

COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

EL PROYECTO "DAMSE" DE LA UNIÓN EUROPEA SOBRE SEGURIDAD FÍSICA (FRENTE ACCIONES ANTRÓPICAS) EN PRESAS Y EMBALSES.

Ignacio Escuder Bueno¹
Manuel G. Membrillera²
Massimo Meghella³
Armando Serrano Lombillo⁴

RESUMEN: Las presas forman parte de las infraestructuras europeas más vitales y críticas, proporcionando beneficios extraordinarios para la sociedad como son la energía hidroeléctrica, protección frente a inundaciones o agua para abastecimiento urbano y riego. Por otra parte, las presas también tienen incidencia sobre lo que genéricamente se denomina "seguridad pública", dado que su fallo podría resultar en pérdidas de vidas humanas además de económicas y medioambientales. El proyecto DAMSE ha tenido como principal objetivo el desarrollo y verificación de una metodología basada en riesgo para la evaluación y gestión de aspectos de seguridad de presas frente a acciones de carácter antrópico.

¹ Dr. Ingeniero de Caminos. Universidad Politécnica de Valencia

² Dr. Ingeniero de Caminos. OFITECO y Universidad Politécnica de Valencia

³ Ingeniero Civil. CESI Ricerca, Milán, Italia.

⁴ Ingeniero de Caminos. Universidad Politécnica de Valencia

1. INTRODUCCION

Las presas forman parte de las infraestructuras europeas más vitales y críticas, proporcionando beneficios extraordinarios para la sociedad como son la energía hidroeléctrica, protección frente a inundaciones o agua para abastecimiento urbano y riego. Por otra parte, las presas también tienen incidencia sobre lo que genéricamente se denomina “seguridad pública”, dado que su fallo podría resultar en pérdidas de vidas humanas además de económicas y medioambientales.

Particularmente desde el 11 de Septiembre de 2001, se ha incrementado la preocupación y conciencia sobre amenazas relacionadas con sabotaje, vandalismo y terrorismo que pudieran afectar a infraestructuras críticas por su potencial de producción de daños, con repercusiones prácticas de muy diversa índole.

En este contexto, el proyecto DAMSE ha tenido como principal objetivo el desarrollo y verificación de una metodología basada en riesgo para la evaluación y gestión de aspectos de seguridad de presas frente a acciones de carácter antrópico.

El objetivo se ha conseguido a través de la beneficiosa interacción entre altamente cualificados usuarios finales de la metodología (propietarios de presas privados y públicos) y desarrolladores (especialistas en ingeniería de presas), formando un equipo europeo transnacional con profesionales de Austria, Italia y España.

2. SOCIOS DEL PROYECTO “DAMSE” Y DIFUSION DE RESULTADOS

El proyecto DAMSE (A European Methodology for the Security Assessment of Dams) ha sido parcialmente (85%) financiado por la Unión Europea (Grant Agreement No. JLS/2006/EPCIP/001 of the EPCIP-European Program for Critical Infrastructure Protection). La duración ha sido de 12 meses, de Diciembre de 2006 hasta Febrero de 2007. Tres importantes países europeos, Austria, Italia y España, con más del 30% de las grandes presas europeas, han formado parte del proyecto, dándole al mismo una naturaleza transnacional.

Finalizados los catorce meses de trabajo, se celebró un Workshop Internacional en la ciudad de Valencia (España) los días 25 y 26 de Febrero de 2008. Durante el mismo, se expuso la metodología desarrollada, diversos casos de estudio y la evaluación externa del proyecto realizada por los miembros del panel internacional. Entre los más de 150 cincuenta asistentes se encontraban representantes de 19 países y la disertación de clausura corrió a cargo del presidente de ICOLD (Comité Internacional de Grandes Presas).

En cualquier caso, se adoptó y está en vigor una cuidadosa política de confidencialidad para prevenir acceso a información sensible (particularmente de los usuarios finales) por gente potencialmente malintencionada. La Tabla 1 muestra las principales organizaciones involucradas, su función y el personal encargado de llevar a cabo el proyecto.

