

GESTIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE UN PROYECTO GLOBAL DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE PRESAS

MANAGEMENT, MONITORING AND CONTROL OF A GLOBAL STRUCTURAL DAM SAFETY PROJECT

Agustín Gil Sopena

Manuel Gómez de Membrillera Ortuño

Oficina Técnica de Estudios y Control de Obras, S.A. OFITECO

René Gómez de Munáin

Confederación Hidrográfica del Ebro

Abstract

Dams are very complex structures which show different behaviors depending on the inherent conditions in each dam. In order to understand these behaviors and all the variables that are acting, surveillance and monitoring systems are used. According to the dam safety framework, the inspection, surveillance and monitoring of dams play a key role. The main goal is to manage the risk and reduce the probability of occurrence by providing a means of early identification of undesirable events that can possibly cause failure. In this way, to obtain an adequate safety level in a dam-reservoir system, an adequate performance of properly coordinated and reasonably planned activities is needed. In order to achieve these goals, a comprehensive work methodology that includes all the aspects related with the structural safety management of dam-reservoir systems has been developed. This methodology has been put into practice with 53 dams belonging to the Ebro River Basin Authority. The main value of this methodology is to incorporate and include in the same context all the processes that are involved in the dam and reservoir safety management within a global management, monitoring and control project.

Keywords: *surveillance and monitoring system; dam-reservoir system; risk; failure; safety level; safety management*

Resumen

Las presas son infraestructuras sumamente complejas, que denotan comportamientos diferentes según las condiciones inherentes a cada una de ellas. Para conocer estos comportamientos y todas las variables que intervienen en ellos, se dispone de sistemas de vigilancia y auscultación. En el marco de la gestión de seguridad de presas y embalses, la inspección, la vigilancia y la auscultación juegan un papel fundamental. El objetivo es gestionar el riesgo y reducir su probabilidad de ocurrencia mediante la provisión de medios para la identificación temprana de eventos indeseados que puedan causar la rotura. Por ello, obtener un grado de seguridad adecuado en un sistema presa-embalse, requiere de la adecuada realización de actividades debidamente coordinadas y razonablemente planificadas. Para ello, se ha desarrollado una detallada metodología de trabajo que engloba todos los aspectos relacionados con la gestión de la seguridad estructural de presas y embalses. Esta metodología ha sido puesta en práctica en 53 presas pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Ebro. El valor fundamental de esta metodología es el de

integrar y englobar en un mismo conjunto todos los procesos involucrados en la gestión de la seguridad de presas y embalses, en un proyecto global de gestión, seguimiento y control.

Palabras clave: *sistema de vigilancia y auscultación; sistema presa-embalse; riesgo; rotura; grado de seguridad; gestión de la seguridad*

1. Introducción

Se presenta en este artículo una detallada metodología de trabajo que engloba todos los aspectos relacionados con la gestión de la seguridad estructural de presas y embalses. El gran valor añadido que presenta este complejo proceso, es el de integrar y englobar en un mismo proyecto, todas las fases involucradas en la gestión de la seguridad de presas y embalses. Existen dos pilares básicos que conforman la base de cualquier proceso de gestión de seguridad de presas y embalses, los sistemas de vigilancia y auscultación. Gracias a estos sistemas, puede minimizarse la probabilidad de ocurrencia de cualquier riesgo que pueda comprometer la seguridad de la estructura.

El problema fundamental que existe actualmente es el de la descoordinación de todas las tareas que deben realizarse para establecer criterios sólidos que definan el grado de seguridad de un sistema presa-embalse, así como la dificultad intrínseca que entraña la adecuada gestión de toda la información que determina el nivel de seguridad indicado.

Para ello, es necesario disponer de un proceso definido que marque los procesos a seguir para la adecuada gestión y tratamiento de la información que proporcionan los sistemas de auscultación y vigilancia. De esta forma, se dispondrá de un completo conocimiento de todos los elementos que forman parte del proceso de vida de un sistema de vigilancia y auscultación y con ello se formará la base de la metodología que en el presente artículo se propone:

- Conocer los principios de funcionamiento de los diferentes dispositivos o sensores que conforman los sistemas de auscultación.
- Identificar los sensores que conviene instalar en cada presa, según sus condiciones de seguridad.
- Llevar a cabo la instalación y puesta en marcha de todo tipo de sensores y sistemas de vigilancia y auscultación, de manera fiable y profesional.
- Integrar dentro del sistema de auscultación los datos procedentes de los sensores instalados, de forma robusta y segura.
- Implementar sistemas automáticos de captura de datos en tiempo real, accesibles desde cualquier punto con una conexión a internet.
- Desarrollar e instalar aplicaciones informáticas, en base web, que permiten la recepción, almacenamiento, filtrado y procesamiento de datos de auscultación procedentes de cualquier tipo de sensor.
- Capacidad de analizar los datos de auscultación y obtener información útil sobre el estado de seguridad de la presa.

