

# **EL CONTROL DE CALIDAD COMO ELEMENTO DE SEGURIDAD EN PROYECTOS COMPLEJOS DE INGENIERÍA. LA PRESA DE RULES.**

Jesús Oliver Pina. Javier Alegre Bayo. Germán Martínez Montes. Javier Ordóñez  
García. Antonio Nevot Pérez

Proyectos de Ingeniería, ETS de ICCP de Granada.

## **RESUMEN**

La dirección y el seguimiento de un proyecto tiene especial trascendencia cuando en la obra proyectada concurren condiciones singulares, debidas a su complejidad técnica o a las limitaciones y requisitos impuestos por motivos de seguridad estructural y/o por su entorno natural. El proyecto de una gran presa puede incluirse dentro de esta problemática, ya que en este tipo de proyectos es normal que concurren todas las condiciones y limitaciones mencionadas; en estos casos, el concepto de calidad, aplicada al proyecto en todas sus etapas, reviste una particular importancia. La Presa de Rules, situada en el río Guadalfeo en la provincia de Granada, representa en este campo un ejemplo característico, tanto por su envergadura y particular entorno como por las condiciones geomorfológicas y geomecánicas de la cerrada. El cumplimiento de lo establecido en el actual Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (1.996) exige aquí, desde las primeras fases del proyecto, una planificación minuciosa y un riguroso control de los materiales, con medios y herramientas que faciliten su seguimiento posterior durante la construcción y explotación. Con los medios clásicos de control estadístico, en la Presa de Rules se recurre a un programa informático que facilita la trazabilidad de los materiales utilizados, haciendo posible la localización y definición de los parámetros más representativos en cada punto de la presa.

## **ABSTRACT**

The direction and control of a project has special transcendence when in the projected work singular conditions converge, due to its technical complexity, or to the limitations and requirements imposed by reasons of structural security and/or because of its natural environment. The project of a large dam can be included in this problem, since in this type of projects it is normal that all the conditions and

mentioned limitations converge; in this cases, the concept of quality, applied to the project in all their stages, has a particular importance. The Dam of Rules, located in the river Guadalfeo in the province of Granada, represents in this field a characteristic example, as much for its span and characteristic of its environment as for the geomorfologic and geomecanic conditions of its location. The fulfilment of the established in the present Technical Regulation about Security of Dams and Reservoirs (1.996) demands here, from the first phases of the project, a meticulous planning and a rigorous control of the materials, with resources and tools that facilitate their later pursuit during the construction and exploitation. In the dam of Rules, with the classic means of statistical control, a computer program is used that facilitates the pursuit of the used materials, making possible the location and definition of the most representative parameters in every place of the dam.

## **1.- INTRODUCCIÓN**

Los continuos avances tecnológicos que se han producido en las últimas décadas, su influencia en la ingeniería civil y la necesidad de proyectar las obras de acuerdo con las actuales exigencias de calidad, seguridad y respeto medioambiental son razones por las que el Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente aprobara en 1.996 el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (RTSEPE). Con ello, y cumpliendo lo establecido en materia de normas y reglamentaciones técnicas, en la Directiva 83/189/CEE de 28 de marzo y en el Real Decreto 1168/1996 de 7 de julio, se actualizaron los criterios y conceptos planteados en la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas que desde 1.966 sirvieron para construir la mayoría de las grandes presas españolas. Por otra parte, en este mismo periodo, organismos como la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) se han encargado de divulgar estos avances a través de sus boletines técnicos, congresos y publicaciones.

## **2.- LA CALIDAD Y LAS GRANDES PRESAS EN LA ACTUALIDAD**

### **2.1.- Aspectos generales**

Una de las obras de ingeniería civil más espectaculares y de mayor repercusión en su entorno humano y natural es sin duda la construcción de una gran presa. En estas obras, bajo el concepto actual de *calidad*, se integran con especial rigor tres aspectos básicos y complementarios: *eficiencia técnica*, *seguridad* y *gestión*

*medioambiental*. La evidente relación entre estos tres aspectos, lógicamente extendidos a todas las fases del proyecto<sup>1</sup>, y la gravedad que las consecuencias de una deficiente calidad pueden tener en el entorno social y medioambiental, inducen a reflexionar sobre las exigencias de dichos aspectos y sobre la necesidad de disposición de todos los medios precisos para su cumplimiento.

