

COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS

LA GESTIÓN INFORMATIZADA COMO HERRAMIENTA FUNDAMENTAL PARA LA ÓPTIMA GESTIÓN, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN CONJUNTO DE PRESAS.

D. Eduardo Rodríguez Mateos¹.

D. Neftalí Almarza Fernández².

D. Jorge Mora de Sambricio³

D. Agustín Jauregui⁴

RESUMEN: El mantenimiento y explotación adecuados de las infraestructuras públicas resulta esencial y decisivo para que el servicio al que están destinadas se preste correctamente, por un lado, y para que el patrimonio generado con las fuertes inversiones asociadas no quede indebidamente minorado por otro. Este mantenimiento y explotación se ha venido desarrollando por las administraciones públicas con medios propios principalmente, y con la ayuda de medios externos contratados ad hoc en los últimos tiempos. Las necesidades actuales de conservación de las presas conducen cada vez más a la implantación de fórmulas de contrato público-privado que garanticen un buen mantenimiento de estas infraestructuras y , por tanto, una explotación óptima de la misma, reservándose siempre la Administración pública su dirección y gestión final .

1 Director Obras Hidráulicas ELSAMEX

2 Director Explotación Zona Ponferrada (CH Miño-Sil)

3 Cedex

4 Torrecámara

Los criterios modernos de conservación y mantenimiento deben basarse en técnicas de predicción que permitan adelantarse a la presentación de anomalías y eventos que pudieran tener repercusiones sobre el normal funcionamiento o afectar a la calidad y nivel de exigencias del servicio que aquellas prestan. Los contratos habilitados para estas tareas han puesto en marcha la implantación de los medios necesarios para lograr estos objetivos. En esta comunicación, se abordan las actuaciones que se están llevando a cabo en las presas Bárcena, Fuente del Azufre, Vilasouto y Alfilorios (cuenca Norte de España) a través de la aplicación de herramientas específicas de mantenimiento de infraestructuras con: concentración de datos e información de las presas, gestión automática del mantenimiento y producción de ordenes de actuación rápidas y concretas. Además, se integrado toda la auscultación dentro del sistema con una aplicación SIGAP que permite analizar la evolución de los parámetros fundamentales de la presa, ordenación de datos y su tratamiento, generar gráficos de evolución y realizar los informes de seguimiento anuales prescritos por ley. Todo ello, se desarrolla con detalle en el contenido de esta comunicación, mostrándose la flexibilidad y garantía que permite para la correcta explotación de las presas.

1. PLANTEAMIENTO DEL CONJUNTO DE TAREAS A REALIZAR EN EL MANTENIMIENTO DE LAS PRESAS

En la prestación del servicio de mantenimiento hay dos facetas a considerar claramente definidas e íntimamente relacionadas:

- La operativa establecida para la realización de los trabajos.
- La Documentación de las instalaciones y de los trabajos realizados.

La “operativa” establece los criterios a seguir para llevar a cabo los distintos trabajos asociados a la prestación del servicio de mantenimiento, mientras que la documentación de los trabajos conforma todos aquellos documentos, acciones o gestiones mediante las cuales se reportan, tratan y archivan tanto los trabajos realizados como los resultados obtenidos y que permiten disponer de la información de lo que se ha hecho, lo que se esta haciendo y lo que está previsto hacer, así como las características de las instalaciones, y la evolución de su estado y de la prestación del servicio en el futuro inmediato.

1.1. DOCUMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES Y DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

Durante la prestación del servicio de mantenimiento se recopilan, actualizan y generan una serie de documentos (tanto en soporte informático y como papel) en los cuales se van reflejando información de las instalaciones y de la prestación del servicio.

A grandes rasgos, se pueden distinguir los siguientes tipos de documentos:

- Documentos técnicos de las instalaciones.
- Documentos propios de la prestación del servicio.
- Documentos históricos de cada una de las variables de explotación y auscultación.

En ocasiones algunos documentos de estos tipos van muy íntimamente ligados y se complementan unos a otros.

1.1.1. Documentos técnicos de las instalaciones

Este tipo de documentos contienen información técnica de las instalaciones con las características de estas y de sus elementos, equipos y actividades relacionadas con su funcionamiento, operaciones rutinarias, mantenimientos, reparaciones, etc.

