

# **GESTION Y TRATAMIENTO DE DATOS DE AUSCULTACION DE PRESAS PARA SU PROCESADO MEDIANTE PROCEDIMIENTOS DE ANALITICA DE DATOS.**

**Asier Pérez Pérez<sup>1</sup>**

**RESUMEN:** El tratamiento de los datos de auscultación de las presas mediante algoritmos y procedimientos de inteligencia artificial requiere que la información esté correctamente almacenada y disponible en bases de datos estructuradas. Sin embargo, debido a la instrumentación instalada en las presas e incluso a la propia herencia de los procedimientos de toma de datos en auscultación, en muchos casos no es posible que éstos se puedan almacenar siguiendo estos criterios. Por tanto, antes de abordar el empleo de la inteligencia artificial para la interpretación de los datos de auscultación, es necesario realizar un intenso trabajo para conseguir que estos valiosos datos sean recogidos en bases de datos estructuradas.

En este artículo exponemos el procedimiento seguido por Gipuzkoako Urak para la digitalización de la información de auscultación de 5 presas. Abordamos la problemática analizando de manera exhaustiva el “viaje del dato”, esto es, la ruta que sigue cada uno de los valores medidos en la instrumentación, bien de forma manual, o bien de forma automática, finalizando con el registro en la base de datos donde estarían disponibles para el análisis mediante la inteligencia artificial.

De esta manera, buscamos ilustrar al titular de presas que quiera acometer un proceso de digitalización y disponga de múltiples fuentes de información.

---

<sup>1</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, y Director de Explotación de 7 presas para el Consorcio de Aguas de Gipuzkoa.

# 1. INTRODUCCION

Atendiendo a la seguridad de La Presa, *el objetivo único de un sistema de auscultación es el de proveer una información lo más precisa y rápida posible sobre el estado de la obra y entonces poner a disposición de los responsables datos que permitan evaluar su seguridad y en caso de problemas tomar las decisiones oportunas* [1]. Esta definición, que G. Lombardi la establece como objetivo único, realmente incluye en su definición varios de los objetivos reales que debería cumplir un sistema de auscultación, a saber:

- La información obtenida deberá ser precisa.
- La información deberá estar inmediatamente disponible.
- Debe ser confiable y relevante de cara al comportamiento y seguridad de la presa.

Por otro lado, según se establece en la “Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 7. AUSCULTACIÓN DE PRESAS Y SUS CIMIENTOS” [2], la auscultación de una presa y su cimiento deben de tener como fin alcanzar todos o cada uno de los siguientes objetivos:

- Prevenir con suficiente antelación, y por tanto evitar, que una situación futura pueda acarrear roturas, accidentes e incidencias no deseadas.
- Controlar ciertos parámetros que tengan una influencia importante en el comportamiento y seguridad de la presa.
- Reducir las incertidumbres sobre las hipótesis simplistas realizadas, de forma que pueda aumentar la confianza sobre el comportamiento futuro.
- Economizar, o al menos racionalizar, la construcción y/o explotación partiendo de datos reales medidos “in situ”.
- Conocer, desde una información real, el comportamiento satisfactorio o no de la presa construida o en explotación.

En la instrumentación instalada en las presas nos encontramos con una variada casuística de sensores y sistemas de recolección de datos. Muchos de ellos fueron instalados en épocas en las cuales no existían equipos electrónicos y por tanto son manuales. Al inicio de la segunda mitad del siglo XX, se comenzó a instalar sensores electrónicos, pero con un sistema de registro manual. No fue hasta bien entrada la década de los 80 cuando se comenzaron a instalar unidades de lectura y registro automáticos, dando un salto cualitativo al permitir la captación y registro de grandes cantidades de datos. En muchos casos, todos estos sistemas deben convivir y ser integrados, ya que las largas series históricas aportan valiosísima información fundamental para el análisis y entendimiento del comportamiento de la presa.