## **2.2.- El concepto actual de calidad**

Es sabido que la calidad no queda limitada a un conjunto de operaciones de control, sino que afecta a todas las funciones de gestión empresarial. La implantación de un *Sistema de Aseguramiento de la Calidad (SAC)* o de un *Sistema de Gestión Medioambiental (SGMA)*<sup>2</sup>, aunque en teoría sea voluntaria, en bastantes sectores industriales se ha hecho prácticamente obligatoria. Esta exigencia, común en la contratación de obras importantes, implica la implantación de un *Plan de Aseguramiento de Calidad (PAC)*, que integrado en el sistema de gestión empresarial será necesario para la redacción del proyecto y para su ejecución. En el PAC figurará la descripción de los procedimientos constructivos y de control.

## **2.3.- Aspectos de Seguridad**

La *seguridad y la prevención de riesgos* ante posibles daños a terceros, es el objeto y materia primordial tratada a través de los cuatro capítulos del RTSGP, como así lo demuestra su contenido en el que se incluye: *Plan de emergencia* ante el riesgo de avería grave o rotura (cap II); *criterios de valoración del riesgo* (cap. III); y condiciones técnicas a cumplir en cada una de las fases (cap. IV). En cuanto a la prevención de riesgos laborales, la política de Seguridad y Salud en la Unión Europea se ha estructurado a través la Directiva Marco 391/89/CEE, emanada del Acta Única Europea. Esta Directiva junto con disposiciones de otras Directivas, son las que se transponen al derecho español mediante la Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales. En este marco legal, los aspectos de seguridad y salud relacionados con la obra y su explotación, quedarán reflejados en los documentos del proyecto, del cual el *Estudio de Seguridad y Salud (ESS)* según el R.D. 1627/97 (24 de octubre) servirá de referencia para el obligado cumplimiento

---

<sup>1</sup> RTSEPE (art. 24): *proyecto, construcción, puesta en carga, explotación y puesta en fuera de servicio*.

<sup>2</sup> Las Normas ISO 9000:2000 (AENOR /2.000) e ISO 14001 (AENOR /1.996), son los modelos de gestión más extendidos y de más frecuente implantación en la construcción.

de la legislación y normativa vigente en las etapas posteriores. En lo que se refiere a la adopción de un *Sistema de Gestión para la Prevención de Riesgos Laborales (SPRL)*, insertado también de forma voluntaria en el sistema de gestión empresarial, su implantación en la práctica es bastante menor que la de un SAC o un SGMA. No obstante, resulta muy significativa la relación existente entre el contenido del modelo UNE de aquella normativa (SPRL)<sup>3</sup> y el de las Normas ISO 9000 e ISO 14001.

#### **2.4.- Gestión medioambiental**

Las Directivas Comunitarias CE 377/85 (27 junio) y CE 11/97 (3 marzo) de protección ambiental (ap. 1.9.2) y, en su transposición, la legislación de ámbito nacional y regional, establecen los criterios que deben adoptarse en esta materia. En el R.D. Legislativo 1302/86, en su correspondiente Reglamento (R.D. 1131/88) y en la Ley 6/01, se enumeran los proyectos que han de ser sometidos obligatoriamente a Evaluación de Impacto Ambiental, con los criterios y conceptos técnicos a aplicar y el procedimiento administrativo a seguir. En el proyecto, el fin del Estudio de Impacto Ambiental es identificar y evaluar los efectos ambientales y las repercusiones del proyecto sobre la salud y bienestar humanos de su entorno. En función de los resultados de esa evaluación y de la importancia de los impactos, se incluirán las oportunas medidas correctoras y el correspondiente *Plan de Vigilancia Ambiental*. En cuanto a la implantación de un *Sistema de Gestión Medioambiental* por parte de la empresa consultora, la norma ISO 14001 ya citada, es el modelo más comúnmente adoptado en el sector<sup>4</sup>.