2. Desarrollo de la metodología

A continuación se van a desarrollar cada una de las fases que componen la metodología propuesta. El método científico que se propone es el de estructurar cada una de las fases requeridas para la adecuada gestión de la información y su posterior tratamiento e

interpretación. Fundamentalmente se trata de un proceso circular que abarca cada una de las etapas de inspección y análisis primero, y de estudio e interpretación después:

- 1) Análisis e inspecciones previas
- 2) Estudio e interpretación de la información
- 3) Planteamiento de soluciones

2.1. Análisis previo de la información

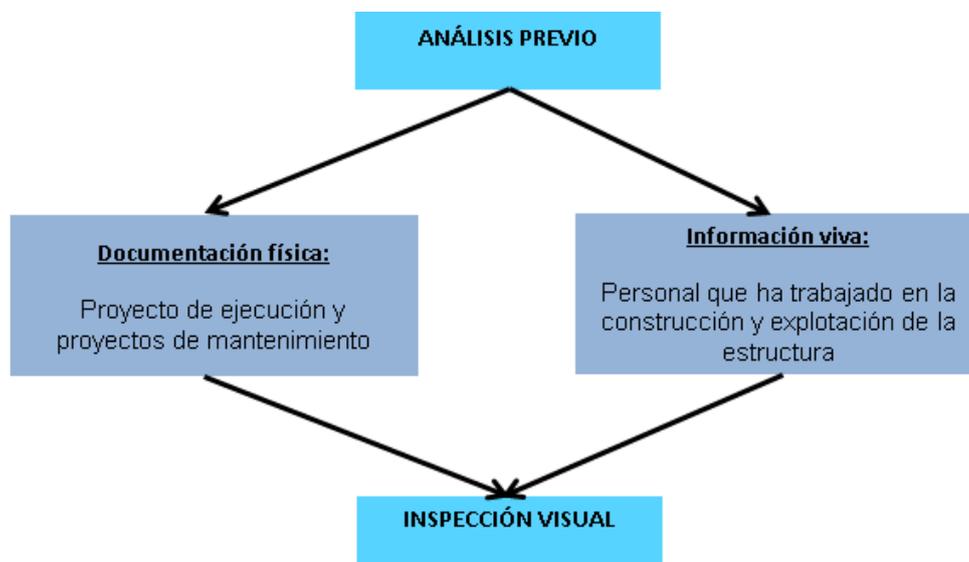
Con la intención de optimizar los recursos y obtener un mayor rendimiento del trabajo a realizar, se lleva a cabo un estudio detallado inicial a partir de toda la información existente de la estructura a controlar.

La información recopilada y que será utilizada en su análisis previo a la inspección visual de la estructura, proviene de dos fuentes diferentes:

- Documentación física de la estructura: Estudios geológicos y geotécnicos, informes de sismicidad de la zona, anteproyectos y estudios previos, proyecto de ejecución, proyectos de ampliación, modificación o reforma, y proyectos de mantenimiento y reparación de los sistemas de vigilancia y auscultación.
- Información del personal interviniente en la estructura: Personal que participó en la construcción de la estructura, así como personal que trabaja en la estructura en fase de explotación, y/o personal dedicado al mantenimiento de los mecanismos de la estructura y de los sistemas de vigilancia y auscultación.

Con esta información, se conocen de antemano las particularidades de la estructura y las singularidades que deben ser inspeccionadas con mayor detenimiento durante la inspección visual.

Figura 1. Esquema básico del análisis previo de la información



2.2. Inspección visual de seguridad

El siguiente paso a efectuar, es el de realizar una o varias campañas de inspección visual a la estructura, el embalse y su entorno. De forma previa a esta inspección, deben

establecerse detenidamente los medios humanos y materiales necesarios para su adecuada ejecución.

Con todo ello, se define la finalidad de la inspección visual de la estructura, que es:

- Conocer el estado y condición general del sistema Estructura-Embalse.
- Detectar deficiencias potenciales en función del tipo de estructura y sus características particulares.
- Localizar elementos, diseños o procedimientos que no cumplen de forma eficiente el cometido para el que fueron pensados.
- Problemas en la cimentación o en los estribos.
- Prever la respuesta de la estructura frente a diferentes escenarios de sollicitación.
- Comprobar la operatividad de los equipos y medios.
- Análisis de elementos o componentes sometidos recientemente a esfuerzos o situaciones de trabajo anormales.