Desarrollar un modelo de analítica de datos requiere de la construcción de una base de datos, que proviniendo de una recopilación de datos históricos le permita analizar los patrones y correlaciones entre variables. Sin embargo, la aplicación del modelo obtenido se alimenta de datos nuevos, sobre los que queremos predecir nuevos comportamientos y nuevas correlaciones a partir de datos de entrada al modelo. Estos datos de entrada, en el ámbito del comportamiento de presas, provienen principalmente de mediciones tomadas por distintos tipos de sensores del sistema de auscultación.

Resulta, por tanto, imprescindible abordar desde un punto de vista tecnológico el proceso necesario para que la captura y gestión de datos permita desplegar todo el

potencial de la inteligencia artificial. En el presente este artículo vamos a abordar el largo y complejo proceso llevado a cabo por un titular de 7 presas para adaptar sus procedimientos de lectura y tratamiento de datos.

## 2. DESCRIPCION DE LAS PRESAS DE ESTUDIO

El Consorcio de Aguas de Gipuzkoa, es la entidad responsable del abastecimiento de una población de 340.000 personas. Esta población se encuentra muy atomizada, con municipios que en ningún caso superan los 30.000 habitantes, para lo cual es el titular de 7 pequeños embalses de cabecera de cuenca con capacidad entre 1.5 y 11 Hm<sup>3</sup>.

Las principales características de estas presas son las siguientes:

<b>PRESA</b>	<b>Tipo- logía</b>	<b>Cat.</b>	<b>Fin Cons- trucción</b>	<b>Capacidad a NMN (Hm<sup>3</sup>)</b>	<b>Altura Sobre Cimientos (m)</b>	<b>Longitud Co- ronación (m)</b>
<b>URKULU</b>	CFRD <sup>2</sup>	A	1980	10	54	190
<b>AIXOLA</b>	CFRD	A	1981	2,73	54	203
<b>BARRENDIOLA</b>	CFRD	A	1981	1,5	50	167
<b>IBAIEDER</b>	CFRD	A	1990	11,32	66	225
<b>LAREO</b>	CFRD	A	1989	2,35	40	364
<b>ARRIARAN</b>	RCC <sup>3</sup>	A	1993	3,2	57	205
<b>IBIUR</b>	CVC <sup>4</sup>	A	2009	7,53	69	232

**Tabla 1. Características principales de las presas.**

Como podemos ver en la tabla anterior, las 5 presas objeto del presente análisis son de la tipología CFRD. A pesar de que es titular también de otras dos presas de gravedad de hormigón, con el objetivo de facilitar la exposición, en el presente artículo solamente vamos a evaluar el proceso seguido para las 5 presas CFRD.

Las presas CFRD finalizaron su construcción entre los años 1980 y 1991, y no se les dotó de instrumentación más allá de la habitual medida de presión en drenes y caudales de filtración. No fue hasta el año 1995 cuando, a iniciativa de la Confederación Hidrográfica del Norte de España, se estableció una sistemática de recogida y análisis de los datos de auscultación, que nos permiten disponer hoy en día de una larga serie ininterrumpida con datos de gran calidad. Tras esta primera mejora de la auscultación, el titular de manera paulatina ha sido desarrollando numerosos proyectos de modernización, que incluyen la instalación de nuevos elementos de medida, instalación de sensores automáticos y unidades de lectura automática. Además, se han realizado numerosos proyectos encaminados a mejorar la transmisión, almacenamiento y tratamiento de los datos, tanto los recogidos de manera manual como los recogidos por las unidades de lectura automática.

<sup>2</sup> Concrete Faced Rockfill Dam, por sus iniciales en inglés. Presa de materiales sueltos con pantalla de hormigón.