#### **2.5.- El control de calidad en las grandes presas de hormigón**

En el RTSEPE (art. 20) se enumeran las condiciones que deben reunir los materiales, si bien de una forma general, especificando: (a) que sus *propiedades intrínsecas, su puesta en obra y la evolución de sus características sean susceptibles de control* (ap. 20.1); (b) que el proyecto defina estas características y concrete *los procedimientos para su comprobación y control* (ap. 20.2); (c) que *durante la explotación de la presa se compruebe la evolución de las características*

---

<sup>3</sup> La norma UNE 81900:1996 EX, fue elaborada con carácter experimental por AENOR, para introducir en las empresas los principios de gestión en el campo de la prevención de riesgos laborales. La propia norma expresa la relación entre el contenido de sus apartados y los correspondientes a las normas ISO 9001e ISO 14001.

<sup>4</sup> El Reglamento EMAS ( Eco Management and Audit Scheme), otro modelo que entró en vigor en julio de 1.993, sirvió en esos años como referencia de la gestión medioambiental en Europa. En España la UNE 77-801

de los materiales en cuanto pudieran afectar a su seguridad (ap. 20.3). En la Guía Técnica sobre Construcción de Presas y Control de Calidad (G.T. nº 6), se comentan estas especificaciones definiendo más concretamente sus aspectos técnicos, en cuanto a sus componentes, dosificación y mezclado, toma de muestras, ensayos y análisis de resultados. En cuanto a aspectos generales, medios de control de calidad y ensayos necesarios para observar las diferentes etapas del hormigón, la Guía Técnica clasifica éstos aludiendo a las indicaciones de las Normas UNE para el control y realización de los correspondientes ensayos. En estas publicaciones, con el mismo enfoque del RTSEPE, se desarrollan prioritariamente las materias más directamente relacionadas con la *seguridad*, analizando además con especial atención aspectos relativos a *gestión medioambiental* (G.T. nº 9), *prospección de materiales* (G.T. nº 3) y *control de calidad* (G.T. nº 6).

### **3- LA PRESA DE RULES**

#### **3.1.- Características generales**

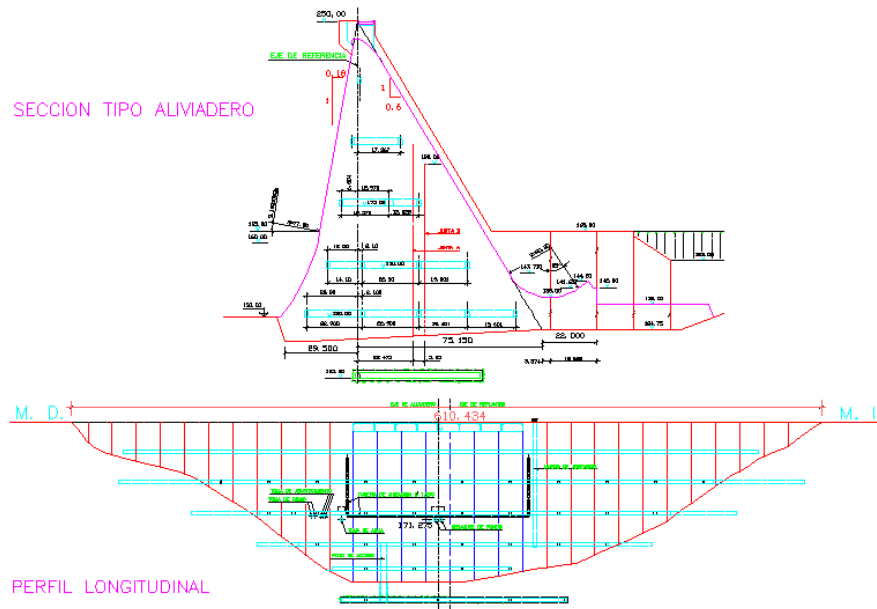
La Presa de Rules, actualmente en su etapa final de construcción, se proyectó para cubrir las necesidades de abastecimiento y riego de la comarca del Bajo Guadalfeo y, al mismo tiempo, defender el entorno de la zona ante avenidas catastróficas. Son funciones complementarias el aprovechamiento hidroeléctrico a pie de presa y su uso recreativo. Con un presupuesto de Ejecución por Contrata de 135.816.680,972 € (22.564.040.110 Ptas.) su ejecución fue adjudicada por Concurso de Proyecto y Obra, por la Dirección General de Obras Hidráulicas.