Existirá una exhaustiva planificación para la realización de la inspección, ya que resultará fundamental estructurar la visita según las partes de la estructura a inspeccionar:

- Inspección de la coronación.
- Inspección del paramento de aguas arriba e inspecciones subacuáticas (si fuesen necesarias).
- Inspección del paramento de aguas abajo y de la cerrada.
- Inspección de galerías y cámaras.
- Inspección de equipos hidromecánicos.
- Inspección del cauce aguas abajo.

Durante la inspección de cada una de las partes de la estructura, se anotarán los aspectos, patologías y elementos más relevantes, sobre el plano y en la libreta. También se tomarán fotografías aclaratorias de éstos, así como de su ubicación en la estructura.

Del mismo modo, durante la visita se completará una tabla de inspección visual que contemplará, de forma resumida, el estado de conservación en el momento de la inspección de todos los elementos fundamentales de la estructura.

Por lo tanto, y a modo de método básico de trabajo a utilizar con la intención de documentar cualquier deficiencia o problema de interés que pueda haber sido detectado a lo largo de una inspección visual, se ha establecido la regla C.M.F.U. es decir:

- Croquis
- Medición
- Fotografía
- Ubicación o localización

2.3. Inspección, verificación y mantenimiento de los sistemas de auscultación y vigilancia

Para realizar un análisis preciso del verdadero estado en el que se encuentran las estructuras controladas, se requerirá un funcionamiento adecuado de todos los sistemas que proporcionan los datos de auscultación. De esta forma, se asegura la validez del dato de auscultación y se confirma que la información que se dispone para realizar las evaluaciones y análisis sobre el estado de seguridad de la estructura, es correcta.

Para ello, se verificará el adecuado funcionamiento de todos los componentes que conforman el proceso completo de emisión, transmisión, recepción y transformación del dato de auscultación para su posterior evaluación y análisis. Así pues, los sistemas que posibilitan el correcto desarrollo de este proceso, son los siguientes:

- Sistema de alimentación eléctrica: En primer lugar, para disponer de un funcionamiento continuo y adecuado de los sistemas de auscultación se requiere una alimentación eléctrica dimensionada a las necesidades de los dispositivos existentes. Estos sistemas de alimentación y protección eléctrica existirán para todos los sistemas automáticos de auscultación, ya que los sistemas manuales de auscultación no requieren flujo de energía alguno.
- Sistema de monitorización: Los sistemas de monitorización, junto con las inspecciones visuales, constituyen el pilar fundamental sobre el que se sustentan los estudios de seguridad de presas. Gracias a estos sistemas, se obtienen las variables que reflejan el estado real de las estructuras controladas. Este análisis detallado del estado de los sistemas de auscultación, conlleva la realización de los siguientes trabajos:

1. Verificar el adecuado funcionamiento de los sistemas, comprobando la adecuada respuesta de los diferentes sensores, ante las oscilaciones de los valores que presenten las variables controladas.
2. Contrastar el funcionamiento actual con los valores históricos disponibles de los sensores analizados y determinar el funcionamiento correcto o incorrecto del sensor. También discriminar el error, si fuera el caso, y determinar su proveniencia, ya que el foco del error puede ser el propio sensor o algún dispositivo auxiliar del sistema automático.
3. Calibración y configuración de aquellos sensores que presenten un desajuste en los registros efectuados. Toma de medidas manuales y automáticas, verificación de valores y evaluación de las posibles diferencias existentes. Comprobar el estado de mantenimiento de cada uno de los sistemas, y de todos los elementos que los conforman, así como del equipamiento de lectura manual disponible en la presa. Evaluar la idoneidad de los sistemas de protección que puedan existir y proyectar nuevos si las condiciones de la instalación así lo requiriesen.
4. Proponer posibles mejoras para prolongar la vida útil de los sensores y en general, de todos los elementos estructurales que conforman el sistema de auscultación.
 - Sistema de adquisición automática de datos: El sistema automático de adquisición de datos, es el vehículo a través del cual los datos automáticos que registran los sensores automáticos de auscultación, se transmiten hasta el software encargado de su tratamiento y gestión. Por lo tanto, estas inspecciones, se basan en la revisión del adecuado funcionamiento y dimensionamiento de las instalaciones existentes para este fin. Fundamentalmente, los elementos que conforman el esqueleto de estos sistemas, y los cuales requieren de estas tareas de inspección y mantenimiento, son los siguientes:
 1. Armarios de centralización automáticos: Configuración y mantenimiento de los dispositivos automáticos. Verificación de cableado y conexiones.
 2. Estación de control remoto: Sistema informático de control, verificación de funcionamiento del hardware y software.
 3. Equipos de comunicaciones: Dispositivos de envío y recepción de datos. Configuración de la transmisión de información. Verificación de canales, conexionado y funcionamiento de los dispositivos.

