraciones co-rrespondientes a zonas de la presa, es un control valioso del comportamiento global de las obras, así como las mediciones de caudales en puntos específicos.

Las mediciones se realizan en galerías, cunetas, drenes y juntas, mediante aforadores y caudalímetros de distinto tipo.

Las observaciones de deformaciones, movimientos y cor-rimientos en estructuras de hormigón, se realizan mediante distintos dispositivos y aparatos (extensómetros, triaxiales de junta, inclinómetros, clinómetros y péndulos).

Los péndulos, directos (mediciones relativas) y/o inver-tidos anclados en la roca de fundación (mediciones absolutas), son instrumentos de medición sencillos y relativamente econó-micos.

La cantidad y tipo de instrumentos a colocar dependerá de la importancia, características y tamaño de la obra.

La graficación de los movimientos registrados en fun-ción del tiempo, permitirá analizar los distintos ciclos de defor-mación, observar su histéresis y detectar eventuales deforma-ciones permanentes en crecimiento.

Otros aparatos sencillos son los medidores triaxiales de juntas, los que permiten conocer y controlar movimientos rela-tivos entre módulos de la presa y de otras estructuras.

Las mediciones de microgeodesia complementan las me-diciones directas antes mencionadas, añadiendo información

valiosa para el control de los movimientos horizontales y verticales de las estructuras. Se trata de mediciones de alta precisión, que requieren de adecuado instrumental y personal especializado. Las nivelaciones, alineaciones y colimaciones, permiten establecer asentamientos y corrimientos. Las mismas se realizan desde puntos fijos, ubicados en las márgenes y aguas abajo, a distancias suficientemente alejadas de las obras, y mediante puntos de medición adecuadamente identificados y distribuidos en las estructuras. En general estas mediciones se realizan con intervalos de varios meses.

Adicionalmente a lo mencionado deberá preverse el registro de movimientos sísmicos, en la base y coronamiento de las presas, así como la obtención de información sobre parámetros meteorológicos en el sitio (temperatura ambiente, radiación solar, precipitación, vientos, evaporación, etc.).

En las cuencas con significativos aportes de materiales sólidos en suspensión, debe realizarse un control periódico del volumen útil del embalse mediante estudios batimétricos.

### 5.3.3 Características del instrumental

La instrumentación de una presa debería cumplir con ciertas condiciones, entre las que se mencionan:

- Simpleza y robustez.
- Confiabilidad y estabilidad.
- De lectura directa y sencilla.
- Reemplazables.
- Cierta grado de redundancia.

### 5.3.4 Frecuencia de las mediciones

La frecuencia de las mediciones se ajustará en función de distintos factores, tales como la etapa de la presa, su estado y funcionamiento, tipo de parámetros a medir, características de la obra, etc.

TIPO DE MEDICIÓN	CONSTRUCCIÓN Y PRIMER LLENADO	OPERACIÓN NORMAL
Microgeodesia	Mensual a una vez cada dos meses	Semestral a una vez cada dos años
Deformaciones y movimientos	Diariamente a dos veces por semana	Mensual a una vez cada dos meses
Presiones neutras	Diariamente	Cada una a dos semanas
Filtraciones	Continuamente (*) o diariamente	Continuamente (*) o cada una a dos semanas

Tabla 2. Frecuencias usuales

(\*) En presas CFRD o similar, donde los caudales de filtración pueden crecer rápidamente y se requiere de alerta inmediata.





En general las mediciones se realizan con mayor frecuencia durante el primer llenado del embalse. También podrá ser necesario frente a un comportamiento anormal o bien inmediatamente después de efectuar trabajos correctivos.

También será necesario realizar mediciones específicas del comportamiento de la presa y demás estructuras, luego de desembalses o de la ocurrencia de eventos extremos como crecidas o sismos.

### 5.3.5 Adquisición Automática de Datos

La automatización en el registro y procesamiento de datos resulta altamente beneficiosa para el mejoramiento de la calidad, adquisición, transmisión y análisis de la información.

La utilización de estos sistemas permite la disponibilidad inmediata de datos, así como el procesamiento inmediato de la información. Lo mismo resulta particularmente valioso en obras de gran envergadura y complejidad, donde el número de instrumentos y registros es elevado.

El sistema debe incorporar niveles de alerta para cuando la información se aparta o excede límites o bandas preestablecidas.

Toda alerta debe ser investigada rápidamente y en profundidad, a fin de confirmar su validez y causa.

En todos los casos deberá asegurarse la posibilidad de realizar lecturas manuales del instrumental, frente a fallas del sistema automático.

*En ningún caso un sistema automático de adquisición de datos, puede justificar la no realización de inspecciones a las obras.*

### 5.3.6 Calibración y mantenimiento del instrumental

El mantenimiento de los instrumentos debe realizarse con regularidad y siguiendo las instrucciones de los fabricantes. Algunas tareas simples podrán ser realizadas en el sitio por los operadores responsables, en otros casos deberá recurrirse a técnicos especializados.

El instrumental de medición deberá ser calibrado y controlado periódicamente. Todo cambio o adecuación deberá ser adecuadamente registrado.

### 5.3.7 Precisión de los datos

La precisión en los datos a obtener es absolutamente esencial. Los datos erróneos pueden dar lugar a confusión y/o ser perjudiciales para el análisis.



El personal responsable de las tareas de campo deberá ser adecuadamente capacitado y entender la importancia de su tarea para la seguridad de las obras. Deberá prestarse la máxima atención en evitar errores de lectura, registro y /o transcripción.

### 5.3.8 Procesamiento y análisis de datos

El análisis de los datos debe realizarse inmediatamente después de obtenida la información (sin superar uno o dos días), a fin de validar las lecturas obtenidas para su posterior almacenamiento. El análisis preliminar debe realizarse instrumento por instrumento en base al criterio del operador y los resultados deben ser interpretados por un especialista.

## ■ V. ENSAYOS DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DE CAUDALES

### 1. General

Los equipos y dispositivos de control de caudales incluyen todos los aparatos, mecanismos y estructuras, necesarios para posibilitar la evacuación controlada del agua acumulada por la presa. Incluye las compuertas de toma relacionadas con los equipos de generación de energía que poseen tuberías forzadas, toda vez que su falla pueda afectar la seguridad de la presa.

Lo anterior comprende las instalaciones eléctricas, mecánicas e hidromecánicas, asociadas a compuertas y válvulas de descarga, que posibilitan su normal operación o condicionan de alguna manera la misma. Asimismo, incluye los equipos auxiliares para la colocación de ataguías, grúas pórtico, malacates, etc., y los equipos de supervisión, sistemas de mando local y tele-mando. Estos últimos incluyen todo equipo o sistema utilizado para operar y/o controlar a distancia el estado en que se encuentran los equipos de evacuación de caudales, controlar niveles del embalse, etc.

La experiencia indica que el mal funcionamiento de estos equipos suele ser causa de serios accidentes y/o falla de la presa. A efectos de minimizar la ocurrencia de estos sucesos adversos, resulta de vital importancia el mantenimiento programado, las inspecciones y los ensayos de operabilidad de los mismos.

Los ensayos tienen por fin verificar el adecuado funcionamiento de los equipos y dispositivos, así como la adecuada capacitación y destreza del personal afectado a su operación.





## 2. Tipos y alcance de los ensayos

Entre los ensayos a realizar se distinguen los siguientes:

- De apertura parcial de compuertas y/o válvulas de descarga.
- De apertura total de compuertas y/o válvulas de descarga sin evacuación de agua.
- Ensayos de dispositivos de evacuación de caudales con evacuación de agua.
- Ensayos de los sistemas de emergencia de alimentación de energía.
- Ensayo de los equipos auxiliares.

### 2.1 Ensayos de apertura parcial

Los ensayos con apertura parcial de compuertas y/o válvulas de descarga, tienen por fin verificar la capacidad de los mecanismos de accionamiento para efectuar el despegue de los sellos de estanqueidad. Esta condición se considera crítica, por verse sometidos los motores, bombas y circuitos intervinientes a las mayores exigencias.

En tanto que, la carga de agua es un factor determinante de la fuerza resistente que ejercen los sellos eventualmente pegados, las pruebas deberán realizarse con un nivel del embalse lo más elevado posible, con un valor mínimo del orden del 80% del valor de carga máxima de diseño.

### 2.2 Ensayos de apertura total sin evacuación de agua

Los ensayos de apertura total sin evacuación de agua, permiten verificar la operabilidad de las compuertas y/o válvulas de descarga durante todo su recorrido, debiendo comprobarse que no existan elementos que pudieran dificultar su desplazamiento, el estado y alineación de las guías, recorrido de los vástagos de servomotores, vibraciones por falta de ajustes, funcionamiento de motores, trabas mecánicas y demás aspectos pertinentes.