Tabla 1. Organizaciones, función y personal adscrito al DAMSE.

<p>CESI RICERCA SpA (COORDINADOR-DESARROLADOR) http://www.cesiricerca.it Via Rubattino 54, I-20134 Milano-ITALY</p>	<p>Massimo Meghella (coordinador del proyecto)</p>
<p>UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA (DESARROLADOR) http://www.ipresas.upv.es Camino de Vera s/n, 46022 Valencia-SPAIN</p>	<p>Dr. Ignacio Escuder Bueno (líder científico)</p> <p>Dr. Manuel G. de Membrillera Ortuno</p> <p>Armando Serrano Lombillo</p>
<p>VERBUND AHP (USUARIO FINAL) http://www.verbund.co.at Am Hof 6a, 1010 Wien AUSTRIA</p>	<p>Dipl.-Ing. Dr. Herbert Schröfelbauer Gerd Schauer</p> <p>Dr. Gerald Zenz Dipl.-Ing. Simone Ortner <i>Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management – TU Graz</i></p>
<p>CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL JUCAR (USUARIO FINAL) http://www.chj.es Av. Blasco Ibañez 48, 46010 Valencia-SPAIN</p>	<p>Dr. Joaquín Andreu</p> <p>Juan Fullana</p> <p>José Luis Utrillas</p>
<p>C.V.A. – Compagnie Valdôtaine des Eaux SpA (USUARIO FINAL) http://www.cva-ao.it Via Stazione 31, I-11024 Chatillon (AO)-ITALY</p>	<p>Sergio Ballatore</p> <p>Morena Colli</p>
<p>PANEL DE EXPERTOS INTERNACIONALES</p>	<p>Dr. Rudolph V. Matalucci <i>Consultor independiente</i> Dr. David S. Bowles <i>Utah State University; RAC Engineer</i> Dr. Robin Charlwood <i>Consultor independiente</i> Dr. Enrique Matheu <i>U.S. Department of Homeland Security</i></p>

3. METODOLOGIA “DAMSE

3.1. ANTECEDENTES

En los últimos años, distintas metodologías relacionadas con la evaluación y gestión de seguridad de presas frente a acciones antrópicas han sido desarrolladas en los Estados Unidos. Entre aquellas que más directamente se puede afirmar que han incidido en el proyecto DAMSE se encuentran las siguientes:

- a) RAM-DSM y RAM-TSM metodologías desarrolladas por el Sandia National Laboratories for dams and transmission systems (Ref. [1]).
- b) DAMSVR desarrollada para FERC por William Foos & Associates.
- c) MATRIX Security Risk Analysis Program desarrollado para presas por el Bureau of Reclamation (USBR for dams).
- d) CARVER, que consiste en una herramienta basada en listas de comprobación (checklists).
- e) RAMCAP, Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection (Ref.[2]).

4. METODOLOGIA “DAMSE”

3.2. OBJETIVOS

Los objetivos específicos del proyecto DAMSE se enumeran a continuación:

- a) Establecer un procedimiento de evaluación de amenazas que permita estimar la probabilidad de que un adversario perpetre un ataque a un elemento crítico para infringir unas determinadas consecuencias.
- b) Establecer un procedimiento para llevar cabo una estimación de las consecuencias en caso de que un adversario sea capaz de exitosamente interrumpir, averiar o destruir una o todas las misiones de la presa y su embalse.
- c) Establecer un procedimiento sistemático para determinar la vulnerabilidad, es decir, la ineffectividad del sistema de protección frente a ataques antrópicos contra alguno de los elementos críticos de la presa.
- d) Desarrollar un procedimiento para completar una evaluación de riesgo que permita al gestor/propietario de presas evaluar el nivel de riesgo asociado con la amenaza, consecuencias e ineffectividad del sistema de protección así como

determinar las necesidades de implementar medidas de seguridad o de mitigación de consecuencias que sean más apropiadas para cada presa.

e) Verificar y demostrar estos procedimientos para un grupo de presas, que previamente hayan sido identificadas mediante un procedimiento de cribado o “screening” entre un grupo proporcionado por los socios propietarios de presas del proyecto (usuarios finales).