2.4. Informes de seguridad y de estudio del comportamiento

Resulta evidente la importancia que para el titular de una presa tienen la auscultación, la vigilancia y las inspecciones visuales; entendidas como el conjunto de trabajos cuyos resultados ilustran sobre el estado, nivel de seguridad y comportamiento del sistema presa-embalse. La realidad es que, al margen de los requerimientos legales o normativos del momento, la seguridad de una presa no puede confirmarse por medio de la intuición o de datos apriorísticos y, en este sentido, el papel de la auscultación, la vigilancia y las inspecciones visuales resulta ineludible.

La metodología adoptada para la realización del Informe de seguridad estructural se resume, de forma breve, en las siguientes tareas:

1. Recopilación de los datos obtenidos en las distintas campañas de lectura para las variables exteriores y las variables de control.
2. Visita a la presa por parte de, al menos, un ingeniero encargado de realizar el informe, a fin de llevar a cabo una inspección de campo guiada por el titular.

3. Gestión de los datos, incluyendo la introducción de las lecturas en una aplicación informática y la obtención de los valores ingenieriles correspondientes.
4. Revisión y depuración de los datos, comprobando la fiabilidad de los mismos.
5. Realización de los gráficos con la evolución temporal de las variables registradas, tratando siempre de relacionar las variables exteriores con las variables de control.
6. Análisis y estudio de los valores de las variables controladas.
7. Elaboración de planos y gráficos especiales para, mediante su análisis, entender mejor el comportamiento de la presa.
8. Modelización estadística o híbrida de los datos de las variables de control que se ha juzgado más importantes, lo que permite afinar al máximo el conocimiento sobre el comportamiento de la presa y establecer umbrales de control o predicciones para el futuro.
9. Comparación de los valores de auscultación con los umbrales establecidos en la normativa correspondiente.
10. Establecimiento de las conclusiones respecto a la respuesta de la presa, ofreciendo recomendaciones prácticas de cara a su seguimiento, seguridad y operatividad.

Con todo esto, el Informe de seguridad estructural se encontrará conformado por las siguientes partes:

- Una Memoria, que contendrá dos partes diferenciadas. Los primeros apartados o capítulos describirán los aspectos que definan detalladamente el estado de seguridad estructural en el que se encuentre la presa, finalmente, se encuentra la parte en la que se citarán las observaciones, recomendaciones y/o actuaciones a llevar a cabo para mejorar o mantener el actual nivel de seguridad existente en la presa.
1. Inspecciones visuales realizadas a la presa.
 2. Estado del Sistema de auscultación.
 3. Análisis del comportamiento de la estructura y su cimiento, así como de la repercusión de los tratamientos realizados. Aquí se incluyen los cálculos, el modelo estadístico y se establece a partir de éste “valores alarma” para algunas de las variables de control que se juzgan más importantes.
 4. Debido a la importancia que tiene la inspección visual en el análisis del comportamiento de una presa, se incluyen en la memoria, de forma profusa, los resultados de las inspecciones visuales realizadas, incluyendo un resumen de las observaciones más relevantes que deben ser tenidas en cuenta para evaluar el comportamiento de la presa y que también se tienen en cuenta para establecer las conclusiones y recomendaciones del Informe, junto con el análisis de las variables auscultadas.
 5. Conclusiones.
 6. Recomendaciones, entre las que se incluyen las enfocadas a mejorar el nivel de seguridad de la presa, y aquellas que facilitan la elaboración de proyectos complementarios de auscultación o la mejora de las condiciones de trabajo de la presa.
 7. Programa de campañas de lectura e inspecciones visuales a realizar en la presa desde el punto de vista de su seguridad.
 8. También pueden incluirse, si fuera necesario, las indicaciones oportunas para la redacción de proyectos de actuaciones a poner en práctica en las presas para mejorar su comportamiento evolutivo.