Entre otros, cabe citar los siguientes:

- Memoria descriptiva.
- Planos de las instalaciones.
- Esquemas iniciales y modificados.
- Esquemas eléctricos de cuadros de mando y control.
- Fichas de las características de todos los equipos.
- Manuales de funcionamiento.
- Garantías de los equipos.

1.1.2. Documentos propios de la prestación del servicio.

Este tipo de documentos contienen información relativa a la prestación del servicio de mantenimiento y conservación de las instalaciones y al estado en el que se encuentran estas como consecuencia de dicha prestación.

Entre otros, se pueden incluir aquí los siguientes:

- Planes de mantenimiento donde se indique la metodología a seguir, con un plan maestro de revisiones y controles sobre instalaciones, maquinaria, equipos, estructuras, líneas, etc.
- Documentos de control de los subcontratistas y personal de las subcontratas.
- Documentación de control de las labores de mantenimiento realizadas.
- Libros de mantenimiento. En los cuales se recogen los siguientes datos:
 - o Estadillo de puesta en marcha de las instalaciones.
 - o Datos generales de la instalación.
 - o Instrucciones de servicio y de mantenimiento proporcionadas por fabricantes o instaladores.
 - o Fichas de mantenimiento de cada elemento.

- o Programación e instrucciones en vigor sobre la conducción de las diferentes instalaciones e instrucciones de actuación en caso de emergencia
- Libros oficiales de mantenimiento que en su caso sean exigibles
- Garantías de reparaciones o intervenciones en los equipos y unidades de obra civil.
- Planes de seguridad y salud laboral de mantenimiento.
- Planes de evacuación.
- Informes de distinto tipo y periodicidad con las fechas y resultados de actuaciones realizadas.
- Resúmenes periódicos, etc.

Todo lo anterior permite que en cualquier momento se disponga el detalle de las instalaciones y de la prestación del servicio.

1.1.3. Documentos históricos

Son los documentos que resumen toda la información histórica de cada variable instrumentada en la presa. Entre ellos, hay que destacar:

- Niveles en el embalse
- Pluviometría
- Temperatura
- Filtraciones
- Movimientos en péndulos
- Piezometría
- Separación juntas entre bloques

Hay que destacar, que tanto las instalaciones, como las actividades que las rodean, son algo vivo y cambiante, y que el conocimiento de ambas va cambiando con el paso del tiempo, lo cual hace que, a menudo, tanto las actividades como los documentos y los procedimientos, deban ser revisados y actualizados para actuar de la manera mas adecuada.

1.2. OPERATIVA DEL MANTENIMIENTO

Para llevar a cabo un servicio con estas características, en la CHN se ha desarrollado un sistema de gestión basado en la informatización de los dos ejes fundamentales en los que se apoya la explotación de una presa: (1) seguimiento de las variables que expresan su estado funcional, y (2) historial de conservación de todos sus elementos. Este sistema se ha estructurado

alrededor de dos aplicaciones: SIGAP, para seguimiento de la auscultación; WINCOMANDER, para la gestión del mantenimiento de instalaciones

WINCOMANDER

- o Herramienta fundamental para mantenimiento
- o Concentración de datos e información
- o Gestión automática del mantenimiento
- o Programa muy funcional y completo
- o Base de datos en activo
- o Programa abierto y adaptable

SIGAP

- o Herramienta básica para control de presas
- o Concentración y ordenación de datos
- o Tratamiento de datos
- o Preparación de gráficos de variables diversas
- o Generación de alertas
- o Redacción de informes
- o Base de datos
- o Formato amigable

2. INFORMATICA APLICADA

A continuación se describen estas aplicaciones:

2.1. EL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN DE PRESAS DE FÁBRICA. CASO DE BÁRCENA

2.1.1. Introducción

Las presas deben ser consideradas estructuras singulares que por sus características propias de explotación y mantenimiento deben garantizar en todas las etapas de su existencia un elevado nivel de seguridad y por ello deben disponer de los correspondientes mecanismos de control. Los sistemas de auscultación permiten conocer el conjunto de acciones que actúan sobre la estructura, ya sean éstas de carácter hidráulico o medioambiental y la respuesta de la presa frente a esas acciones, manifestada en movimientos,

filtraciones, presiones, tensiones, etc. En el proceso de gestión de las presas es necesario analizar cómo manejar y realizar cálculos con la gran cantidad de datos que se obtienen para trasladar toda la información recogida por los sistemas de auscultación a unas variables coherentes que definan el estado de seguridad de la presa.