Para compuertas de accionamiento hidráulico se deberá verificar la capacidad de dicho accionamiento para recuperar en forma automática la posición de la apertura seleccionada (remonte).

### 2.3 Ensayos con evacuación de agua

Estos ensayos tienen por fin verificar el estado operativo de compuertas y/o válvulas de descarga de los dispositivos

de evacuación de caudales y de sus equipos asociados, sometidos a los esfuerzos estáticos y dinámicos que se generan durante su operación real.

En descargadores de fondo con compuertas planas y dependiendo de la geometría de las mismas, el mayor esfuerzo se observa al 40-50% de apertura, como consecuencia de efectos dinámicos de la descarga.

En estos ensayos, además de verificarse el funcionamiento de los equipos, deberá observarse el estado y comportamiento de conductos, canales, tomas de aire y disipadores de energía.

#### *2.4 Ensayos de los sistemas de emergencia de alimentación de energía*

En todos los casos deberá verificarse la existencia de equipos alternativos de provisión de energía y su adecuado funcionamiento, para el caso de emergencias.

#### *2.5 Ensayos de los equipos auxiliares*

Estos ensayos permiten verificar el funcionamiento de los equipos de grúas pórtico o malacates para la colocación o extracción de las ataguías de mantenimiento y de los equipos o sistemas de tele-control.

### 3. Simulación

Considerando la imposibilidad fáctica de la presencia simultánea de todas las condiciones extremas bajo las cuales los dispositivos de evacuación de caudales deberán poder funcionar adecuadamente, se recurrirá a la simulación para alcanzar el mayor grado de realismo posible. El objetivo es llegar a un grado razonable de convicción respecto a que los aludidos dispositivos responderán eficientemente bajo una verdadera situación de emergencia.

### 4. Personal afectado a los ensayos

Todas las operaciones, sobre tableros, comandos, válvulas, motores, bombas, sistemas eléctricos y demás dispositivos, deberán realizarse con el personal normalmente afectado a las respectivas maniobras.

Esta regla no será de aplicación a lo relacionado con las tareas de apoyo, tal como movimientos de ataguías u otras operaciones accesorias.



## 5 Programación y frecuencia de los ensayos

La *Entidad Responsable* desarrollará el programa anual de ensayos teniendo en cuenta las necesidades operativas, los períodos de crecidas y las condiciones a cumplir en cada caso particular.

Es de práctica general la realización de ensayos al menos con una frecuencia anual, a excepción de los ensayos con apertura total y descarga de agua que generalmente se realizan cada cinco años.

En el caso de un sismo u otra circunstancia particular podrá ser necesario realizar ensayos especiales.

En el caso de que los resultados de un ensayo fueran no satisfactorios, debería realizarse una nueva prueba lo antes posible, luego de corregida la falla.

Los ensayos correspondientes a los aliviaderos deben realizarse algunos meses antes del período de crecidas. En particular, los ensayos de apertura parcial de compuerta de los aliviaderos deberán preverse para el mes de niveles máximos del embalse dentro del período mencionado.

## VI. REVISIONES DE SEGURIDAD DE LA PRESA

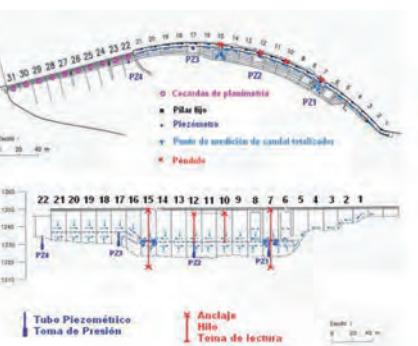
### 1. Introducción

El objeto de estas revisiones es establecer y certificar que los estándares de seguridad son aceptables y/o en su defecto dar lugar a las investigaciones y medidas correctivas que fueran necesarias.

Las Revisiones de Seguridad suelen ser de distinto alcance y periodicidad, pudiendo según el caso, incluir el relevamiento y evaluación de todos los aspectos del diseño, construcción, operación, mantenimiento, procesos y sistemas que afectan a las obras, así como en la evaluación periódica del sistema de gestión.

Las revisiones podrán alcanzar a todas las partes del complejo (presa, vertedero, obra de toma, canales de aducción y descarga, fundaciones y estribos, y demás componentes de la obra civil), así como al equipamiento electromecánico de los órganos de control de caudales, los sistemas de control, y otros aspectos de la seguridad.

Las revisiones estarán a cargo de la *Entidad Responsable* de la seguridad de las obras, siendo su extensión y frecuencia dependientes de la clasificación por impacto de la presa, del





estado de las obras, de su funcionamiento y del objeto de las mismas.

Cuando la *Entidad Responsable* no disponga de áreas específicas y personal propio capacitado para estas revisiones, deberá recurrir al apoyo de consultoría externa especializada.

## 2. Revisiones periódicas

Estas revisiones en general se realizan en forma anual o una vez cada dos años, e incluyen una inspección detallada de las obras (título IV.5.2.2) y de los registros de instrumentación para el control del funcionamiento.

En estas revisiones se deberán documentar todos los cambios significativos ocurridos desde la revisión anterior. Asimismo se evaluarán las condiciones de funcionamiento y del estado general de las instalaciones, documentando en un informe detallado las condiciones de seguridad operativa y estructural de las obras, las recomendaciones sobre mejoras y/o trabajos correctivos, la necesidad de estudios o investigaciones, y demás cuestiones pertinentes.

Por el carácter y alcance de estas revisiones, las mismas deberán realizarse con la participación de un ingeniero civil, o de un equipo de profesionales, especializados de la ingeniería de presas, acorde a la complejidad y envergadura de la obra.

Los resultados de esta revisión deberán volcarse en un informe final con el resultado de la evaluación del comportamiento de las obras con un diagnóstico sobre sus condiciones de seguridad, indicando claramente las conclusiones emergentes de la evaluación.

*Para presas de mediano a elevado impacto se recomienda la realización de revisiones de la seguridad con frecuencia anual. Para presas de reducido impacto estas revisiones podrán realizarse una vez cada dos años.*

En presas bajo jurisdicción del ORSEP, es de práctica la realización de una revisión de la seguridad de las obras una vez al año. La firma concesionaria responsable de la seguridad, debe presentar al ente regulador un informe integral del estado y funcionamiento de la presa.

Estos controles no incluyen la revisión de criterios y procedimientos del proyecto, ni una revisión integral del sistema de gestión, aspectos que son específicos de las Revisiones integrales (título VI.3).

## 3. Revisiones integrales

Estas revisiones de seguridad deben ser exhaustivas e integrales. Las mismas suelen realizarse con intervalos de algu-





nos años. La complejidad, alcance y periodicidad, dependerán de la clasificación, edad y estado de la presa.

La práctica internacional indica, para presas de elevado impacto (categoría I) como mínimo una revisión exhaustiva integral cada cinco años; para presas de mediano impacto (categoría II) entre cinco y siete años; y para presas de reducido impacto (categoría III) diez años.

Las mismas incluirán la revisión de los criterios de seguridad del proyecto, de aspectos constructivos, operativos, sistemas, procesos, planes de emergencia y demás aspectos vinculados a la seguridad. Se inspeccionarán todas las partes y componentes de las obras civiles, así como el adecuado funcionamiento de los órganos de control de caudales. Se analizará el comportamiento histórico de la presa en base a los registros de instrumentación y de la información de las inspecciones realizadas.

Los criterios del proyecto, así como los procedimientos de análisis y la información utilizada, deberán ser debidamente actualizados, de acuerdo con las normas y prácticas vigentes.

Los resultados deberán volcarse en un informe final con las conclusiones sobre la seguridad de las obras y de su funcionamiento, incluyendo recomendaciones sobre posibles mejoras, trabajos correctivos y estudios complementarios que se consideren necesarios.

#### 4. Revisiones Especiales

Las revisiones especiales de seguridad podrán tener lugar toda vez que la presa haya sufrido eventos extremos, tales como sismos o crecidas extraordinarias, o bien por razones de incidentes de significación, fallas o claras anomalías en el funcionamiento.

La oportunidad y alcance de estas revisiones dependerá de las características específicas de cada caso y de la mayor o menor urgencia del problema. Las inspecciones especiales (título IV.5.2.3) determinarán su necesidad. Para su realización será necesario contar con la asistencia de especialistas y/o expertos específicos.

#### 5. Análisis y Evaluación del Riesgo

La Seguridad de Presas se basa en la aplicación de normas y estándares, en procedimientos de análisis determinísticos y semiprobabilísticos, y en factores de seguridad adoptados en base a la experiencia y el criterio.

Los procedimientos han sido desarrollados a lo largo de muchos años, inicialmente para el proyecto de nuevas presas,

y en las últimas décadas para la evaluación de la seguridad de las presas existentes.

Esta práctica tradicional de la seguridad ha sido exitosa en el proyecto, construcción y operación de grandes presas, y es totalmente vigente en la actualidad.