<sup>3</sup> Roller Compacted Concrete, por sus iniciales en inglés. Presa de Gravedad de Hormigón Compactada con Rodillo

<sup>4</sup> Conventional Vibrated Concrete, por sus iniciales en inglés. Presa de Gravedad de Hormigón Vibrado

<b>PRESA</b>	<b>Fin construcción</b>	<b>Fecha primer registro</b>	<b>Puntos de lectura</b>	<b>Cantidad de lecturas<sup>5</sup></b>
<b>URKULU</b>	1980	01/09/1982	282	176.573
<b>AIXOLA</b>	1981	25/02/1981	291	157.667
<b>BARRENDIOLA</b>	1981	01/09/1982	133	128.634
<b>IBAIEDER</b>	1990	17/04/1990	423	311.141
<b>LAREO</b>	1989	04/01/1990	220	126.841

**Tabla 2. Resumen de datos de auscultación registrados entre 1980 y 2022**

### 3. DESCRIPCION DE LAS BASES DE DATOS DISPONIBLES

A partir de la introducción realizada en el capítulo anterior, se puede comprobar como los datos almacenados proceden de múltiples fuentes, con frecuencia y flujos de trabajo muy distintos para la captura y registro de las lecturas tomadas. Además, se da la circunstancia que, con la arquitectura creada, cada presa dispone de su sistema independiente de gestión y tratamiento de la información, no existiendo ningún sistema centralizado que pudiera aglutinar y homogeneizar los datos captados.

#### 3.1. FLUJOS DE TRABAJO

Analizando de manera pormenorizada todos los procedimientos de toma, registro y almacenamiento de los valores de los sensores en todas las presas, se han identificado 5 “Flujos de Trabajo” diferentes.

- A. Datos tomados por el equipo de explotación con equipos manuales (aforos, presiones, etc), que se apuntan en un estadillo y posteriormente se registran directamente la “Herramienta Excel<sup>6</sup>”.



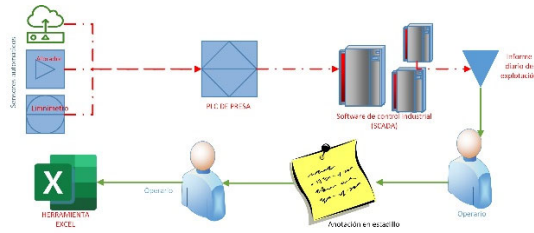
**Figura 1. Esquema del "Flujo de Trabajo A"**

- B. Datos tomados a través de sensores automáticos (sonda de presión para cota, radar en aforador Thompson, etc) que están directamente conectados al autómata de control de la presa y que se representan en una SCADA<sup>7</sup>. Diariamente son extraídos del SCADA y anotados en un estadillo para posteriormente registrarlos en la “Herramienta Excel”.

<sup>5</sup> Para sensores de lectura automática de frecuencia quinceminutal, solo se considera el dato resumen del día. Nótese que un sensor de frecuencia quinceminutal, por sí mismo, ya almacena 35.000 registros anuales.

<sup>6</sup> La “Herramienta Excel” son una serie de hojas Excel, vinculadas entre sí y conectadas mediante macros a las BBDD generadas por el servidor que recoge los datos de las unidades de lectura automática. La configuración de estas hojas Excel permite de una manera ágil el análisis gráfico mediante histogramas y gráficos de correlación de la auscultación así como la generación de informes.

<sup>7</sup> Supervisory Control And Data Acquisition. Software que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Aporta y almacena lecturas de todos los sensores y procesos que controla.



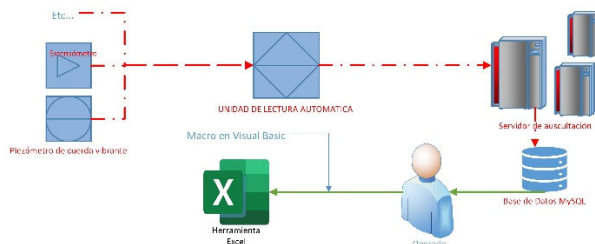
**Figura 2. Esquema del "Flujo de Trabajo B"**

- C. Datos tomados por personal externo al equipo de explotación (auscultación topográfica planimétrica y altimétrica, p.ej), que son entregados al equipo de explotación en una hoja Excel independiente.