- Anejos a la memoria: Completarán la información de la presa aportada en la memoria, así como los análisis y seguimiento que se realizarán a lo largo del período de estudio.
1. Anejo 1. Los planos descriptivos de la presa y su sistema de auscultación, con la localización de los distintos sensores de control, separados por la variable controlada: hidráulica, térmica o deformacional, así como los planos ingenieriles y figuras elaborados para ayudar a la interpretación de los resultados obtenidos.
 2. Anejo 2. Los gráficos de evolución temporal de las variables de control, en correlación con las principales variables exteriores que actúan sobre la estructura.
 3. Anejo 3. Un CD conteniendo los datos de las variables medidas y calculadas en unidades ingenieriles (presentados en orden cronológico).
 4. Anejo 4. De documentación fotográfica como resultado de las visitas de inspección.
 5. Anejo 5. Informe completo sobre el estado del Sistema de auscultación de la presa. Donde además de describir dicho Sistema de auscultación y su estado actual, se recomendarán las actuaciones necesarias para su correcto funcionamiento.
 6. Anejo 6. Incluirá las actas de visita a la presa que se hayan realizado en el año que abarque el informe.
 7. Anejo 7. Los ajustes de modelización estadística obtenidos.

3. Gestión y dirección del proyecto

Tal y como se ha podido observar a lo largo del presente documento, los conocimientos y las disciplinas técnicas que se requieren para el adecuado desarrollo y finalización de estos proyectos son variadas. A continuación se resumen estas disciplinas: Geología, Hidrología, Construcción, Estructuras, Topografía, Mecánica, Electrónica, Informática, Electricidad. Seguidamente, se van a analizar y caracterizar las diferentes tareas, los perfiles apropiados para abarcar los conocimientos necesarios con objeto de realizar satisfactoriamente todas las tareas que conforman el proyecto, y se desarrollará el plan de trabajo y de seguimiento que conducirá a la obtención de los objetivos planteados. La complejidad de estos proyectos tan multidisciplinarios, radica en la coordinación de las diferentes áreas de conocimiento y por ende de quienes las manejan, siendo perfiles completamente diferentes entre sí. Se trata por lo tanto, de crear un proceso de trabajo uniforme y regular, al que cada cual aporte su parte y en el que todos y cada uno de los miembros del equipo de trabajo se sientan implicados.

3.1. Gestión de recursos

Se deben tratar de gestionar los recursos de la forma más eficaz y eficiente, asignando tareas, repartiendo costes y estimando plazos.

En primer lugar, las sub-tareas iniciales enmarcadas dentro de la tarea de análisis previo de la información, requieren de un perfil característico según la información a analizar:

- Ingeniero civil: Información relativa al proyecto constructivo de la estructura, a la geología de la zona, a los desagües y sus equipos hidromecánicos, y en general a la información disponible sobre anteriores estudios de seguridad y comportamiento que hayan sido ya redactados. Asimismo, deberá recopilar todo el conjunto de datos de auscultación de la presa para su posterior estudio de comportamiento.
- Ingeniero industrial: Información relativa al sistema de auscultación y vigilancia y al sistema eléctrico de alimentación. Si el sistema estuviese automatizado, también se tendría la necesidad de disponer de la información de los autómatas industriales que gobiernen el proceso de gestión del sistema automático de adquisición de datos.
- Ingeniero informático: Si el sistema se encuentra informatizado y centralizado, se requerirá consultar la información relativa al sistema informático de gestión de datos, ya sea a través de software específico o bien mediante alguna aplicación web determinada.
- Ingeniero de telecomunicaciones: Si la presa estuviese comunicada con el C.P.C. (centro de proceso de cuenca, que es el centro de control y de recepción de datos hidrológicos y de seguridad, de una cuenca hidrográfica), se requeriría consultar la información relativa al sistema de comunicaciones existente en la presa, así como aquella referente al proceso de comunicaciones utilizado para el control y seguimiento de esta presa.

Seguidamente, tiene lugar la realización de las visitas de inspección. En general, suele ser común que los sistemas informáticos de gestión de datos, así como los sistemas, dispositivos y protocolos de comunicación, sean muy similares entre sí, es por ello, que en muchas ocasiones, las visitas de inspección se efectúen solamente en dos partes:

- Visita 1 - Inspección visual de la presa: Efectuada por el ingeniero civil responsable de analizar la información previa y de trabajar en el estudio de seguridad y comportamiento. En esta visita se inspeccionará visualmente el estado interno y externo de la estructura. Asimismo se visitarán la/s cámara/s de desagües analizando los modelos existentes y el estado en el que se encuentran. Finalmente, se visitará el entorno de la presa y del embalse para inspeccionar la geología de la zona y conocer el estado en el que se encuentra.
- Visita 2 – Inspección del sistema de auscultación y vigilancia: Efectuada por el ingeniero industrial al cargo de la realización del estudio del sistema para la verificación de su eficacia y de su estado de funcionamiento. En esta visita se inspeccionan todos los elementos que componen el sistema, sean éstos manuales o automáticos. Si son automáticos, además se inspeccionarán los centrales automáticas de adquisición de datos, los dispositivos que las conforman, y las configuraciones de lecturas implantadas en el sistema (parámetros de cálculo, frecuencias de lectura, configuración de funcionamiento,...). Finalmente, se inspeccionará el sistema informático de gestión y el sistema de comunicaciones si se diera el caso de que estuviera comunicada con el C.P.C. En ocasiones en que el sistema sea muy extenso, el ingeniero se hará acompañar por un técnico auxiliar de auscultación como ayudante para todas las tareas de inspección descritas.