La misma se encuentra ampliamente documentada por numerosas publicaciones, normas específicas, lineamientos en seguridad de presas y por los boletines técnicos de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD).

Desde poco más de una década toma fuerza una nueva tendencia, complementaria de la práctica tradicional, que sigue ejemplos de aplicación en otras industrias y actividades peligrosas (nuclear, aeronáutica, petroquímica), con base en el análisis del riesgo y teoría de confiabilidad.

La nueva metodología denominada «Análisis y Evaluación del Riesgo» comienza a ser de aplicación en varios países desarrollados. Algunos ejemplos son lo previsto por las Guías en Seguridad de Presas de Australia y Nueva Zelanda (SA/SNZ, 1999) y las de Canadá (CSA, 1991, 1993 y 1997), y la práctica reciente de instituciones como el Bureau of Reclamation, el Corps of Engineers y la FERC de Estados Unidos.

Se define como «Riesgo» la resultante de la «probabilidad de falla» de la presa por las «consecuencias» de dicha falla.

Estimar la probabilidad de falla requiere de un análisis sistémico, donde se tengan en cuenta las distintas amenazas que podrían dar lugar al colapso de la obra, los distintos modos de falla asociados a estas amenazas, y los procesos correspondientes a cada caso.

Las consecuencias se evalúan en términos del número esperado de pérdidas de vidas, daños económicos e impacto ambiental.

Los riesgos asociados a la presa se comparan con valores aceptables, a fin de certificar que los mismos se encuentran adecuadamente controlados o en su defecto tomar las acciones para reducir los mismos.

El análisis del riesgo puede realizarse en forma cualitativa y/o cuantitativa.

El boletín técnico N° 130 de ICOLD «Risk Assessment In Dam Safety Management» (2005) trata específicamente sobre esta nueva metodología. Este documento introduce conceptos y métodos para el análisis y la evaluación del riesgo, en conjunto con sus beneficios y limitaciones.

El procedimiento presenta aspectos conceptuales valiosos y a la vez propone un camino para tratar la problemática que presenta la gran cantidad de presas existentes y su envejecimiento progresivo.





El establecimiento de portafolios de presas de acuerdo al riesgo permitiría orientar las inversiones en seguridad, priorizando los casos de mayor gravedad. La aplicación de esta metodología requiere de un conocimiento detallado y entendimiento profundo del proyecto y de los principios utilizados en evaluar el comportamiento presente y futuro de las obras. En presas existentes, requiere de un cuidadoso examen del proyecto, de las características de los materiales, de causas de anomalías o deterioros, de los modos posibles de falla y de las consecuencias asociadas a cada caso.

El análisis cuantitativo del riesgo presenta aún ciertas dificultades y limitaciones, particularmente en la estimación de la probabilidad de falla, especialmente en ciertos procesos de índole geotécnica como la erosión interna.

Sin embargo el «Análisis y Evaluación del Riesgo» es una técnica valiosa, complementaria de la práctica tradicional, para un mejoramiento de la gestión de la seguridad de presas.

El *Análisis y Evaluación del Riesgo* permiten cuantificar el grado de conservadurismo aplicado en el criterio ingenieril, e identificar las fuentes claves de las incertidumbres que pueden influenciar en la toma de decisiones en materia de seguridad.

## ■ VII. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

### 1. Introducción

El análisis y evaluación de la seguridad estructural, se basa en la aplicación de normas, de procedimientos determinísticos y/o semiprobabilísticos, y en factores de seguridad sustentados por la experiencia y el criterio. Los análisis que se realizan se refieren a las distintas partes y componentes de la presa y de sus obras auxiliares, y apuntan a establecer la competencia de las obras para resistir diferentes combinaciones de cargas, estáticas y dinámicas, usuales, inusuales y extremas. Los estudios y cálculos que se realizan requieren de un conocimiento adecuado de las condiciones del emplazamiento (geológico-geotécnicas; topográficas, hidrológicas, sísmicas) así como de las propiedades de los materiales de construcción y demás información pertinente del proyecto. Las incertidumbres se tienen en cuenta mediante la adopción de valores conservadores para las cargas, factores de reducción para las resistencias, y de factores de seguridad aceptados por la práctica. Las cargas aleatorias, como sismos o crecidas, suelen adoptarse en función de criterios deterministas y/o estadísticos (probabilidad



de excedencia para un período de retorno y/o de exposición o vida útil de la obra). Los criterios y procedimientos del enfoque determinista, se encuentran ampliamente documentados por numerosas publicaciones, normas y guías, y por los boletines técnicos de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD). La metodología sucintamente enunciada, ha sido satisfactoriamente utilizada a través de varias décadas de la ingeniería de presas, y es totalmente vigente en la actualidad. Complementariamente a la práctica tradicional enunciada, el «Análisis y Evaluación del Riesgo» permite un análisis sistémico y más explícito de las incertidumbres, asociadas a la estimación de la probabilidad de falla y de las consecuencias. Se trata de una herramienta emergente, valiosa para la toma de decisiones (título III de la presente guía).

**Los boletines técnicos de ICOLD constituyen una muy valiosa referencia y guía técnica, tanto para el proyecto y la construcción de las obras, como en la evaluación de la seguridad estructural de presas en operación y para la investigación de anomalías y durante trabajos correctivos.**

## 2. Aspectos Geológicos-Geotécnicos

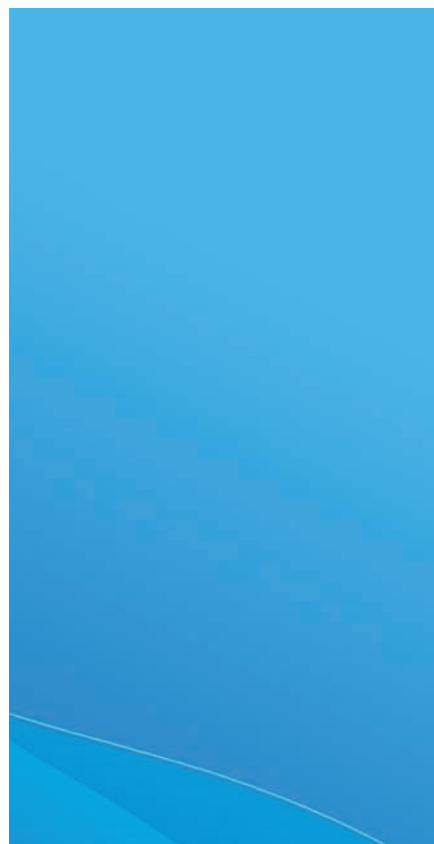
Las consideraciones y los aspectos geológico-geotécnicos relativos al proyecto y a la evaluación estructural de la seguridad de presas, se encuentran ampliamente tratados por varios boletines técnicos de ICOLD.

El boletín técnico N° 88 «*Rock Foundations for Dams*» (1993), es una revisión de los problemas de fundación en presas de hormigón y de materiales sueltos. El mismo trata sobre los distintos aspectos de las investigaciones geológico-geotécnicas, del diseño de las obras y del tratamiento de los problemas.

Los métodos de investigación considerados incluyen: ensayos y mediciones in-situ; ensayos de laboratorio; la auscultación de macizos rocosos y la interpretación de resultados.

El boletín presenta una revisión crítica de los conceptos de «*factor de seguridad*» y de «*probabilidad de falla*», reconociendo las limitaciones de los modelos determinísticos de análisis, así como las ventajas y limitaciones del enfoque probabilístico. En este último aspecto resalta las muchas dificultades y limitaciones en la estimación de las incertidumbres en términos numéricos.

Finalmente se refiere al método paramétrico, para el análisis de la estabilidad de masas rocosas, de las estructuras y de su fundación.





El boletín también contiene consideraciones respecto de los métodos de análisis de deformaciones, efectos de filtraciones y tratamientos de las fundaciones.

El boletín técnico N° 129 «*Dam Foundations Geologic Considerations-Investigation Methods. Treatment. Monitoring*» (2005), es una extensión y actualización del boletín N° 88 del ICOLD aún vigente.

Este documento se refiere enteramente a los problemas de fundación.

Considera la importancia e influencia de la fundación en el tipo de presa; las características geológico-geotécnicas de la fundación; las condiciones adversas; la interacción presa-fundación (estabilidad, deformación, y análisis de flujo); escenarios inestables; métodos computacionales disponibles y demás aspectos de la temática).

Asimismo describe: planes de investigación y procedimientos (hidrogeológicos, geofísicos y geotécnicos); tratamientos de la fundación (limpieza, excavación, inyecciones); sistemas de drenaje; consolidación; auscultación y aspectos del comportamiento.

El boletín presenta también varios casos históricos y lecciones aprendidas en el tratamiento y comportamiento de las fundaciones, tales como las incertidumbres y limitaciones asociadas a las investigaciones, y los ajustes y medidas correctivas realizadas.