3.3 CONSIDERACION DEL RIESGO

Adicionalmente, resulta imprescindible aclarar que el riesgo es una función de diferentes factores: la probabilidad de ataque, la ineffectividad del sistema (complementario de la efectividad si se prefiere) y las consecuencias. Por tanto, las metodología se basa en la consideración de los tres factores, tal y como se expresa a continuación:

$$R = R (P_A, (1-P_E), C)$$

donde:

P_A = Probabilidad de ataque de un adversario

C = Consecuencias del ataque de un adversario

$(1-P_E)$ = Probabilidad de que el ataque resulte exitoso (su complementario, P_E , representa la seguridad que aporta el sistema de que esto no vaya a suceder)

R = Riesgo asociado con el ataque del adversario.

Con respecto a los mencionados factores que componen el riesgo, resulta igualmente importante la consideración de cada uno de los actores principales en la gestión de este tipo de riesgos y sus diferentes papeles, tal y como se ilustra en la Figura 1. Los propietarios y en su caso co-propietarios son legalmente responsables de la seguridad integral de sus presas y deben decidir que acciones, si hacen falta, implementar consistentemente con la evaluación del riesgo. Las agencias de inteligencia o fuerzas de seguridad estatales como la policía y en su caso el ejército, son por otra parte los únicos que tienen acceso a información precisa sobre potenciales amenazas. Por último, las agencias encargadas de protección civil en emergencias son generalmente responsables de disponer de un sistema operativo aprobado por el gobierno así como de los recursos necesarios para proteger a los civiles en caso de desastres naturales o tecnológicos.

Resulta consecuentemente relativamente sencillo establecer una serie de relaciones directas como Agencias de Inteligencia y la componente de amenaza en la ecuación del riesgo, los Propietarios de Presas y la eficiencia o ineffectividad del sistema, y las Agencias de Emergencias y las consecuencias. En cualquier caso, la necesidad de colaboración entre todos ellos es manifiesta y debe marcarse en este punto.

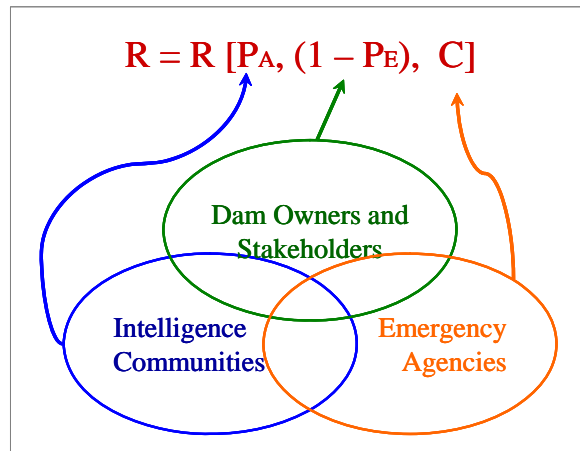


Figura 1.- Actores implicados y riesgo

Por último, la evaluación y gestión de seguridad frente a acciones antrópicas de DAMSE se basa en el proceso descrito en la Figura 2:

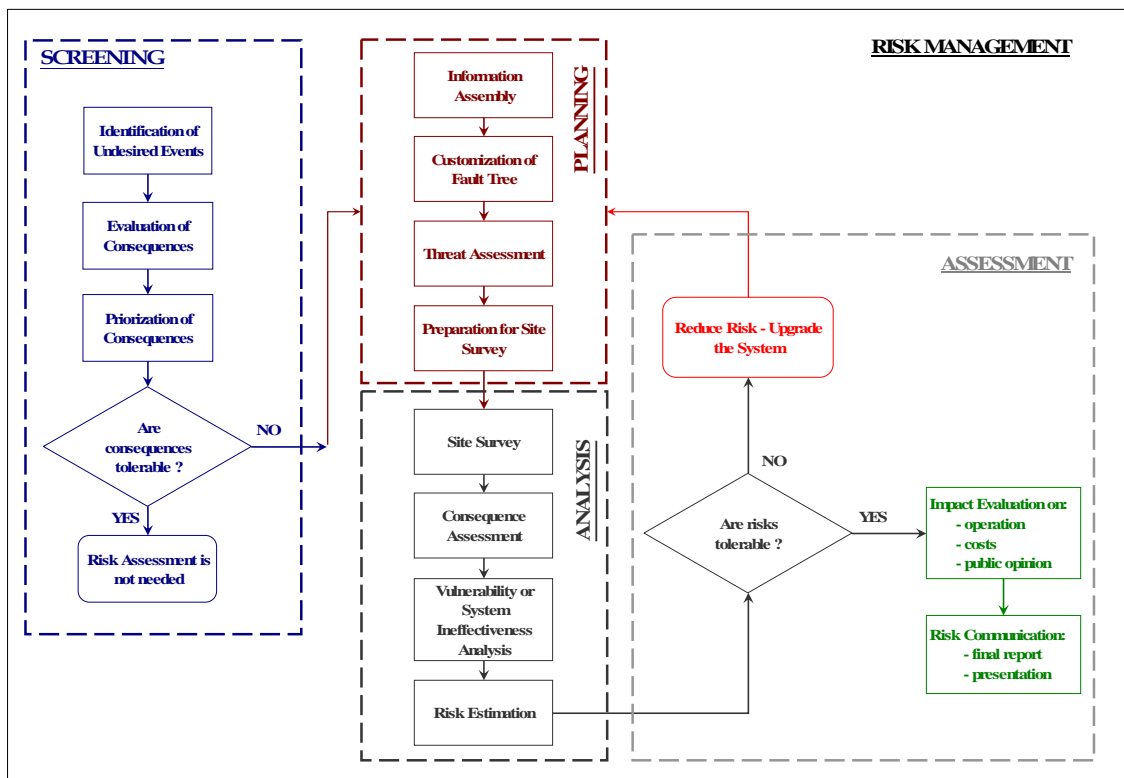


Figura.2 Diagrama de flujo de la Evaluación y Gestión de riesgos en DAMSE.

3.4 PASOS DE APLICACION

El proceso comienza con la elaboración de un cribado o “screening” que sería opcional (más indicado cuanto mayor sea el número de presas) número de basado en un proceso simplificado de evaluación de las consecuencias, y que permite la identificación de aquellas presas y misiones desempeñadas por ellas que necesariamente deben ser sometidas a un análisis completo.

El primer paso del análisis complete consiste en la recopilación y organización de toda la información disponible, incluyendo una descripción física completa.

La siguiente tarea implica determinar que elementos específicos deben ser protegidos para evitar sucesos indeseados, pasando estos a denominarse elementos críticos (Critical Assests). Para sistemas complejos, como es el caso de presas, esta identificación de elementos críticos no es obvia, y un diagrama lógico debe ser utilizado para visualizar las distintas maneras en que dichos sucesos indeseados pueden suceder. Este diagrama, particular para cada presa, es su árbol de fallos.

Otro hito en la aplicación de la metodología completa consiste en estimar el tipo de amenazas y estimar la verosimilitud de distintos ataques en el sistema, evaluando de forma conjunta las consecuencias asociadas a cada ataque.

Complementariamente, se han establecido procedimientos de inspección y evaluación de la efectividad del sistema frente a estos ataques, es decir, qué verosimilitud tiene que, en caso de producirse, el ataque sea detectado y evitado de forma exitosa.