A continuación, y una vez se dispone de toda la información documental relacionada con toda la trayectoria de la estructura, y de todos los sistemas que la integran, así como toda aquella recogida tras las correspondientes visitas de inspección y que hace referencia al estado actual y global de la estructura, comienza la labor de preparación del documento que conformará el estudio de seguridad y de comportamiento de la presa. De igual forma que en cada una de las fases anteriores, existen sub-tareas que han de ser asignadas a perfiles determinados, los cuales pasan a caracterizarse a continuación:

- Ingeniero civil: Habrá de asignarse un ingeniero civil responsable de todo lo relacionado con el documento de la presa. Será él quien dirija todos los trabajos encaminados a documentar el estudio. Asimismo, será él quien redacte la memoria con la información general de la presa (estructural, geológica, histórica, situacional,...), el análisis de seguridad con las observaciones de los datos de auscultación obtenidos, y las conclusiones y recomendaciones finales con las que se concluye el estudio. Dentro de sus responsabilidades residirá la de dirección y coordinación de un técnico auxiliar encargado de la realización de planos, y de otro técnico auxiliar para la depuración y tratamiento de datos de auscultación, y con ellos la realización de gráficos de comportamiento. Finalmente, deberá también coordinarse con el ingeniero industrial responsable de la inspección del sistema de auscultación y vigilancia de esa presa, que será quien valide la funcionalidad del sistema, y por lo tanto la operatividad de los dispositivos que lo conforman. Como conclusión, el documento global se cerrará con una serie de recomendaciones, donde se evaluará el nivel de seguridad de la estructura, y si fuera el caso, se propondrán una serie de propuestas encaminadas a mejorarlo.
- Ingeniero industrial: Será responsable de la redacción de un detallado informe sobre el estado del sistema de auscultación y vigilancia que posea la presa. Este informe habrá sido posible gracias a los trabajos de inspección realizados durante la visita realizada a la presa por parte del ingeniero industrial y de su técnico de auscultación. Se describirá el sistema de auscultación existente en la presa, se localizará cada uno de los dispositivos que componen los diferentes controles de dicho sistema, y se definirá en el que se encuentran todos ellos, presentando con ello una valoración acerca de la calidad del dato que estos puedan ofrecer. Finalmente, se realizará una valoración de la funcionalidad de cada control, dependiendo del estado en el que se encuentren estos dispositivos, y de la tipología del sensor en cuestión, evaluando la conveniencia del sistema existente, según las necesidades requeridas. Si el sistema se encontrase automatizado, se evaluará asimismo la funcionalidad del sistema automático de adquisición de datos, y se describirán todos los componentes que lo estructuran. Como conclusión, se presentarán una serie de recomendaciones de mantenimiento del sistema, y si fuera preciso, ciertas mejoras para la rehabilitación, reparación o puesta en marcha de algún dispositivo del sistema.
- Ingeniero informático: En el caso de que la presa se encuentre automatizada y gestionada por un software de gestión de datos, deberá verificar el adecuado funcionamiento del mismo, y se encargará de actualizar dicho sistema, incorporando al sistema las señales que faltasen. Su labor consistirá en la coordinación de los técnicos informáticos responsables de la carga de datos en el sistema de control, así como de los delineantes que prepararán los SCADAS para el sistema.
- Ingeniero de telecomunicaciones: En el caso de que la presa estuviese comunicada o bien se desee realizar el enlace entre la presa y el C.P.C., el ingeniero de telecomunicaciones deberá valorar las instalaciones existentes y proponer mejoras y/o soluciones a los problemas que puedan existir para el establecimiento de dicha comunicación.