### 3. Consideraciones Hidrológicas

Los boletines técnicos del ICOLD: N° 82 «*Selection of Design Flood. Current Methods*»(1992) y N°125 «*Dams and Floods. Guidelines and Case Histories*» (2003); se refieren a distintos aspectos de la seguridad de presas asociados a crecidas extraordinarias.

El boletín N° 82 hace referencia a las fallas de presas por sobrepaso, con mención de varios casos históricos, la mayoría por incapacidad de evacuación de los vertederos, agravados en ocasiones por errores operativos y/o mal funcionamiento de compuertas.

Este documento presenta una descripción de los procedimientos para la estimación de crecidas: determinísticos, para estimación de la *Precipitación Máxima Probable (PMP)* y de la *Crecida Máxima Probable (CMP)*, y de los métodos probabilísticos disponibles; así como un análisis crítico de las distintas metodologías, y recomendaciones para la selección de las mismas.

El boletín también provee de orientación para la selección de la crecida de proyecto, en función de las consecuencias que derivarían de una eventual rotura de la presa. Finalmente,

se hace referencia a los conceptos de crecidas de diseño y de verificación, de uso extendido en muchos países.

El boletín N°125 desarrolla los conceptos antes enunciados con mayor detalle, e incorpora la metodología del «Análisis y Evaluación del Riesgo» para la selección de crecidas extraordinarias (título III de la presente Guía).

#### 4. Presa - Consideraciones Sísmicas

El boletín técnico de ICOLD N° 72 «*Selecting Seismic Parameters for Large Dams*», provee de una guía y criterios para la selección de las cargas sísmicas, así como metodologías de análisis y parámetros relevantes a tener en cuenta, para el proyecto y la evaluación sísmo resistente de presas.

En el documento se definen tres tipos de sismos, por sus siglas en inglés: SEE (Safety Evaluation Earthquake); OBE (Operating Basis Earthquake; RTE (Reservoir Triggered Earthquake).

- SEE – Sismo de Verificación o de Seguridad. Se acepta la posibilidad de daños de importancia en la presa, sin que existan descargas incontroladas del embalse.
- OBE – Sismo Básico de Operación. Se aceptan daños menores en la presa; pero todas las estructuras y el equipamiento deben mantenerse totalmente operativos luego del sismo.
- RTE – Sismo Inducido por el Embalse. Su posibilidad debe considerarse antes de la construcción de la presa y del primer llenado del embalse.

El boletín describe dos metodologías para la evaluación del SEE y del OBE: determinista y probabilística.

En el criterio determinista se evalúa el denominado *Terrorismo Máximo Creíble* (TMC), en base al análisis de la información histórica, geológica y sísmológica disponible.

En el análisis probabilístico se utiliza información de todos los sismos conocidos (registros de instrumental e información histórica), con el fin de evaluar la probabilidad de exceedencia para un período de retorno o vida útil de la presa, respecto de una intensidad dada en el sitio de la obra.

Para la adopción de los sismos SEE y OBE mencionados, se recomienda la utilización de ambos métodos de análisis, y la evaluación de sus resultados en base a la experiencia y el criterio.

El boletín también provee de orientación en la selección del período de retorno, en función de la clasificación de la presa por consecuencias derivadas de su falla.





Asimismo, el documento sugiere el tipo de análisis a seguir (pseudostático, modal espectral, dinámico temporal) en función del tipo de presa, de sus características y de las condiciones del sitio.

Se sugieren tres tipos de clasificación:

- Según el nivel de agitación o amenaza (aceleración máxima en cuatro niveles).
- Según factor de riesgo (ponderado en función de la altura de la presa, volumen del embalse, y nivel de consecuencias socio económicas).
- Según el tipo de presa (de hormigón o de materiales sueltos).

El boletín técnico N° 120 «*Guidelines on Design Features of Dams to Effectively Resist Seismic Ground Motion*» provee lineamientos sobre las consideraciones estructurales requeridas para que las estructuras resistan los movimientos sísmicos, teniendo en cuenta la geología del sitio, consideraciones topográficas y tipo de presa, así como recomendaciones para el diseño de las obras.

## 5. Estructuras auxiliares - Consideraciones sísmicas

El boletín técnico de ICOLD N° 123 «*Seismic Design and Evaluation of Structures Appurtenant to Dams*»(2002), constituye una guía para la selección del input sísmico y del método de análisis a seguir, para la evaluación sísmo resistente de las estructuras auxiliares de la presa.

Los principios y criterios de este boletín técnico son de aplicación a cinco tipos diferentes de estructuras auxiliares: vertederos; conducciones; compuertas y válvulas; obras de toma; esclusas de navegación y puentes.

El documento provee recomendaciones para el diseño sísmo resistente y evaluación de la seguridad frente a terremotos.

Los criterios se basan en la ubicación y posibles consecuencias de la eventual falla de estas estructuras.

En el documento se definen las estructuras consideradas «*críticas*» (cuya falla puede resultar en el colapso de la presa) y las estructuras «*no críticas*».

Las estructuras «*críticas*» deben sustentar el denominado Sismo de Verificación o de Seguridad (SEE); mientras que las consideradas «*no críticas*» se diseñarán para el Sismo Básico Operativo (OBE).

El boletín también define tres tipos de análisis (pseudostático, modal espectral, dinámico temporal) y reco-



mienda la selección entre los mismos en función del tipo de estructura. Asimismo se proponen las combinaciones de carga a adoptar y se formulan criterios para la aceptación de tensiones y deformaciones.

## ■ VIII. AUDITORÍAS POR CONSULTORES INDEPENDIENTES

### 1. Introducción

Las *Auditorías por Consultores Independientes* tienen por objeto verificar el cumplimiento de las prácticas y de los estándares de seguridad de la presa y de sus obras auxiliares; identificar anomalías en el mantenimiento y/o comportamiento, así como de cualquier riesgo potencial no contemplado; recomendar la necesidad de estudios y/o investigaciones complementarias, trabajos correctivos u otras mejoras para la seguridad; verificar la existencia de adecuadas previsiones frente a emergencias y demás aspectos relevantes para el control de los riesgos en niveles aceptables.

Estas auditorías técnicas deberían realizarse en todas las presas clasificadas por consecuencias de categoría I. Lo mismo es de práctica en muchos países y recomendación de ICOLD.

Para las presas bajo jurisdicción del ORSEP estas auditorías técnicas son de carácter obligatorio, y se realizan con frecuencias variables según la edad y/o condición de las obras.

***A continuación se indican algunas características de la práctica seguida por el ORSEP, recomendándose su aplicación.***

### 2. Condiciones de los Consultores Independientes

Los Consultores Independientes deben revestir la calificación de expertos en Ingeniería y Seguridad de Presas, por su reconocida y acreditada experiencia en dichas materias.

Los mismos no deben tener ninguna vinculación y/o interés con la *Entidad Responsable* de la presa, y no haber tenido participación reciente en el proyecto, construcción u operación de las obras.

El requerimiento de independencia antes mencionado se extiende a un mínimo de dos años previos a la auditoría a realizar.





### 3. Carácter y oportunidad de las Auditorías

Las Auditorías pueden ser de distinto carácter y realizarse en distintas situaciones:

- Periódicas, en intervalos de tiempo preestablecidos, en función de la edad, clasificación y/o características de la presa.
- En los casos de: ampliación, reparación, modificación de la presa y/o de sus obras auxiliares. Siempre que la magnitud o complejidad de los trabajos lo justifiquen.
- En los casos de remoción y/o abandono de obras existentes.
- Frente a situaciones de emergencia.
- Previo al primer llenado de un embalse.

### 4. Alcance de las Auditorías

El alcance de una auditoría debe fijarse con suficiente antelación a la fecha de su realización, indicando el objeto y carácter de la misma, las partes de las obras a ser inspeccionadas por los consultores independientes, las disciplinas y temas a tratar, los tiempos previstos y el cronograma de las actividades.

Lo anterior debe ser puesto a consideración de los auditores técnicos, a fin de su conocimiento previo y eventuales comentarios u observaciones.

Asimismo, la *Entidad Responsable* debe preparar un informe técnico actualizado sobre las condiciones de seguridad del aprovechamiento, con sus conclusiones y previsiones de mejoras o eventuales trabajos correctivos. El Informe sobre Revisión de la Seguridad deberá ser remitido a los auditores, con anterioridad suficiente a la fecha de la auditoría.

Complementariamente, la *Entidad Responsable* debe disponer para consulta, la siguiente documentación:

- Planos del proyecto y conforme a obra.
- Memorias técnicas y criterios de diseño (sísmicos, hidrológicos, geotécnicos, hidráulicos, estructurales).
- Informes específicos del proyecto y construcción (geología, geotecnia, hidrología, sismicidad, procedimientos, metodologías, controles de calidad, otros).
- Testigos de perforación en condiciones de identificación y observación.
- Informes de auscultación y mantenimiento.
- Informes sobre incidentes y medidas correctivas adoptadas.