Estos sistemas no deben considerarse como un elemento aislado, ya que un factor predominante de todo este trabajo será el juicio crítico en función de la experiencia y conocimientos reales de los diferentes episodios acaecidos, de tal forma que el sistema se integre como una herramienta más para el personal técnico cualificado y estamentos que velan por el buen funcionamiento de las diferentes presas.

Dentro de las colaboraciones del CEDEX, se ha desarrollado para la CHN un proyecto para el análisis de la instrumentación existente en un conjunto de presas de hormigón que, una vez automatizada en su totalidad posibilita, mediante la aplicación de una herramienta de seguimiento: SIGAP (SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN PARA LA AUSCULTACIÓN DE PRESAS), mejorar el conocimiento del comportamiento en tiempo real y el estado de seguridad de estas estructuras.

2.1.2. Sistema Integral de Gestión para la Auscultación de Presas.

Objetivos.

El desarrollo de dicha aplicación ha tenido como objeto disponer de los medios necesarios para la adquisición, transmisión, gestión, análisis e interpretación de las lecturas de los diferentes equipos de auscultación existentes en las presas. Marcando una línea de actuación en el desarrollo de las correspondientes herramientas de I+D+I que por medio de modelos de simulación, permitan conocer la bondad de las medidas obtenidas a partir de los sensores y la historia para predecir con un cierto margen de confianza cuál deberá de ser el comportamiento de la estructura; de tal forma que un análisis sistemático de la evolución de los diferentes parámetros garantice su seguridad y, en el caso de producirse alguna anomalía, se pueda detectar ésta con la mayor anticipación posible.

El sistema de control se establece en tres niveles:

NIVEL 1. El nivel propio de la presa, correspondiente al personal que día a día realiza operaciones en ellas y que será el encargado de la ejecución de los controles y la toma de datos de los sistemas manuales.

NIVEL 2. El nivel del servicio de explotación que será el encargado de valorar los datos suministrados por el sistema en relación con la seguridad de la presa, detectar las diversas anomalías de los sistemas y de la elaboración de los correspondientes informes de comportamiento.

NIVEL 3. El nivel de técnicos cualificados que permitan el desarrollo de tecnologías y procesos para integrar todos los datos suministrados por el sistema en el esquema de explotación, así como el desarrollo de modelos que representen con fiabilidad los comportamientos y patologías presentadas.

A partir de estos condicionantes, el sistema de auscultación se ha estructurado en base a los estudios referentes a: proyecto de la presa,

inspecciones técnicas, dispositivos de auscultación, análisis e interpretación de los registros disponibles, trabajos de campo y laboratorio, realización de modelos numéricos de comportamiento y ajuste de los trabajos a la normativa y tecnología actual.

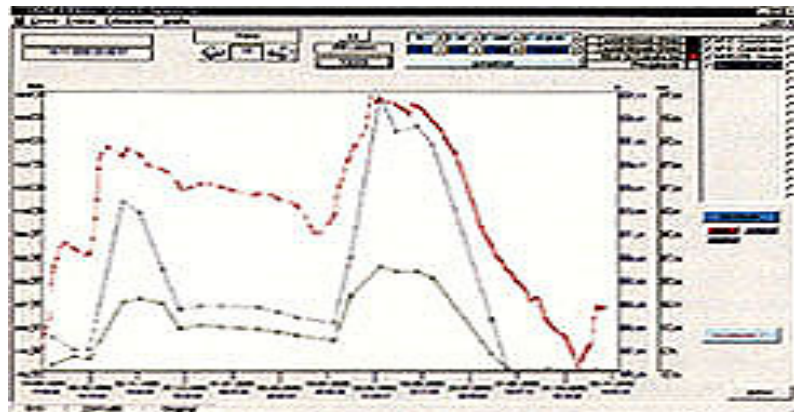
2.1.3. Estructura de la Aplicación

Para el desarrollo de la aplicación SIGAP, como sistema que permita controlar y analizar los datos proporcionados por un sistema de auscultación instalado en la presa, se han tenido en cuenta los siguientes elementos:

- Entorno gráfico
- Adquisición reinformación y almacenamiento en base de datos
- Depuración y validación de los datos
- Análisis, interpretación y definición de parámetros de control
- Ajuste de modelos y alertas en caso de comportamiento anómalo
- Elaboración de informes periódicos y exportación de datos

El sistema de auscultación de presas genera una gran cantidad de información proveniente de los equipos automatizados (si estos existen) y de la toma manual de datos. Esta información es depurada por un sistema de filtrado previo que discrimina en diferentes niveles todos y cada uno de los datos antes de su procesado por la aplicación, aunque sin perder estos datos que permitirán con posterioridad realizar análisis más detallados de incidencias y patologías acaecidas en la presa.

A partir de los datos obtenidos y una vez depurados y validados, se procesan para garantizar que el comportamiento de la presa se encuentra dentro de los márgenes de seguridad establecidos, así como para incorporar nueva información al propio sistema.



Aplicación S.I.G.A.P. CEDEX

El control y gestión del sistema de auscultación de presas permite:

1. Realización de gráficos temporales para visualizar las variaciones sufridas por la medida que se está analizando. En el gráfico se analizan valores máximos y mínimos, medias temporales, gradientes, etc.
2. Realización de gráficos temporales que presentan de manera conjunta la evolución de medidas de diferentes sensores, así como las acciones sobre la presa, de tal forma que se puede analizar la influencia de cada una de ellas sobre las restantes.
3. Realización de gráficas relacionadas a partir de las conclusiones obtenidas en las visualizaciones anteriores. Estas operaciones permiten la definición de los denominados umbrales dinámicos de comportamiento, garantizando que el sistema sea lo más natural posible al disponer de un conjunto de valores y leyes que se van ajustando según la situación real de la presa.
4. Listado de alarmas en función de la dispersión de los valores leídos respecto a los umbrales establecidos en la aplicación.
Así, se pueden detectar a tiempo las posibles incidencias o patologías de la presa, permitiendo la planificación de los trabajos necesarios para garantizar en todo momento un grado de seguridad óptimo de la estructura.
5. Con las operaciones citadas, se estaría en disposición de generar una red de alertas para averiguar si la presa se encuentra dentro de los umbrales admisibles. De este modo se detectan rápidamente las posibles incidencias y se puede actuar con la celeridad necesaria para evitar inseguridades en la presa.
6. Elaboración de informes, que resumen la situación de cada uno de los sensores de la presa. En concreto, y por defecto, la aplicación genera siempre un informe tipo de acuerdo con el formato propuesto por el SERVICIO DE VIGILANCIA DE PRESAS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS.
7. Exportación de la base de datos a formato Excel para su uso en cualquier otro tipo de aplicación o informe relacionado con la situación de la presa.

2.1.4. Caso de la Presa de BÁRCENA

La presa de Bárcena está situada en el río Sil, en el término de Ponferrada. Es de tipología de gravedad en hormigón y de planta recta en la cerrada principal y con dique de materiales sueltos de material homogéneo con filtro inclinado y escollera de protección en la margen derecha.

EMBALSE DE BÁRCENA (341 hm³)

Río	SIL
Término municipal	PONFERRADA
Provincia	LEÓN

DATOS EMBALSE

Superficie de la cuenca	832 km ²
Capacidad total	341 hm ³
Caudal punta av. proyecto	1.452 m ³ /s
Aportación media anual	707 hm ³ (P _{MED} = 1.580 mm/año)
Superficie inundada	986 ha
N.M.N.	620,00 m