Establecidos todos estos factores de forma sistemática, tanto la situación actual como la influencia de cualquier medida de reducción de riesgos puede ser evaluada y comparada.

Cada una de estas medidas debe ser después evaluada económicamente, estableciendo relaciones entre el coste de cada una de ellas y su efectividad en la reducción de riesgos.

El último paso sería la presentación de todas estas evaluaciones a los propietarios/gestores de las instalaciones, de manera que estos puedan tomar decisiones basadas en riesgo y correctamente informadas.

3.5 PRINCIPALES HERRAMIENTAS DESARROLLADAS

Las inspecciones de campo han demostrado ser uno de los aspectos más importantes en la metodología desarrollada. La recopilación e integración de la información y experiencia tanto de consultores externos como de todo el personal vinculado a la explotación y el mantenimiento de la presa es una de las mayores ventajas de estas inspecciones que, correctamente preparadas y planificadas, pueden realizarse sin demasiado costo económico o temporal. A tal efecto, se ha preparado 8 cuestionarios tipo que deben ser rellenados con antelación parra después verificarse y comentarse “in situ”:

- Cuestionario 1 (WS 1). Datos de la presa: nombre, localización, tipo, fecha de construcción, propósito, altura, longitud de coronación, almacenamiento, capacidad de alivio, resguardo, esquema de la presa incluyendo aquellas características más significativas aguas abajo y aguas arriba de la estructura.
- Cuestionario 2 (WS 2). Esquema de las características funcionales (línea de agua) y de accesos y circulación a través de la presa.
- Cuestionario 3 (WS 3). Relación de las misiones de la presa los elementos críticos asociados a la misma.
- Cuestionario 4 (WS4). Descripción detallada de los elementos críticos, incluyendo toda la información relevante.
- Cuestionario 5 (WS 5). Localización y descripción de todas las barreras físicas existentes.
- Cuestionario 6 (WS 6). Localización y descripción de todos los sistemas de seguridad instalados.
- Cuestionario 7 (WS 7). Información complementaria incluyendo planes y procedimientos de emergencia, disponibilidad de fuerzas de respuesta frente al ataque, incidentes registrados en el pasado, etc.
- Cuestionario 8 (WS 8). Identificación de los caminos más vulnerables para alcanzar cada uno de los elementos críticos.

La evaluación de la ineffectividad del sistema debe poner en alerta al equipo de análisis ante la perspectiva de que las altas consecuencias del ataque potencial impliquen la recomendación directa de medidas de reducción de riesgo. Consecuentemente resulta muy importante una correcta evaluación de dicha ineffectividad, cuyos principales componentes son:

- Detección, que comprende el aviso y entendimiento de la acción del atacante.
- Retraso, entendido como todas aquellas características que impiden al adversario avanzar en algún punto de los pasos o trayectoria necesaria para su acción.
- Respuesta, acción que implica la interrupción y neutralización de la acción del adversario por medio de medidas de seguridad físicas.
- Integración de los aspectos anteriores.

Resulta finalmente apropiado remarcar la gran importancia del árbol de fallos del sistema en este contexto, dado que engloba toda la lógica del sistema y muestra implícitamente todas las posibles estrategias del atacante para conseguir su objetivo. En concreto, los árboles de fallo ayudan a determinar las trayectorias que debe tomar el adversario desde fuera de las instalaciones del “sistema” hasta alcanzar su objetivo. De hecho, las trayectorias forman parte de lo que con anterioridad se ha llamado “escenario”, que consiste en la secuencia de eventos a lo largo de una trayectoria particular a través de la cual el adversario planea alcanzar su objetivo.

4. CASO DE APLICACION

Las Tablas 2, 3 y 4 muestran como, para Una Presa en particular, y en relación un Ataque y un Elemento Crítico (en este caso un aliviadero con compuertas) ligado a Una Pérdida de Misión (en este caso control de inundaciones), se evaluaron tres escenarios de seguridad distintos:

- El tráfico rodado y de personas no se permite en coronación
- Apertura de la coronación a todo tipo de tráfico
- Apertura de la coronación a todo tipo de tráfico y mejoras en los sistemas de seguridad.