- Manuales de operación, mantenimiento y vigilancia.
- Informes sobre ensayos y mantenimiento del equipamiento de control de caudales.
- Planes de Acción en Emergencias.
- Toda otra información relevante para la seguridad.

Las auditorías periódicas incluyen las siguientes actividades:

- La inspección física de la presa, obras de alivio, toma, obras de conducción, casa de máquinas, chimenea de equilibrio, fundaciones y estribos, galerías, sistemas de impermeabilización y drenaje, laderas del embalse, obras de restitución, y de los sistemas de auscultación.
- La inspección de los sistemas de control y del equipamiento de los órganos de control de caudales.
- La evaluación del estado y comportamiento de las obras civiles. Lo mismo incluye la revisión y análisis de erosiones, asentamientos, deformaciones, movimientos de distinto tipo, filtraciones, roturas, deterioros, piezometría, funcionamiento de drenes y pozos de alivio, cortinas de inyección, etc.
- La verificación de las previsiones frente a emergencias y de su actualización periódica.
- La revisión de los criterios del proyecto (sísmicos, hidrológicos, geotécnicos, estructurales) y su correspondiente actualización acorde a la práctica vigente.

## 5. Entidades involucradas - Roles y responsabilidades

Las Auditorías deben contar con la participación de la *Entidad Responsable*, del Organismo Regulador y por los Consultores Independientes.

La *Entidad Responsable* (Concesionario) tiene a su cargo la planificación en tiempo y forma de la Auditoría, y debe proponer al Organismo Regulador (ORSEP), la fecha prevista de realización, así como el cronograma de actividades.

Asimismo debe preparar la documentación y los informes específicos antes señalados.

El ORSEP designa los Consultores Independientes a propuesta de la *Entidad Responsable*. Asimismo debe dar acuerdo al alcance y programa de la auditoría.





Al finalizar la Auditoría, los Consultores Independientes deben emitir un informe con sus conclusiones y recomendaciones sobre las condiciones de seguridad de las obras. Dicho informe es leído y presentado, preferentemente al terminar la auditoría, o en caso necesario dentro de los treinta días de finalizada la misma. El informe debe ser firmado por todos los auditores.

La *Entidad Responsable* entrega una copia de dicho informe al ORSEP. Asimismo tiene sesenta días corridos para remitir opinión sobre el informe de los Consultores Independientes y la propuesta de las acciones que correspondan. La *Entidad Responsable* puede formular desacuerdos, observaciones o propuestas alternativas a las recomendaciones de los Consultores Independientes, con la correspondiente justificación

## ■ IX. GESTIÓN DE EMERGENCIA EN PRESAS

### 1. Introducción

Un completo sistema de emergencias para presas requiere enlazar distintos planes de respuesta, algunos de los cuales exceden el ámbito de la presa e involucran a los organismos de protección civil.

Los roles de los distintos actores institucionales son:

#### **Entidad Responsable**

La *Entidad Responsable* de una presa o de un conjunto de presas, detecta, evalúa y califica una emergencia, y emite un aviso en tiempo y forma según corresponda, al Organismo Regulador o Autoridad Competente, a los pobladores cercanos y a los organismos de protección civil.

#### **Organismo Regulador o Autoridad Competente**

Aprueba el Plan de Acción Durante Emergencias (PADE) y fiscaliza las acciones que desarrolla la *Entidad Responsable* para implementar y mantener el PADE.

#### **Organismos de Protección Civil**

Los organismos de protección civil implementan un plan de acción de alerta y eventual evacuación de la población potencialmente afectada, e inician la respuesta a la emergencia.

La gestión de las emergencias se basa en la constitución de una estructura de respuesta que incluya los siguientes componentes:

- a) Un plan de acción durante emergencias (PADE) interno de la *Entidad Responsable*, específico para



- cada presa, que ordene las acciones ante situaciones inusuales o de emergencia
- b) Información para uso de los organismos de Protección Civil preparada por la *Entidad Responsable*.
  - c) Planes de Protección Civil de respuesta ante emergencias, desarrollados por las agencias de nivel regional, comunitario o municipal.

Los PADE y la información para los organismos de Protección Civil pueden constituir un único documento, aún cuando es preferible diferenciarlos para evitar errores de interpretación. Deberá controlarse el registro de todas las copias y facilitar que las personas designadas las mantengan actualizadas.

## 2. Plan de Acción Durante Emergencias (PADE)

Un Plan de Acción Durante Emergencias (PADE) es un manual interno de la *Entidad Responsable* que describe el proceso efectivo de gestión de emergencias para la presa, incluye procedimientos para prevenir y actuar durante emergencias, guiando a la *Entidad Responsable* y a su personal a través del proceso de respuesta.

Toda presa de categoría I debe contar con procedimientos de acción durante emergencias.

Por su naturaleza, los PADE son específicos para cada emplazamiento.

El proceso de gestión de emergencias debe actualizarse durante todo el ciclo de vida de la presa, incluso durante la etapa de construcción.

En el caso de una presa nueva, los planes deben establecerse antes del primer llenado del embalse.

La ausencia de normativa del gobierno en la materia no excluye la responsabilidad de la *Entidad Responsable* de disponer de planes de acción durante emergencias.

Los procedimientos de acción durante emergencias describen los pasos que debe seguir el personal de operaciones, estableciendo claramente, en orden de prioridad, las funciones y responsabilidades claves, como así también las notificaciones y los contactos externos que deban ser informados.

Los procedimientos operativos y de vigilancia normal, establecidos por la *Entidad Responsable* para el manejo de crecidas, deben estar relacionados con las acciones durante emergencias.

La coordinación entre la *Entidad Responsable* y los *Organismos de Protección Civil* es un elemento crítico en la respuesta a las emergencias.





### 3. Activación del Plan y Respuesta Inicial

Detectada una situación de riesgo, el personal operativo debe verificar y determinar el nivel de la emergencia y poner en marcha los mecanismos de respuesta frente a la misma.

Por lo general, las situaciones de emergencia pueden encuadrarse entre una de las siguientes:

- *Crecida extraordinaria.* Erogación de altos caudales por requerimiento de manejo del embalse, dentro de las condiciones de operación del complejo. Se debe notificar a las comunidades bajo riesgo.
- *Situación de contingencia operativa.* Erogación imprevista de caudales. No existe peligro estructural. Se debe notificar a las comunidades bajo riesgo.
- *Emergencia potencial en la presa.* Existe una situación potencialmente peligrosa que requiere de medidas de control y correctivas. Se debe notificar al Organismo Regulador o Autoridad Competente, y a los organismos de protección civil a efectos de su preparación frente a la eventual necesidad de una evacuación.
- *Emergencia real o inminente en la presa.* El colapso de la presa ha sucedido o es inminente. Resulta necesario evacuar la población aguas abajo.

### 4. Contenido de un PADE

#### 4.1 *Detección, evaluación y clasificación de emergencias*

El PADE debe describir los procedimientos sistemáticos para detectar situaciones que pudieran conducir a la declaración de una emergencia en la presa.

Estas situaciones incluyen:

- El pronóstico de una tormenta significativa.
- Fallas en el equipamiento esencial, como las compuertas para operar crecidas.
- Deslizamientos en los taludes, con el potencial de causar una falla en la presa.

- La falla total de la presa causada por sobrepaso, sismo, erosión interna, tubificación, o atribuible a otros factores.
- Actos de vandalismo o terrorismo.

Los procedimientos operativos y de auscultación normales deben relacionarse con los procedimientos de respuesta ante emergencias. Los documentos deben incluir claras referencias cruzadas y las instrucciones deben ser consistentes. Los documentos relacionados deben encontrarse fácilmente accesibles.

Se deben cubrir los siguientes elementos principales:

- Condiciones o eventos que indican una emergencia existente o potencial.
- Medios para identificar una emergencia actual o potencial.
- Procedimientos para evaluar la gravedad y la magnitud de una emergencia existente o potencial.
- Designación de la(s) persona(s) responsable(s) de identificar y evaluar una emergencia e implementar el PADE.

#### *4.2 Procedimientos de Notificación*

Declarada la emergencia, el PADE indicará al personal cumplir los Procedimientos de Notificación, los que deben:

- Ser claros y fáciles de seguir.
- Estar permanentemente preparados y operativos.
- Ser activados por el jefe de la emergencia.
- Alcanzar a los pobladores cercanos mediante una señal de alarma diferenciada.
- Garantizar la inexistencia de falsas alarmas mediante la implementación de códigos de validación entre el emisor y el receptor.

#### Diagrama de notificación

El PADE resume el procedimiento de notificación en una representación gráfica. Incluye los nombres individuales y sus cargos, números telefónicos particulares y laborales, contactos y medios de comunicación alternativos, asignando un responsable alternativo para cada emisor y receptor.