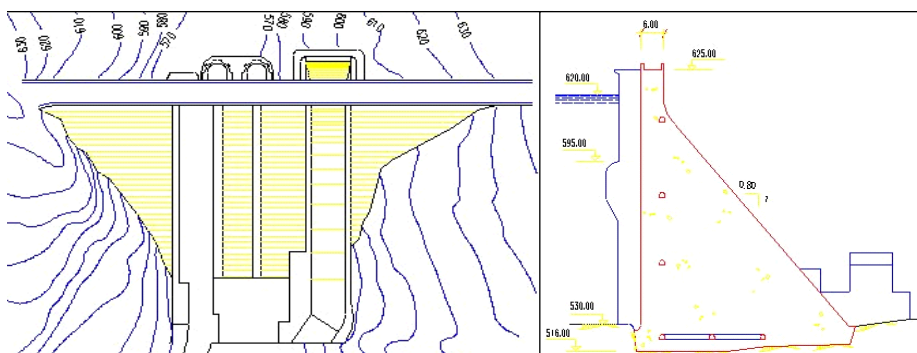
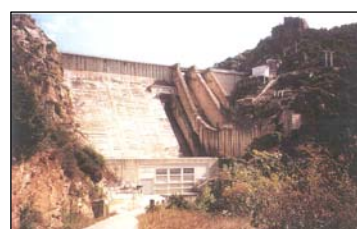
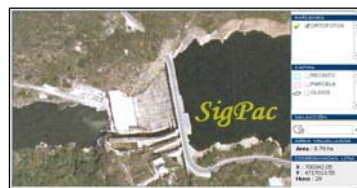
DATOS DE LA PRESA

Altura sobre cauce	95 m
Altura sobre cimientos	109 m
Longitud de coronación	166 m
Tipología	Gravedad
Cota coronación	625,00 m
Aliviadero	2 Aliviaderos con compuertas (2.500 m ³ /s)
Desagüe de fondo	1 conducto
Volumen de materiales	331.000 m ³

USOS

Usos del embalse	Abastecimiento, Hidroeléctrico, Riego
------------------	---------------------------------------

Año de terminación	1.960
--------------------	-------



La información que se suministra a la aplicación SIGAP proviene de los 100 puntos de instrumentación situados en la presa, con las siguientes características y problemática en cuanto a la disponibilidad y calidad de sus datos. Todos ellos se recopilan manualmente, a excepción del Saih, que está automatizado, y posteriormente se integran en la aplicación, bien a través de un fichero digital o mediante el modulo de datos del sistema.

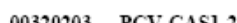
-Niveles de embalse

De la red SAIH, instalada en la presa, se han integrado en el sistema los datos correspondientes a lecturas del nivel del embalse, volumen de agua embalsado, precipitación y temperatura. Estos se tienen de forma automatizada y, por tanto, se suministran directamente al SIGAP.

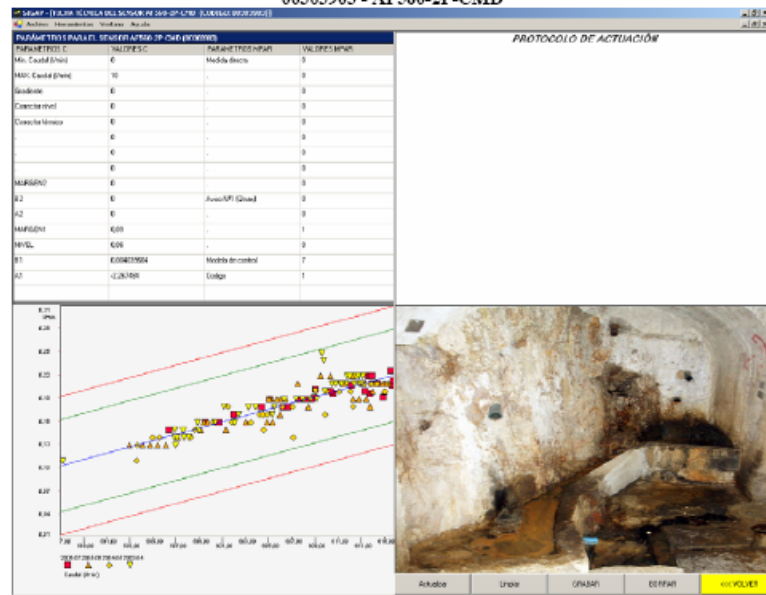
-Subpresiones

El cuerpo principal de la presa no cuenta con medidores de subpresión; si es así en el dique del collado en el que se tienen instalados hasta un total de 35 piezómetros de cuerda vibrante, situados en 9 secciones de la presa y