Tabla 1. Análisis de la efectividad del sistema (System Effectiveness) para la situación a)

Gated Intermediate Spillway

International Terrorist Group Attack	Detection effectiveness	Communication reliability	Delay time (s)	Response time (s)	Response-delay time relation	System Effectiveness
Break into restricted area through gate D2	VH		60 s			
Get to door D7 through the crest by car = 500m	M		30 s			
Break into door D7	L		90 s			
Get to valve chamber on elevator	NA		180 s			
Task	L		720 s			
Total	M	H	1047 s	1500 s	M	M

Tabla 2. Análisis de la efectividad del sistema (System Effectiveness) para la situación b)

Gated Intermediate Spillway

International Terrorist Group Attack	Detection effectiveness	Communication reliability	Delay time (s)	Response time (s)	Response-delay time relation	System Effectiveness
Break into restricted area through gate D2	NA		0 s			
Get to door D7 through the crest by car = 500m	NA		0 s			
Break into door D7	L		90 s			
Get to valve chamber on elevator	NA		180 s			
Task	L		720 s			
Total	L	H	855 s	1500 s	L	L

Tabla 3. Análisis de la efectividad del sistema (System Effectiveness) para la situación c)

Gated Intermediate Spillway

International Terrorist Group Attack	Detection effectiveness	Communication reliability	Delay time (s)	Response time (s)	Response-delay time relation	System Effectiveness
Break into restricted area through gate D2	NA		0 s			
Get to door D7 through the crest by car = 500m	NA		0 s			
Break into door D7	VH		90 s			
Get to valve chamber on elevator	NA		180 s			
Task	L		720 s			
Total	M	VH	977 s	900 s	M	M

5. CONCLUSIONES

Las principales aportaciones, conclusiones, y recomendaciones que derivan del proyecto DAMSE se exponen a continuación:

- El valor del riesgo asociado a seguridad frente a acciones antrópicas obtenido con la metodología DAMSE es una estimación cualitativa que incluye en cualquier caso las tres componentes del riesgo: amenaza, vulnerabilidad y consecuencias.
- De la metodología, derivan implicaciones prácticas, al aportar una base sistemática para la toma de decisiones relacionadas con la seguridad física. En cualquier caso, esta seguridad debe ser re-evaluada periódicamente al igual que se lleva a cabo con los aspectos de seguridad ingenieril.
- Las actuales medidas de seguridad existentes en la presas parecen no estar completamente justificadas ni basadas en una evaluación detallada y completa. En contraposición, la metodología desarrollada genera una documentación estructurada conducente a resultados reproducibles y registros defendibles para distintas actuaciones: nuevas medidas, denuncias por la falta de las mismas, etc.
- Se pueden conseguir incrementos significativos en seguridad frente a acciones antrópicas con costes considerablemente más bajos que las medidas típicas relacionadas con la seguridad ingenieril.
- La integración y coordinación entre propietarios, expertos en seguridad, sociólogos, policía, agencias de inteligencia y autoridades es resulta de vital importancia.

REFERENCIAS

1. Matalucci, R.V. "Risk Assessment Methodology for Dams", In Proceedings of the 6th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM6), Vol. I, pp.169-176; USA 2002.
2. ASME Innovative Technologies Institute, LLC. "RAMCAP: Risk Analysis and Management for Critical Asset Protection – The Framework" Version 2.0; Washington DC, 2006.

AGRADECIMIENTOS

Merece una mención especial la Comisión Europea por el apoyo y la financiación recibidos. Por otra parte, los autores del artículo quieren agradecer su participación al resto de los socios del proyecto y los miembros del panel internacional, por su inconmensurable contribución y esfuerzo.