Para cada tipo de emergencia, se indica cuáles son los criterios o factores que inician el proceso, a quién se debe llamar, el orden de prioridad y quién debe realizar cada llamada. Se procura que cada responsable deba notificar al menor número posible de personas. Los diagramas de flujo deben ser fáciles de seguir por el personal involucrado.





Deben entregarse copias a todos los individuos con responsabilidades en el plan y disponerse su colocación en lugares visibles en la presa y en la Sala de Operación Durante Emergencia.

Se puntualiza cómo y a quienes comunicar las emergencias, junto con modelos de dichas comunicaciones.

#### Aviso a pobladores cercanos

Deberá asegurarse que las poblaciones cercanas al emplazamiento reciban la alerta de una emergencia en el menor tiempo posible.

Los acuerdos suscritos entre la *Entidad Responsable* y los *Organismos de Protección Civil*, deben establecer que pobladores serán alertados desde la presa y cuáles a través de los organismos de protección civil.

La *Entidad Responsable* deberá instalar sistemas de alerta fácilmente identificables por la población, en las zonas cercanas aguas abajo de la presa. Los sistemas de alerta sonoros deben ser ensayados al menos una vez al año, tomando el cuidado de que su activación no genere falsas alarmas.

Los *Organismos de Protección Civil* son responsables de brindar el apoyo necesario para facilitar la autoevacuación de los pobladores cercanos en caso que esta fuera necesaria.

### 4.3 Responsabilidades

#### Responsabilidades de la Entidad Responsable

La *Entidad Responsable* debe procurar que su personal conozca perfectamente la importancia y necesidad del plan y ejercite las acciones a cumplir antes, durante y después de declarada una emergencia.

La *Entidad Responsable* desarrollará el PADE como resultado de la coordinación y consulta con los *Organismos de Protección Civil*.

#### Responsabilidad de coordinación del PADE

La *Entidad Responsable* designará una persona como Coordinador de la implementación del PADE. Sus funciones deberán incluir como mínimo la conducción de los programas de capacitación, la preparación y desarrollo del programa de ejercitaciones y la revisión y actualización del PADE. La misma será la encargada de contestar todas las inquietudes y dudas que surjan con referencia al PADE, incluidas las del Organismo Regulador o Autoridad Competente.



## Responsabilidades del personal de la Entidad Responsable

El PADE establece los medios y la/s persona/s a través de los cuales se mantendrán informadas a las autoridades de Protección Civil del desarrollo de una situación de emergencia. La realización de reuniones y ejercitaciones conjuntas, permite alcanzar un mejor entendimiento mutuo.

Se designará a una persona como responsable de observar y mantener informadas a las autoridades de Protección Civil sobre el desarrollo de la situación en el emplazamiento, desde el momento en que se inicie la emergencia hasta que ésta concluya. La misma persona o su alterno será responsable de declarar finalizada la emergencia.

Deberá especificarse la forma en que se llevará a cabo la evaluación posterior de la emergencia, registrando los resultados en un informe escrito.

## Responsabilidad del Organismo Regulador o Autoridad Competente

El Organismo Regulador o Autoridad Competente con jurisdicción sobre la presa, es responsable de aprobar el PADE y fiscalizar su implementación y mantenimiento.

### *4.4 Prevención de emergencias*

La *Entidad Responsable* debe disponer actividades destinadas a prevenir la ocurrencia de emergencias o, en caso de que estas se declaren, a facilitar la respuesta. Estas acciones pueden incluir la instalación de equipos y/o el establecimiento de procedimientos con alguno de los siguientes objetivos:

- Prevenir el desarrollo de condiciones de emergencia.
- Advertir acerca del desarrollo de una emergencia.
- Facilitar la operación de la presa durante una emergencia.
- Minimizar los daños resultantes de una emergencia.

## Control del Comportamiento

El PADE debe contener una breve descripción de las provisiones para efectuar el control del comportamiento de la presa. Las condiciones para detectar la aparición de una situación de emergencia están generalmente cubiertas en el Manual de Operación, Mantenimiento y Vigilancia (MOMV). Deben incluirse claras referencias cruzadas y las instrucciones deben ser consistentes. Los documentos relacionados deben ser fácilmente accesibles.





### Equipamiento hidráulico y electromecánico

Cuando corresponda, las indicaciones que figuren en el PADE deben relacionarse de la forma más simple y rápida posible con los procedimientos de mantenimiento, inspecciones y ensayos previstos en los MOMV.

Debe asegurarse que los equipos comandados a distancia se encuentren siempre operativos.

### Seguridad frente a vandalismo y/o sabotaje

El PADE debe incluir una revisión de las condiciones de seguridad contra actos de vandalismo o ataques externos y el análisis de escenarios que los prevean. Cuando este tipo de escenarios sea descartado se dejará constancia de lo mismo.

## 4.5 Acciones durante emergencias

### Evacuación de las instalaciones de la *Entidad Responsable*

Será necesario prever la evacuación de todo el personal y de personas ajenas que se encuentren en las instalaciones, para el caso de que las mismas puedan verse afectadas por una falla de la presa.

### Sala de Operación Durante Emergencias

Es recomendable que la *Entidad Responsable* prevea una instalación en el emplazamiento, como centro de operación en caso de declarar la presa en emergencia. Esta instalación puede ser dispuesta ad hoc o formar parte de otras instalaciones que reúnan las siguientes condiciones:

- Destinada a manejar emergencias en la presa.
- Constituir un sitio siempre seguro y con accesos permanentes.
- Disponer de sistemas de comunicación redundantes y seguros, aún en caso de emergencias
- Contar con provisión de energía asegurada.
- Disponer de una copia fácilmente accesible de la documentación que se estima pueda necesitarse durante la emergencia.
- Permitir la observación directa o tener fácil acceso a los acontecimientos.
- Con espacio para el personal que actuará y los elementos a emplear durante la emergencia.
- Su utilización debe incluirse en los programas de capacitación del personal y de ejercitaciones del PADE.

## Materiales, Equipos y Sistemas de Comunicación

Deberán incluirse detalles completos de los sistemas de comunicación internos y externos, primarios y alternativos, que se aplicarán a la respuesta ante emergencias. Asimismo, la ubicación y disponibilidad de los equipos, las fuentes de energía de emergencia, las empresas contratistas y los materiales de reserva críticos para la respuesta.

### Acceso al Sitio

Se suministrará información sobre el acceso, las rutas primarias y secundarias, incluidos los puentes, y los medios para llegar al sitio.

### Respuesta en períodos de oscuridad

Deberán incluirse previsiones para la respuesta durante períodos de oscuridad, aún para aquellos causados por fallas en la energía eléctrica. Deberán preverse grupos electrógenos de emergencia capaces de alimentar los equipos auxiliares.

### Respuesta durante feriados y fines de semana

Deberá cubrirse la respuesta durante feriados y fines de semana. Se considerarán especialmente los lapsos de tiempo en que en el emplazamiento permanece sólo el personal de turnos.

### Respuesta durante períodos de mal tiempo

Un PADE abarca la respuesta en condiciones climáticas adversas, como por ejemplo situaciones de frío extremo, incendios forestales, cenizas volcánicas, interrupción de las vías de acceso por reclamos sociales, sismo, nieve y tormentas.

## 4.6 Anexos

### Mapas de inundación

Los mapas de inundación son representaciones cartográficas de las áreas ubicadas aguas abajo del emplazamiento de una presa, que podrían ser inundadas como consecuencia de su falla, hasta un punto más allá del cual la crecida ya no represente un peligro para la vida y la propiedad. Suelen producirse utilizando modelos matemáticos que simulan la rotura de la presa y el desplazamiento de la onda resultante por el valle ubicado aguas abajo del emplazamiento. Muestran los tiempos de traslado del frente de la onda de inundación, los picos de la crecida y sus tiempos de arribo a secciones críticas del valle ubicado aguas abajo. Se deben elaborar utilizando la mejor cartografía disponible.





Los mapas de inundación son de utilidad para los *Organismos de Protección Civil*. Facilitan la notificación a tiempo y la eventual evacuación de las áreas afectadas por la falla de la presa o por crecidas.

La claridad y la simpleza son atributos importantes de los mapas y cuadros de inundación.

La escala del mapa debe ser tal que todas las características importantes puedan ser identificadas por el personal operativo o los organismos de protección civil.

La precisión de los mapas de inundación está limitada por el método de cálculo y la precisión de la información utilizada como datos en el análisis. La información de secciones transversales del valle suele limitarse a secciones precisas como la presa, cruces de puentes, estaciones de aforo y el área ocupada por ciudades y pueblos.

A efectos de que los mapas de inundación sean claros y útiles a los organismos de protección civil que deben organizar los planes de alerta y evacuación, es necesario seleccionar una cantidad finita representativa de escenarios claves.