El ingeniero civil responsable de la presa, será el encargado de realizar el seguimiento y de coordinar todos estos trabajos, y asimismo el encargado de presentar el estudio finalizado y los resultados obtenidos, al titular de la presa en cuestión. Planificación y organización de trabajos

A continuación se representa una tabla donde se puede observar la asignación de tareas a cada uno de los perfiles descritos en el apartado anterior:

Tabla 1. Distribución de tareas según perfiles

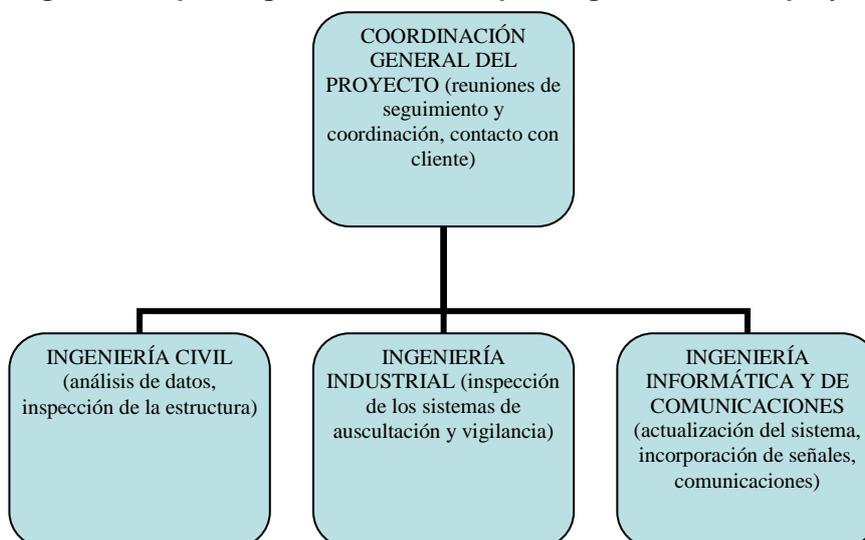
	A	B	C	D	E	F	G	H
Coordinación general del proyecto	■							
Recopilación previa de información	■	■	■	■				
Visita de inspección	■	■			■			
Redacción documento técnico de la presa	■							
Redacción informe del sistema de auscultación		■						
Generación de planos							■	
Tratamiento y depuración de datos. Creación de gráficos								■
Actualización del sistema informático de gestión de datos			■					
Incorporación de señales al sistema informático de gestión de datos			■			■		■
Generación de SCADAS para el sistema informático							■	
Análisis e informe sobre las comunicaciones				■				
Redacción conclusión de seguridad y evaluación global	■							

Nota: A- Ingeniero civil; B- Ingeniero industrial; C- Ingeniero informático; D-Ingeniero telecomunicaciones; E- Técnico de auscultación; F- Técnico informático y de sistemas; G- Técnico delineante; H- Técnico estadístico;

Cabe destacar la importancia de la adecuada coordinación que debe desempeñar el ingeniero civil responsable de los trabajos, ya que tal y como se puede observar, todo el proyecto puede dividirse en tres grandes bloques temáticos de trabajo (Figura 2).

El ingeniero civil por lo tanto, será quien posea una visión más global de todo cuanto se relacione con el estado de la estructura y el seguimiento de su comportamiento a través de la información proporcionada por el sistema de auscultación y vigilancia, y transmitida por el sistema informático de gestión de datos a través de las comunicaciones disponibles.

Figura 1. Esquema general de los bloques organizativos del proyecto



3.2. Seguimiento y control. Gestión documental

Para el adecuado seguimiento y control del proyecto y de todas las tareas que lo conforman, resulta fundamental la realización de reuniones de seguimiento y coordinación quincenales, entre:

- Ingeniero civil coordinador del proyecto.
- Ingenieros civiles responsables de cada una de las presas en estudio.
- Ingeniero industrial responsable de los trabajos de inspección de los sistemas de auscultación y vigilancia.
- Ingeniero informático responsable de la actualización del sistema informático de gestión.
- Ingeniero de telecomunicaciones responsable de las comunicaciones de las presas en estudio.

Además, se plantea la conveniencia de realizar un seguimiento detallado de las tareas que van desarrollándose a lo largo de todo el proyecto. Muchas de las tareas de este proyecto, se ven sujetas a las demandas puntuales del cliente en relación a inspecciones concretas, las cuales surge la necesidad de realizar, debido a acontecimientos extraordinarios tales como seísmos, inundaciones, o problemas técnicos.

Para ello, se utiliza una forma visual de seguimiento consistente en sendos paneles informativos. Uno de ellos, representará la carga de trabajo de cada individuo del grupo, agrupándose ésta por los diferentes bloques organizativos del proyecto. A continuación se muestra un ejemplo de lo que resulta ser este primer panel:

Tabla 2. Panel de seguimiento y control de tareas

	SEGURIDAD ESTRUCTURAL	SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN Y VIGILANCIA	SISTEMAS DE INFORMACIÓN
Ingeniero A	Tarea SE1		
Ingeniero B		Tarea AV1	Tarea SI1
Ingeniero C	Tarea SE2		
Técnico A	Tarea SE3		Tarea SI2
Técnico B		Tarea AV2	
Técnico C	Tarea SE4		Tarea SI3

Si este panel refleja de forma clara y concisa las diferentes tareas que están siendo desarrolladas por cada uno de los integrantes del equipo del proyecto, para cada uno de los bloques organizativos, el siguiente panel resulta fundamental a la hora de poner en conocimiento los lugares donde se están desarrollando dichas actividades.