**Figura 3. Esquema del "Flujo de Trabajo C"**

- D. Datos tomados a través de sensores automáticos (LVDT<sup>8</sup> para extensómetros, piezómetros de cuerda vibrante, etc), con frecuencia quinceminutal, que están directamente conectados a las unidades de lectura automática exclusivas del sistema de auscultación. Estas unidades generan para cada presa una BBDD en lenguaje SQL, que a demanda vuelca los datos diarios en la "Herramienta Excel". Esta base de datos y su herramienta Excel están ubicadas cada una en su presa.



**Figura 4. Esquema del "Flujo de Trabajo D"**

- E. Datos provenientes de estaciones meteorológicas de terceros (AEMET y Diputación Foral) situadas en el entorno de las presas. Se dispone de equipos manuales y automáticos. En general, los datos se recogen de la página web de AEMET y se vuelcan en la "Herramienta Excel".



**Figura 5. Esquema del "Flujo de Trabajo E"**

<sup>8</sup> Linear Variable Differential Transformer. Dispositivo empleado para medir de manera precisa desplazamientos lineales.

### 3.2. RESUMEN DE SENSORES

Establecidos los diferentes “Flujos de Trabajo”, ya podemos generar un esquema completo del tratamiento actual de datos. Las series más largas y completas corresponden a la vigilancia de los datos hidráulicos de la cimentación: cotas piezométricas y caudales de filtraciones.

<b>MAGNITUD A MEDIR</b>	<b>MODO LECTURA</b>	<b>CANT. SENSOR</b>	<b>CANT. LECTURAS</b>	<b>FREC. LECTURA</b>	<b>FLUJO</b>
<b>Asientos de escollera</b>	Manual	9	1.647	Mes	A
<b>Asientos en coronación</b>	Manual	58	1.444	Año	C
<b>Filtraciones de drenes</b>	Auto.	11	127.988	15min	B
<b>Filtraciones de laderas</b>	Auto.	12	142.040	15min	B
<b>Caudal drenado</b>	Manual	331	74.301	Mes	A
<b>Cota piezo en cimentación</b>	Manual	278	190.724	Mes	A
<b>Def del núcleo de escollera</b>	Auto.	8	5.448	15min	D
<b>Deformaciones del cimiento</b>	Manual	33	13.300	Mes	A
<b>Desplazamiento de juntas</b>	Auto.	46	876	15min	D
<b>Desp del contacto plinto-biela</b>	Manual	12	2.868	Mes	A
<b>Desplazamientos del espaldón</b>	Manual	61	1.456	Año	C
<b>Evaporación</b>	Manual	5	28.000	Mes	A
<b>Humedad relativa</b>	Man. y Auto.	2	-	Diario y 15min	E
<b>Lámina de agua</b>	Auto.	5	62.455	Continuo	B
<b>Precipitación</b>	Man. y Auto.	5	62.366	Diario y 15min	E
<b>Profundidad dren</b>	Manual	387	7.622	Año	A
<b>Temperatura en piezómetro</b>	Manual	72	137.120	Mes	A
<b>Temperatura exterior</b>	Auto.	5	37.662	15min	D

**Tabla 3. Tabla resumen de cantidad de sensores y Flujos de Trabajo para las 5 presas**

### 3.3. ESQUEMA DE DATOS DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN

A partir de los 5 “Flujos de Trabajo” anteriores podemos obtener de manera resumida el esquema de gestión de datos de auscultación en las presas estudiadas.



5. Las aplicaciones serán comerciales o desarrolladas en lenguaje abierto.
6. El proceso de digitalización debe garantizar la integridad de los datos.
7. Deberá permitir el filtrado y corrección de datos erróneos, con anotaciones.
8. Será interconectable con la mayor cantidad posible de software de analítica.
9. Debe permitir la carga de datos históricos, así como los obtenidos de manera manual.