00320103 - PCV-CAS1-1

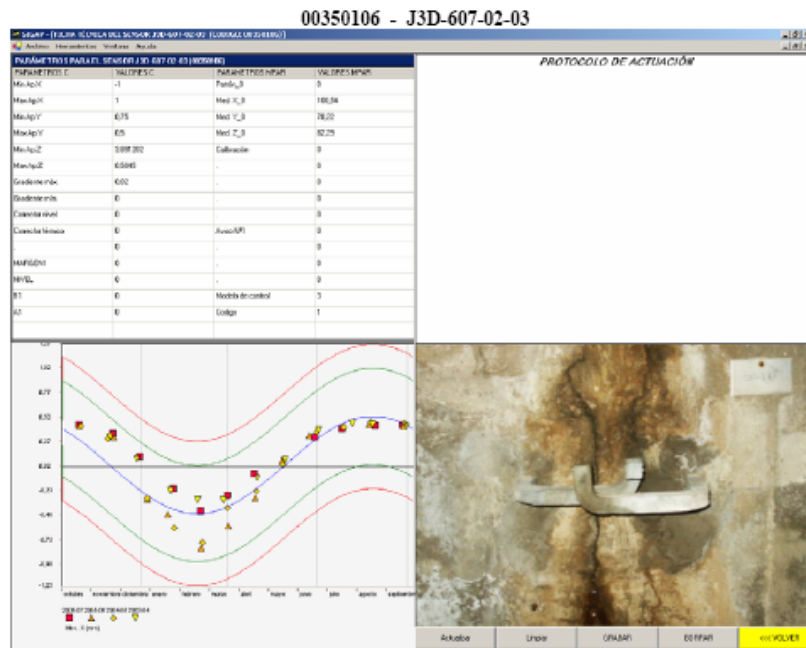


En la presa de Bárcena se controlan las filtraciones del cuerpo principal en 30 puntos repartidos desde la galería 530 hasta la 607,5. La medición se realiza mediante aforo de agrupaciones de ellos y con periodicidad semanal. En la actualidad, se está procediendo a la mejora de los puntos de medida con la instalación de aforadores calibrados que totalizan las agrupaciones más características. Los datos se informatizan y se integran en el SIGAP a través del módulo de datos de la aplicación. Inicialmente se dispuso de datos digitales desde el 2001.



- Juntas 3D

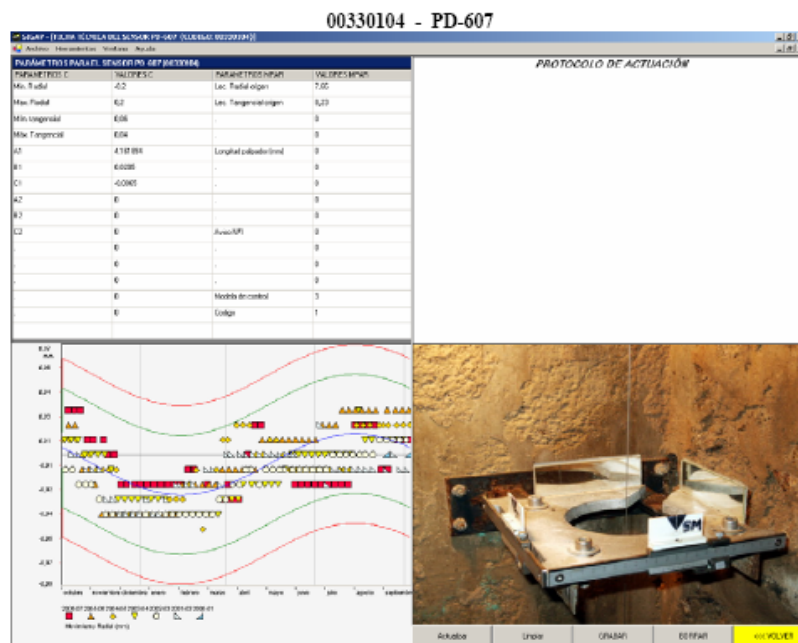
El cuerpo principal de la presa cuenta con 28 medidores tridimensionales de juntas distribuidos entre los bloques de las galerías 530 y 607,5. Se dispuso de datos digitales desde 2003, con una periodicidad mensual, intervalo que se considera apropiado para una presa de esta antigüedad que cuenta con movimientos muy pequeños.