La presa y el embalse quedan situados en el término municipal de Vélez de Benaudalla, en un enclave densamente poblado y enmarcado por las sierras de la Alpujarra y Contraviesa, el valle de Lecrín y la costa de Granada. Los 1.070 Km<sup>2</sup> de la cuenca del Guadalfeo dan una aportación media anual de 210 Hm<sup>3</sup> con caudales punta de avenidas de 1.390 m<sup>3</sup>/s; 2.680 m<sup>3</sup>/s y 3.020 m<sup>3</sup>/s, para periodos de retorno de 50; 500 y 1.000 años, respectivamente. El volumen de embalse es de 117 Hm<sup>3</sup>. La presa es de hormigón vibrado convencional, con planta arqueada de 500 metros de radio y perfil de gravedad. Dispone de un aliviadero central de labio fijo que vierte sobre el cuerpo de presa a un cuenco amortiguador con trampolín sumergido liso de 20 metros de radio. Su altura es de 130 metros sobre cimientos (95 metros sobre el

---

publicada por AENOR en 1.994, con un contenido similar, fue posteriormente anulada y sustituida por la norma ISO 14001.

cauce natural del río) y una longitud de coronación de 531 metros. El cuerpo de presa está recorrido por cinco niveles de galerías horizontales, proyectadas para inspección, vigilancia y control de los dispositivos de auscultación en las fases de construcción, puesta en carga y futura explotación, así como para facilitar la inyección de juntas.



La construcción ha requerido 2.500.000 m<sup>3</sup> de excavación y 2.100.000 m<sup>3</sup> de hormigón . Éste ha sido fabricado con un cemento que incorpora un 50% de cenizas volantes silicoaluminosas y áridos extraídos del aluvial del río, tratados en las instalaciones de la propia obra. Para el transporte hasta el punto de vertido, se han usado dos blondines de 1.100 m. de luz y 20 t. de carga máxima cada uno.

### 3.2.- Control de calidad

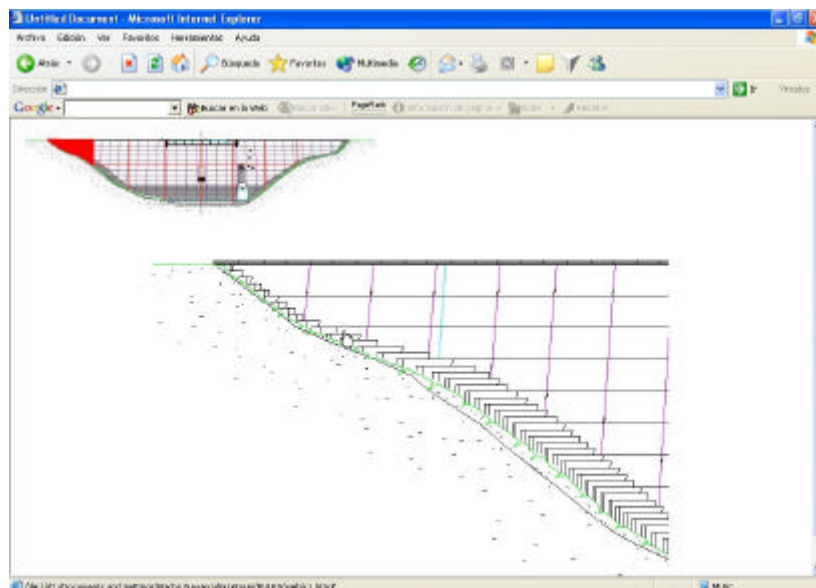
De los ensayos y controles que se han llevado a cabo con los hormigones empleados y con sus componentes, registrados a partir de 1.995, se han obtenido un conjunto de datos que incluyen:

- relación de muestreos, con fechas y nº de muestras ensayadas.
- cemento, cenizas y tipos de áridos producidos.
- características de los áridos
- características del cemento
- características del hormigón fresco
- características de hormigón endurecido
- evolución y gráficos resistencia-edad del cemento
- evolución y gráficos resistencia-edad del hormigón
- cuadros resumen según dosificación de aglomerante
- gráficos resistencia característica móvil cemento hormigón
- curvas de frecuencia: consistencia,

resistencia, agua de amasado, etc. • granulometrías medias mensuales con gráficos de arenas y áridos. • efectos de los aditivos

### 3.3.- Medios de identificación y trazabilidad

La utilización de medios que faciliten de forma rápida y eficaz la información básica, relativa a las propiedades y condiciones mecánicas de los materiales empleados, en cada punto de la presa, constituye una herramienta útil de control, especialmente en su puesta en carga y en su explotación. Con este fin, se ha desarrollado un interface que permita su uso de una forma ágil y sencilla para cualquier usuario. Para ello, partiendo de la base de datos registrados a partir de 1.995, sobre un compilador Clipper, se ha diseñado un programa de gestión que, con capacidad para manejar la información acumulada, facilite una salida grafica relacionada con los datos. Adoptando para la administración de dicha base el programa Access de Microsoft, en su versión XP, y utilizando en Autocad planos de la presa, se han definido y tratado éstos con programas de retoque fotográfico, tipo Corel Draw.



De esta forma, se ha creado un sistema que permite seleccionar cualquier punto o área de la presa, tanto introduciendo valores de coordenadas como pinchando en un plano cualquiera, visto éste desde cualquier perspectiva: planta, alzado aguas arriba, alzado aguas abajo o perfil. Procesadas las características de los materiales y a través de la base de datos creada en Access, una vez seleccionada la zona, obtendrá la información correspondiente a cualquier punto del área en cuestión.

Asimismo se han desarrollado animaciones 3D con las que se podrá observar la evolución de la obra, desde su inicio hasta su terminación.

#### **4.- REFERENCIAS**

AENOR - *Normas UNE*. Madrid 1.989

CNEGP - *Estudios Geológico-Geotécnicos y Prospección de Materiales. GTSP nº 6* - Madrid, 1.999

CNEGP - *Construcción de presas y control de calidad. GTSP nº 6* - Madrid, 1.999

ICOLD .- *Cements for concrete for large dams*. Boletín 36 a, 1.980-82

ICOLD .- *Quality control of concrete* - Boletín 47, 1.983

MOPTMA - *Reglamento Técnico de Seguridad de Presas y Embalses* -Madrid, 1.996

NEVOT, A. - *Nota técnica sobre Presa de Rules - VI Jornadas españolas de Presas* - Málaga, junio 1999

SALETE, E.- *Informática y Presas – Revista O.P. nº 44* - Colegio de Ingenieros de Caminos. Barcelona, 1.999

#### **CORRESPONDENCIA**

Jesús Oliver Pina

Proyectos de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Granada

ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Campus Universitario Fuentenueva. C/ Severo Ochoa s/n

18071 GRANADA

Tlfn: (+34) 958.24.99 81. Fax: (+34) 958.24.61.38

e-mail: [joliver@ugr.es](mailto:joliver@ugr.es)