Por tanto, si queremos desarrollar un sistema que supervise el sistema y contribuya al análisis de los datos de auscultación mediante la analítica de datos, antes deberemos verificar que se cumplen todos los requisitos anteriores.

## 4.2. CARACTERÍSTICAS DEL NUEVO SISTEMA DE GESTIÓN DE DATOS

Dado que el objetivo del presente artículo no es el de estudiar los sensores que captan el dato, sino el tratamiento de datos en sí mismo, podemos asimilar que cualquier equipo que instalemos va a cumplir los requisitos 1 y 3 de Lombardi; esto es, van a ser precisos, confiables y relevantes de cara al comportamiento de la presa. Por tanto, tenemos que establecer las características del sistema de auscultación, y en particular el sistema de comunicaciones, almacenamiento y tratamiento de datos, para cumplir el segundo objetivo de Lombardi y los nuevos objetivos asignados.

En este punto, debemos diferenciar dos grandes grupos, en base al método de lectura de los sensores:

- Sensores de lectura manual. Son aquellos en los que es necesaria la intervención del técnico de auscultación para la toma o registro de la lectura. En este grupo entran las comprobaciones de asientos en coronación, profundidad en drenes o piezómetros de cuerda sin registro automático. También se deben de incluir en este grupo aquellos sensores que, si bien podrían ser automatizados, por la complejidad y elevado coste de la instalación, en muchas ocasiones no se automatizan. Como por ejemplo las aperturas de juntas o caudal drenado en drenes individuales.
- Sensores de lectura automática. Son aquellos en los que el valor de la medida se toma y se registra de manera automática sin la intervención del técnico de auscultación. En este grupo entran los piezómetros de cuerda vibrante con registro automático) o los extensómetros de varilla equipados con LVDT<sup>9</sup> de registro automático.

Por tanto, el nuevo sistema se ha diseñado con las siguientes características:

- A. Arquitectura de datos centralizada en un Data Warehouse<sup>10</sup>, formada por una Base de Datos Relacional o SQL<sup>11</sup>. Contribuye a los criterios 1, 3, 4, 6, 7 y 8.
- B. Priorizar la instalación o sustitución de equipos de lectura automática. Contribuye a los criterios 2, 3 y 6.

---

<sup>9</sup> Linear Variable Differential Transformer: tipo de transformador empleado para medir desplazamientos lineales.

<sup>10</sup> Repositorio unificado y estructurado de todos los datos del proceso, y que captura los datos de diversas fuentes.

<sup>11</sup> Structured Query Language. Lenguaje específico para administrar bases de datos relacionales

- C. Disponer de toda la información histórica en el Data Warehouse. Contribuye al criterio 9.
- D. El registro de los datos en sensores de lectura manual se realizará mediante dispositivos electrónicos tipo tablet. Contribuye a los criterios 3, 6, 7, 8 y 9.
- E. Las comunicaciones se realizarán en lenguajes abiertos. Contribuye al criterio 5.

Con estas características, ya tenemos el punto de partida que nos va a permitir diseñar un nuevo sistema enfocado a una gestión ágil y eficaz de la información.

#### 4.3. TIPOS DE REGISTROS, FRECUENCIA Y TEMPORALIDAD

Un aspecto muy relevante en las BBDD es que éstas deben ser coherentes con la tipología, frecuencia y fin que se va a dar a los datos captados. Tanto la frecuencia como la tipología lo tenemos bien descrito en la Tabla 3 y los apartados posteriores, por lo que no nos vamos a detener más en este aspecto. El que sí resulta relevante es el “fin” que se le va a dar a los datos captados. Con la idea de establecer de manera correcta los flujos de información en el sistema de gestión de la información, podríamos decir que estos datos se van a emplear en las siguientes situaciones:

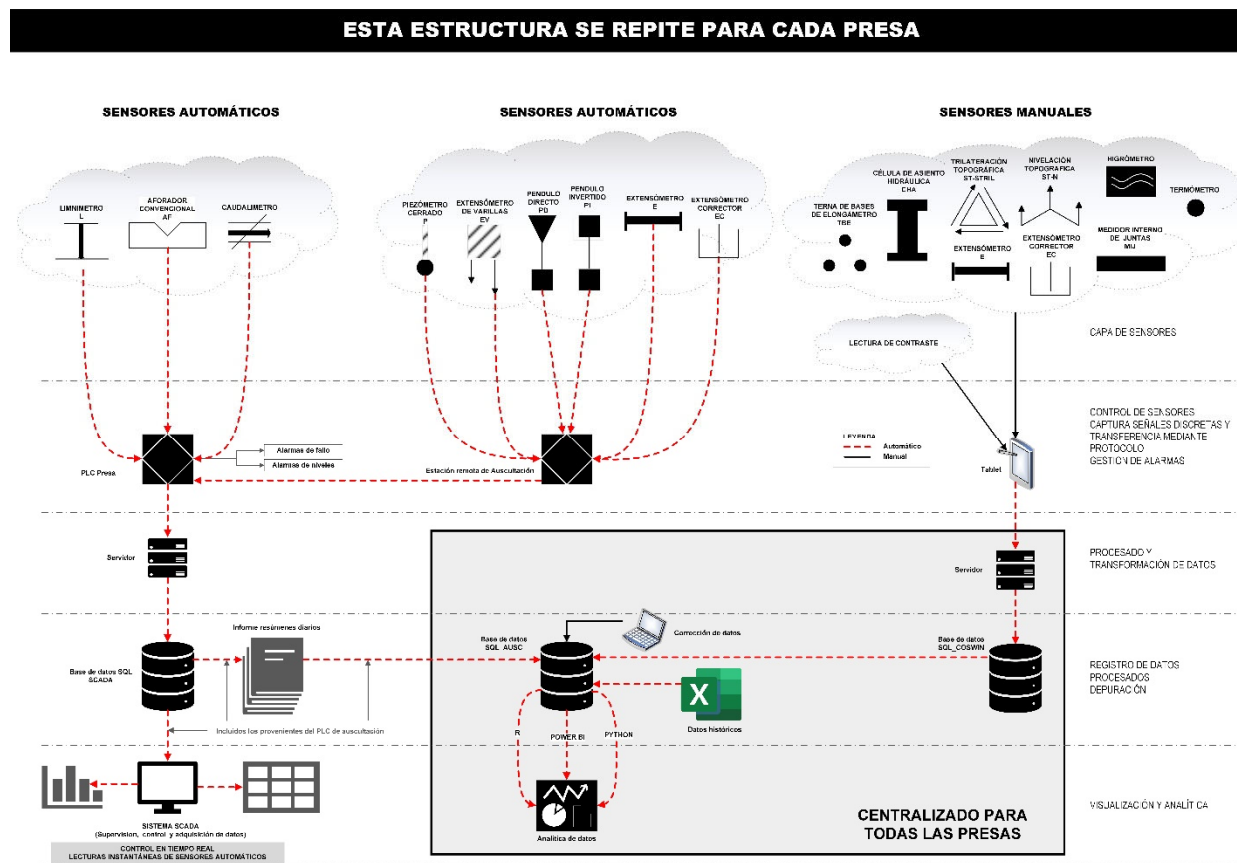
- A. Escenarios de emergencia. En primera instancia es necesario acceder en tiempo real y sin demora a las lecturas de los sensores para evaluar la situación. Para estas situaciones los sistemas deben ser robustos y garantizar una alta operatividad. Disponibles tanto en las salas de emergencias y de manera remota.
- B. Escenarios de emergencia. Con el objetivo de prever la evolución de alguno de los parámetros, durante el análisis en una emergencia es probable que sea necesario acceder a los datos históricos almacenados, además de a los datos instantáneos. Disponibles tanto en las salas de emergencias y de manera remota.
- C. Condiciones de explotación. Durante la explotación se dan circunstancias en las que es necesario acceder a los datos instantáneos o datos almacenados para diferentes labores. También deben de alertar cuando un sensor no funciona correctamente. Tanto en la presa como de manera remota.
- D. Análisis del comportamiento. Para este caso es necesario el acceso a los datos históricos almacenados, por lo que no se requieren los datos instantáneos. Disponibles principalmente de manera remota.