Los escenarios más utilizados incluyen crecidas extraordinarias, rotura estructural de la presa, rotura de presas ubicadas en la misma cuenca aguas arriba, apertura súbita no programada de órganos de evacuación, operación de los órganos de evacuación a su máxima capacidad.

Si los resultados de varias crecidas y/o escenarios se incluyen en un solo grupo de planos, ellos deben poder diferenciarse claramente.

#### Estudios utilizados para el PADE

En anexos separados, deben adjuntarse todos los estudios técnicos y socio-económicos utilizados para elaborar el PADE.

## 5. Implementación de un PADE

La implementación de un PADE abarca un proceso continuo, que comprende el diseño, puesta en servicio, ejercitación y actualización, de los procedimientos y acciones requeridas para mitigar los efectos de un error operativo, o de una falla total o parcial de la presa.

En general implica los siguientes pasos:

1. Recopilación de antecedentes.
2. Identificación de las situaciones o los eventos que requieren el inicio de una acción de emergencia, especificando las medidas a tomar y quién debe adoptarlas.



3. Identificación de todas las jurisdicciones, los organismos y las personas físicas que se verán involucradas en la respuesta ante emergencias.
4. Desarrollo de un borrador del PADE.
5. Reuniones de coordinación con todas las partes incluidas en el listado de notificaciones de modo tal que puedan revisar el borrador y realizar sus comentarios.
6. Participar en ejercitaciones preliminares que pudiera organizar la autoridad de protección civil, para detectar posibles mejoras.
7. Revisión sobre la base de los conocimientos adquiridos y modificaciones.
8. Consideración interna del documento por la *Entidad Responsable*.
9. Revisiones finales y emisión del documento.
10. Revisión por el Organismo Regulador o Autoridad Competente.
11. Puesta en servicio y mantenimiento del PADE.

## 6. Puesta en servicio y mantenimiento de un PADE

La implementación del PADE debe ser notificada fehacientemente a todo el personal.

El Coordinador del PADE debe preparar un programa plurianual que contemple como mínimo: capacitación, ejercitación, actualización e informe anual.

### Capacitación

Todo el personal técnico debe conocer perfectamente el complejo hidráulico y recibir capacitación en la detección y evaluación de problemas y en la adopción de medidas de reparación adecuadas.

### Ejercitación

La ejercitación debe asegurar que tanto los documentos como la capacitación de las partes involucradas sean adecuados. Las pruebas pueden variar desde un ejercicio de gabinete limitado, hasta una simulación a gran escala.

### Actualización

La *Entidad Responsable* debe proceder a la actualización del PADE una vez al año o con la frecuencia que establezca el Organismo Regulador o Autoridad Competente. Las mismas pueden incluir cambios en las fechas de vigencia, en los directorios telefónicos, en los responsables en la cadena de notifica-





ciones, tanto en la *Entidad Responsable* como en los organismos de protección civil u otras entidades involucradas, en los procedimientos, en los mapas de inundación u otras.

Los números telefónicos y los nombres de las personas de contacto deben verificarse y actualizarse al menos una vez por año.

Las actualizaciones del PADE que modifiquen la información para los Organismos de Protección Civil, deben trasladarse a los poseedores de los documentos. Si no sufrieran ninguna modificación, esta novedad igualmente debe ser informada.

Al inicio del PADE, es conveniente que se registren las fechas de las actualizaciones y las modificaciones introducidas.

### Informe anual

Terminado cada ciclo anual de implementación del PADE, su Coordinador debe elaborar un Informe Anual en el que queden registradas todas las actividades cumplidas, incluyendo un listado y breves comentarios sobre las acciones desarrolladas, los resultados, las mejoras propuestas e introducidas, así como delinear el plan para el próximo ciclo anual.

Normalmente el Informe Anual será distribuido entre los responsables del PADE, archivado en el centro de documentación de la *Entidad Responsable* y un original será remitido al Organismo Regulador o Autoridad Competente, para sus comentarios y/o recomendaciones si correspondieran.

## 7. Información para uso de los Organismos de Protección Civil

*Los Organismos de Protección Civil que pudieran tener intervención en caso de un accidente o falla de presas, deben contar con la información necesaria para elaborar planes de alerta y evacuación destinados a proteger a las poblaciones potencialmente afectadas.*

La *Entidad Responsable* debe tomar contacto previo con las autoridades de protección civil de las zonas potencialmente afectadas, relevar las necesidades de los planes de alerta y evacuación, y proceder a la elaboración de información, proporcionándola en contenidos y formatos que sean útiles a esos usuarios.

El informe para la Protección Civil puede provenir totalmente del PADE o requerir alguna elaboración adicional para su adecuación a las necesidades de dichos organismos.

La información debe permitir:

- (a) La planificación por parte de los gobiernos municipales, provinciales y servicios de defensa civil,

que se verían involucrados en la respuesta ante una emergencia producida por una descarga incontrolada del embalse.

- (b) La coordinación de esfuerzos por parte de los niveles nacional, provincial y municipal de gobierno.

La información no es un documento de respuesta en sí mismo.

La *Entidad Responsable* debe describir de manera clara y simple, los escenarios, las notificaciones que emitirá en caso de emergencia y las afectaciones esperadas aguas abajo, mediante mapas de inundación y definición de las características de la onda de crecida, para que las autoridades locales puedan desarrollar sus propios planes de respuesta.

La información debe ser entregada a las autoridades de protección civil con suficiente antelación al inicio de la puesta en servicio de la presa. En caso de que la presa sea preexistente, es conveniente que la *Entidad Responsable* la entregue en un plazo no mayor a un año desde el inicio de su explotación.

Los usuarios de la información deben comunicar a la *Entidad Responsable* cualquier modificación en los datos de contacto y de las responsabilidades. La *Entidad Responsable* debe mantener actualizado el diagrama de notificaciones e informar de toda modificación a los usuarios.

El PADE y la información entregada a los organismos de protección civil, deben ser documentos compatibles entre sí. Cualquier modificación en uno de los documentos que pudiera afectar al otro, deberá ser correspondientemente ajustada en este último.

## ■ X. GLOSARIO

**Abandono.** Fase de la obra en que la misma deja de ser explotada.

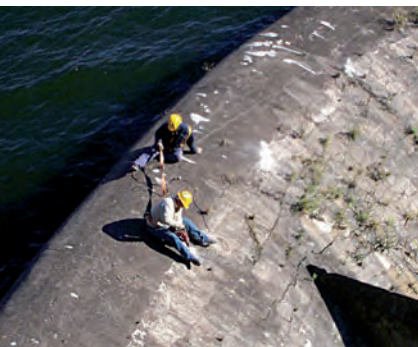
**Accidente.** Evento no controlado que puede dar lugar a una inundación.

**Amenaza.** Situación o causa que puede poner en riesgo la integridad estructural u operativa de la presa.

**Anomalía.** Defecto o circunstancia que no se encuadra dentro de lo previsto.

**Ciclo de vida de una presa.** Lapso que abarca las etapas de Diseño, Construcción, Operación y Desmantelamiento de una presa.





**Colapso.** Rotura total de la presa que da lugar a la pérdida incontrolada del embalse.

**Consecuencias.** Medida cuantitativa o apreciación cualitativa de las pérdidas de vidas, daños económicos y/o impacto ambiental, derivados del colapso o accidente en una presa.

**Consecuencias incrementales de las fallas.** Pérdidas o daños incrementales que puede causar la falla de una presa aguas arriba, aguas abajo o en la presa misma, más allá de las pérdidas o daños que hubieran tenido lugar debido al mismo hecho o a las mismas condiciones si la presa no hubiera fallado.

**Daños Potenciales.** Daños posibles de ocurrir independientemente de su probabilidad de ocurrencia.

**Emergencia.** En términos de la gestión de presas, cualquier condición que se desarrolle natural o inesperadamente, que ponga en peligro la integridad de la presa y/o de la vida o la propiedad aguas abajo y que requiera acción inmediata.

**Entidad Responsable.** Persona física o jurídica responsable por la seguridad de la presa. Generalmente es el responsable de la operación de la presa.

La persona jurídica puede ser una empresa, una dependencia del gobierno, una empresa de servicios públicos o una sociedad comercial, que puede poseer (a) una licencia del gobierno para operar la presa; (b) el título de propiedad del lugar donde se encuentra la presa y/o de la presa y/o del embalse; o (c) ambas cosas.

**Escenario.** Situación hipotética posible que puede dar lugar a un accidente o colapso de presa.

**Estructuras complementarias.** Estructuras y equipos distintos de la presa misma, que se encuentran en el emplazamiento de un complejo hidráulico. Incluyen, entre otros, instalaciones tales como la obra de toma, casas de máquinas, canales, conductos de carga, descargadores de fondo, cámaras y chimeneas de equilibrio, compuertas y sus equipos de accionamiento, válvulas, así como también todas las instalaciones de control crítico y de descarga de agua. Además, se encuentran incluidos los equipos de control electromecánico y de alimentación eléctrica de reserva ubicados en la casa de máquinas o en centros de control remoto.