Generalmente se trabaja para un grupo determinado de estructuras, las cuales se reparten en un área geográfica que puede resultar más o menos extensa. Para tratar de optimizar en la medida de lo posible los recursos, resulta vital que exista un conocimiento detallado por parte de todos los integrantes del equipo, de todas las actividades que se desarrollan en el marco del proyecto. De igual forma, conviene siempre conocer todos los contactos y reuniones que puedan darse durante el desarrollo de estas actividades para poder coordinarse e informar en todo momento de cuanto acontezca en el marco del proyecto, tanto interna como externamente. Seguidamente se muestra un ejemplo de lo que sería el segundo panel informativo comentado en este punto:

Tabla 3. Panel de control de desplazamientos y actividades

SEGURIDAD ESTRUCTURAL	SISTEMAS DE AUSCULTACIÓN Y VIGILANCIA	SISTEMAS DE INFORMACIÓN
Ingeniero A-Reunión de seguimiento con el ingeniero de la administración (Fecha: XX-XX-XXXX; Lugar: XXX)	Ingeniero B-Visita de inspección a la presa de XXXXXX Provincia de XXXXXX (Fecha: XX-XX-XXXX)	Técnico A-Actualización del sistema de la presa de XXXXXX
Ingeniero C-Visita de inspección a la presa de XXXXXX Provincia de XXXXXX (Fecha: XX-XX-XXXX)	Ingeniero B-Visita de inspección a la presa de XXXXXX Provincia de XXXXXX (Fecha: XX-XX-XXXX)	

Toda esta información deberá ir almacenándose adecuadamente en una base de datos regularmente actualizada. De esta forma, se podrá disponer de un conocimiento global de cuanto se desarrolle a lo largo del proyecto y resultará una buena base de consulta para conocer la evolución del desarrollo de las actividades ya realizadas.

4. Conclusiones y limitaciones

Con todo lo expuesto en el presente documento, se presenta una metodología detallada para la realización de una adecuada dirección, gestión y ejecución de los proyectos de estudio y control del comportamiento para la seguridad de presas. Se han definido por lo tanto las diferentes fases o procesos del proyecto, se han asignado perfiles adecuados a la ejecución de cada uno de los trabajos y se han detallado los procesos que conforman la adecuada realización de los trabajos que contemplan las fases del proyecto, asignando tareas y responsabilidades según los perfiles requeridos para los trabajos descritos.

De una forma muy general, se han especificado las tareas a realizar para las diferentes fases. Sin embargo, estas especificaciones no pueden ser más concretas debido a las características propias que envuelven cada una de las presas en estudio, y por lo tanto cada uno de los proyectos de los que son objeto. Las presas resultan ser únicas, como entes vivientes que responden de forma plausible y característica antes las perturbaciones que provoca un entorno tan hostil como puede ser un embalse, tanto respecto a los efectos continuados que tiene tal cantidad de agua embalsada sobre la infraestructura, como sobre las laderas circundantes.

5. Referencias

- "Project Management". John Wiley and Sons - Harold Kerzner, 2005.
- "Tratado Básico de Presas: Tomo I – Generalidades, Presas de hormigón y de materiales sueltos". Prof. Dr. Ing. Eugenio Vallarino – Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Guía Técnica de Seguridad de Presas: "Auscultación de las presas y sus cimientos" – Colegio de Ingenieros de Canales, Caminos y Puertos – Comité Nacional Español de Grandes Presas – ICOLD.
- "General Approach to Dam Surveillance". International Commission on Large Dams – CIGB, ICOLD, 2008.
- "Surveillance de l'état des barrages et check lists pour les contrôles visuels". Comité National Suisse des Grands Barrages, 1997.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Agustín Gil Sopena

Project Manager

Oficina Técnica de Estudios y Control de Obras S.A. (Grupo ACS)

Avda. Aragón, 13 - bloque 2, esc. A, pta. 1

46010 Valencia, (ESPAÑA)

☎+34 630 14 77 41 ☎+34 96 393 60 14

Fax: +34 96 389 04 68 Email: agils@ofiteco.com

www.damsafety.com – www.ofiteco.com