Por tanto, según se puede interpretar del punto anterior, tenemos que disponer de tres niveles de gestión de los datos de instrumentación. Un primer nivel que alerte sobre el mal funcionamiento de los sensores. Un segundo nivel que pueda representar y extraer lecturas en tiempo real de los sensores automáticos y desde cualquier ubicación. Y un tercer nivel, que almacene todas las lecturas, tanto las manuales como las automáticas

- Nivel PLC. Se programan las consignas de mal funcionamiento para que genere una alarma, bien por fallo de comunicación o bien por valores fuera de rango.
- Nivel inferior. SCADA. Para la gestión de todos los datos de los sensores automáticos. Debe estar ubicado en la explotación y con acceso local y remoto, para la representación y extracción de los datos de auscultación. No requiere de capacidad de almacenamiento a largo plazo.
- Nivel superior. BBDD y analítica. Para la gestión de los datos de los sensores automáticos, manuales y lecturas de contraste. Para los automáticos se establecerá si se guardan todos los datos o los datos diarios. Será un sistema centralizado

ya que gestiona todas las presas. Almacenará todos los datos históricos a largo plazo de todos los sensores.

En base a las consideraciones anteriores, se plantea la creación del siguiente esquema:



**Figura 7. Esquema inicial del sistema de captación y gestión de datos de la auscultación**

#### 4.4. PLAN DE ACTUACIONES

Desde el primer momento las actuaciones se han planificado con el objetivo de mejorar la toma de datos y modernizar el sistema de auscultación. Durante todo este proceso, con el objeto de garantizar la integridad de la información y no perder datos, se deberá seguir tomando los datos de manera manual y registrándose en la “Herramienta Excel” tal y como viene haciéndose hasta ahora. Una vez el proceso esté culminado y en funcionamiento, entonces, la “Herramienta Excel” dejará de recibir información y todos los sistemas estarán funcionando a través de los canales automáticos.

##### FASE I. CREACION DE DATA WAREHOUSE

1. Centralización. El primer paso consiste en establecer un servidor único (en adelante SERV\_AUSC) al que se pueda acceder desde todas las instalaciones a través de la red interna.
2. Creación de nueva BBDD en SQL Microsoft (en adelante SQL\_AUSC).

## FASE II. CONEXIONADO DE LAS ULM<sup>12</sup> CON EL PLC PRESA

1. Configuración del PLC de presa para poder recibir las señales de las ULM.
2. Conexionado de las ULM con el PLC de presa, manteniendo su funcionamiento actual con el servidor de auscultación y las hojas Excel.
3. Creación de sistema de alarmas para todas las variables de auscultación así como las pantallas de visualización.

## FASE III. CAPTURA DE DATOS CON TABLET

1. Configuración de las Tablet, servidor y BBDD Oracle (en adelante SQL\_COSWIN) para poder capturar los datos manuales de auscultación y los contrastes.
2. Inicio del registro de los datos manuales mediante Tablet. Se debe continuar con el registro manual en la herramienta Excel.
3. Inicio del registro de los datos de contraste mediante la Tablet.