**Evaluación de riesgos.** Proceso que consiste en decidir si los riesgos existentes son tolerables y si las medidas actuales de control de riesgos son adecuadas y, si no lo fueran, si se justifican o si se implementarán medidas de control de riesgos alternativas. La evaluación de riesgos incorpora el análisis y la valoración de riesgos.



**Falla de la presa.** Descarga incontrolada de un embalse debido al colapso de una presa, de alguna parte de ésta, o de alguna de las estructuras que componen el cierre.

**Mantenimiento.** Conjunto de medidas destinadas a garantizar las condiciones de seguridad y funcionamiento de las obras.

**Organismo Regulador o Autoridad Competente.** Ente, Organismo, departamento, oficina u otra dependencia del gobierno nacional o provincial facultado por ley o acto administrativo para actuar como Autoridad de Aplicación en materia de seguridad de presas, con Poder de Policía dentro de su jurisdicción para fiscalizar el cumplimiento de normas regulatorias de seguridad vinculadas al diseño, la construcción y la operación de presas y embalses. *En las obras bajo jurisdicción del Estado Nacional, este rol lo cumple el ORGANISMO REGULADOR DE SEGURIDAD DE PRESAS (ORSEP).*

**Plan de Acción Durante Emergencias (PADE).** Documento que contiene procedimientos y prácticas que deben cumplirse en la presa ante la ocurrencia de emergencias. Incluye listas de recursos a movilizar, comunicaciones a efectuar, mapas de inundación que muestran los niveles de agua y el tiempo de llegada de las ondas de inundación aguas arriba y aguas abajo que serían consecuencia de fallas de la presa o de sus estructuras complementarias.

**Presa.** En estos lineamientos, el término *Presa* se aplica a toda barrera construida para la retención o derivación de agua en estado natural o que contenga cualquier otra sustancia, residuos líquidos o relaves, cuando las consecuencias de su incorrecta operación o de su falla pudieran ser inaceptables o implicar un riesgo para el público. El término incluye las *estructuras auxiliares y complementarias* que integran el complejo hidráulico cuando su correcto funcionamiento resulte imprescindible para la operación segura de la presa.

**Presa segura.** Presa que no impone un riesgo inaceptable para las personas o la propiedad y que cumple con los criterios de seguridad que resultan aceptables para el Estado, la profesión de ingeniería y el público.

**Presa fuera de servicio.** Presa que, en su ciclo de vida, ha llegado a la etapa en la que tanto su construcción como su uso previsto han finalizado en forma permanente de conformidad con un plan de desmantelamiento de la presa.

**Programa de seguridad de presas.** Es el proceso en el que se fijan los objetivos y las metas a cumplir, se desarro-





llan los planes a implementar y se definen los estándares de desempeño para mantener la presa dentro de los mayores niveles de seguridad compatibles con el estado del arte.

**Protección civil.** Sistema que coordina y ejecuta las acciones de prevención y respuesta requeridas para la protección civil de los habitantes ante hechos del hombre y de la naturaleza que puedan generar emergencias. Los organismos de protección civil son responsables de implementar un plan de acción de alerta y eventual evacuación de la población potencialmente afectada por una emergencia en la presa e iniciar la respuesta en la planicie de inundación. El sistema previsto a nivel país se denomina Sistema Nacional de Gestión Integral del Riesgo (SINAGIR) y es coordinado por la Secretaría de Protección Civil del Ministerio de Seguridad de la Nación. En los estados provinciales suele denominarse Defensa Civil Provincial. En los estados municipales suele denominarse Defensa Civil Municipal.

**Riesgo.** Medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso sobre la salud, la propiedad o el medio ambiente. El riesgo se estima según la expectativa matemática de ocurrencia de las consecuencias de un evento adverso (es decir, «el producto entre la probabilidad de ocurrencia y su consecuencia»).

**Riesgo aceptable.** Riesgo que la sociedad está preparada para aceptar sin gestiones adicionales. El nivel de aceptación de un riesgo puede estar reflejado en normas del Estado.

**Sistema de Gestión de la Seguridad de Presas.** Organización de un conjunto de procesos relacionados e integrados, a través de los cuales se llevan a cabo las actividades operativas tendientes a alcanzar y mantener los mayores niveles de integridad estructural de la presa. Los sistemas de gestión bien diseñados son escalables, de forma que los mismos elementos generales del proceso de gestión se aplican en todos los niveles de la organización operativa, aunque en distintos grados y con distinto detalle.

**Vida útil.** Lapso durante el cual la presa conserva su integridad física. Estos lineamientos no toman en cuenta la vida económica de la presa

**Vigilancia.** El control del comportamiento de la presa. Incluye la recolección sistemática de datos mediante inspecciones visuales e instrumentación, su análisis y su interpretación.

## ■ XI. REFERENCIAS

- Australian National Committee on Large Dams. Guidelines on Risk Assessment. 2003.
- Bradley, D., Palmieri, A. Regulatory Frameworks for Dam Safety. A comparative Study. The World Bank Law, Justice and Development Series. D. 2002.
- Canadian Dam Association. Dam Safety Guidelines. 2007.
- Federal Emergency Management Agency. Federal Guidelines for Dam Safety. April 2004.
- Federal Emergency Management Agency. Federal Guidelines for Dam Safety. Hazard Potential Classification System for Dams. Jan. 2004.
- ICOLD Bulletins: N° 59 (1987). Dam Safety Guidelines.  
N° 130 (2005). Risk Assessment in Dam Safety Management.  
N° 60 (1988). Dam Monitoring. General Considerations.  
N° 49a (1986). Operations of Hydraulic Structures of Dams.  
N° 67 (1989). Sedimentation Control of Reservoirs.  
N° 68 (1989). Monitoring of Dams and their Foundations.  
N° 88 (1993). Rock Foundations for Dams.  
N° 129 (2005). Dam Foundations Geologic Considerations.  
N° 123 (2002). Seismic Design and Evaluation of Structures Appurtenant to Dams.  
N° 72 Selecting Seismic Parameters for Large dams.
- Jansen, R. B., Van Nostrand Reinhold, E. Advanced Dam Engineering. 1988.
- Ministerio de Obras Públicas de Transportes y Comunicaciones. Portugal. Decreto Ley N° 344/2007. Reglamento de Seguridad de Presas.
- New Zealand Society on Large Dams. Dam Safety Guidelines. Nov. 1995.
- Queensland Government. Natural Resources and Mines. Queensland Dam Safety Management Guidelines. Australia. Feb. 2002.
- SEPTEM. Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses. Madrid, 1996.
- USBR. Dams and Public Safety. Jansen R.B. 1983.
- USBR. A Procedure for Estimating Loss of Life Caused for Dam Failure. DSO-99-06. Wayne Graham.
- Villarino, E. Tratado Básico de Presas. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1994.
- Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil. Ano CXLVII, N° 181, LEI N°12.334 (Política Nacional de Segurança de Barragens), 2010.





- Consejo de Ministros - Directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo de inundaciones, 009/12 - España, 1994.
- Ministerio de Medio Ambiente, Reglamento aprobado por Orden Ministerial 12/3/96. Reglamento técnico sobre seguridad de presas y embalses. España, 1996.
- Presidente della Repubblica, Decreto del 24 de marzo 2003, n° 136 -regolamento concernente l'organizzazione, e compiti ed il funzionamento del Registro italiano dighe- RID - Italia, 2003.
- Ministerio das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Decreto-Lei n° 344/07 – Regulamento de segurança de Barragens – Portugal, 2007.
- Senate and House of Representatives of the United States of America, USA, Public Law 107-310-dec. 2, 2002. Dam safety and security act of 2002.
- Association of State Dam Safety Officials (ASDSO), [www.damsafety.org](http://www.damsafety.org), What is the National Dam Safety & Security Program and Why Should It Continue? USA.
- Bureau of Reclamation (USBR) -Training Aids for Dam Safety (TADS). Denver, Colorado, USA, 1989.





Lineamientos de seguridad de presas /  
2a ed- Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ORSEP  
Organismo Regulador de Seguridad de Presas, 2018

76 p.; 25x17 cm.  
ISBN 978-987-26294-1-0

1. Presas. 2. Ingeniería. 3. Seguridad.  
CDD 627.8



“Lineamientos de Seguridad de Presas”  
ha sido producida, redactada y revisada  
por el Organismo Regulador  
de Seguridad de Presas (ORSEP).

Derechos de propiedad del Organismo Regulador  
de Seguridad de Presas (ORSEP).

Se permite la reproducción del contenido textual  
o parcial de esta publicación siempre que se cite  
la fuente.