-Péndulos

La presa de Bárcena cuenta con un péndulo directo y otro inverso en el cuerpo de presa. El péndulo directo tiene lecturas en las galerías 560, 582,5 y 607,5. El inverso sólo tiene una lectura en la galería 560. Existen datos

digitalizados desde 2001. La frecuencia de medida es semanal en ambos casos. En este momento, se está procediendo al cambio de las planchetas de medida para mejorar la precisión de cada medida y automatizar la recogida de los datos.



Como se ha comentado anteriormente, la información suministrada al sistema se realiza bien como fichero procedente de cualquier otro sistema digital, o bien a través de las pantallas del módulo de datos que permiten su incorporación inmediata. La aplicación SIGAP dispone de una base de datos asociada con toda la información suministrada, que puede ser exportada para su utilización, en formato Excel, por cualquier otra aplicación que gestione datos de instrumentación de la presa.

2.1.5 Generación de informes en el SIGAP

La última versión del SIGAP, que se encuentra instalada en las oficinas de la Confederación en Ponferrada, está conectada mediante una línea de comunicación de telemando con el CEDEX, de forma que se lleva en todo momento un control de su funcionamiento y un seguimiento de la misma para la generación de los **Informes Anuales a presentar al Servicio de Vigilancia de Presas**, o a cualquier otro organismo.

Estos informes, se generan de forma automática y resumen la situación de la presa en el último año de forma clara y concisa, lo que facilita su supervisión por dicho Servicio.

En él quedan reflejadas tendencias y, por tanto, detectadas posibles anomalías en la presa. El resultado se plasma en una serie de actuaciones a llevar a cabo para la resolución de dicha problemática.

2.2. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CON WINCOMANDER

La Aplicación ha sido diseñada para seguimiento del Mantenimiento y para gestionar los trabajos de Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo de los equipos que componen las Instalaciones Mecánicas y Eléctricas en general.

La aplicación permite trabajar con uno o varios Clientes y/o Centros de Trabajo que dispongan de instalaciones electro-mecánicas, editar los trabajos a realizar por los operarios y posteriormente tener registrados los datos de ejecución y confeccionar informes y estadísticas con ellos. También se pueden generar partes de avisos de averías (Asistencia Técnica) imputables a los Centros/Obras definidos, así como partes de reparación (Correctivo) de los equipos existentes en los centros.



Además, el programa dispone de módulos sobre trabajos realizados y control de costes de de Almacén, Presupuestos y resultados respecto de las Facturación. Previsiones, etc

En conexión con la base de datos del sistema de control, el programa chequea los cambios de estado y las horas de funcionamiento, de manera que se genere una previsión del mantenimiento necesario en función de lo definido en esta base.

El sistema se ha instalado para las cuatro presas que dependen del centro de explotación de Ponferrada, disponiéndose una red de comunicaciones entre las presas y el centro de explotación.

3. CONCLUSIONES

- La gestión automatizada de las labores de mantenimiento y explotación de la presa, es una buena herramienta para el director de la Presa.
- Se implanta en las Presas un mantenimiento NECESARIO que hasta ahora se hacía de forma correctiva más que preventiva.
- Se trazan pautas de actuación en el mantenimiento y conservación que durante la vida del contrato se podrán ir mejorando.
- Se realizan tareas de conservación y pequeñas actuaciones que resultan normales dentro de las tareas de mantenimiento a realizar en las presas.
- Los operarios de la Confederación obtienen formación e información para realizar su trabajo mejor; siempre respaldados por la Empresa de Mantenimiento.
- El seguimiento de la auscultación de la presa proporciona un conocimiento de su comportamiento, que redunda en una previsión de las tareas indispensables para su buen estado futuro.
- La utilización de la aplicación SIGAP, desarrollada por el Cedex facilita la revisión del estado de la presa por los Servicios de Seguridad de presas de la D.G.del Agua.
- Su implantación en el conjunto de las presas del centro de Explotación de Ponferrada ha constituido un avance importante en el seguimiento de su estado, previendo las tareas necesarias a realizar en la auscultación con la antelación debida.