## FASE IV. CONEXIONES DE BASES DE DATOS CON SQL\_AUSC

1. Configurar la extracción de datos de la BBDD del SCADA local, con la frecuencia prefijada.
2. Configurar la conexión de la extracción de datos de la BBDD del SCADA local con la BBDD SQL\_AUSC, para cada presa.
3. Configurar la conexión de SQL\_COSWIN con SQL\_AUSC.
4. Carga de datos históricos en SQL\_AUSC procedentes de la “Herramienta Excel”.

## FASE V. CONEXIONADO DE HERRAMIENTA EXCEL CON SQL\_AUSC

1. Configurar la “Herramienta Excel” para que todos los valores que antes se registraban manualmente ahora se recojan desde SQL\_AUSC.
2. Desconfigurar la conexión del servidor de auscultación con las ULM.
3. Fin del registro de datos manuales.

## FASE VI. CREACION DE PANTALLAS DE VISUALIZACION Y ANALITICA

1. Desarrollo de pantallas de representación de la auscultación en los SCADAs locales de presa para los datos automáticos.
2. Desarrollo de herramientas de analítica y representación de datos para todos los datos registrados en el SQL\_AUSC.

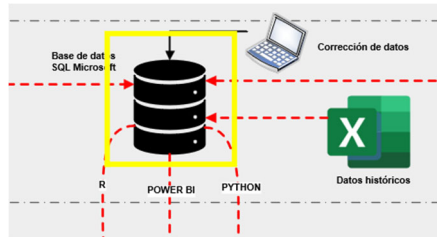
## 4.5. RESULTADOS

De manera secuencial, según se vayan completando las fases del capítulo anterior, iremos obteniendo el siguiente resultado:

---

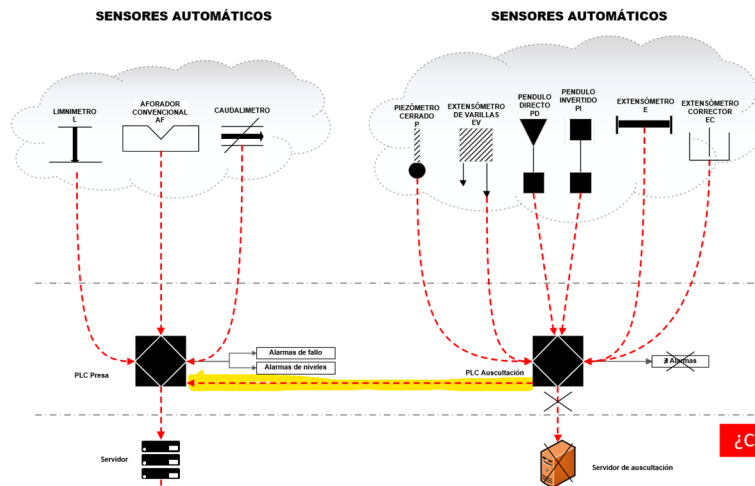
<sup>12</sup> ULM. Unidad formada por un pequeño PLC, un equipo de comunicaciones y otros dispositivos electrónicos, que gestiona los sensores automáticos, recoge sus señales, las transforma y las transmite al servidor de auscultación.

Terminada la Fase I, tenemos un nuevo servidor, con el Data Warehouse creado, pero sin recibir datos.



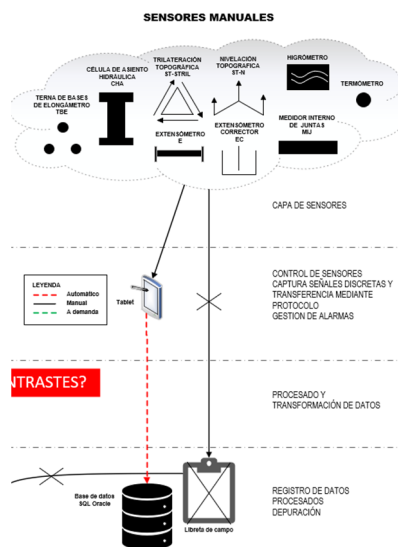
**Figura 8. Nueva BBDD creada**

Terminada la Fase II, los PLC's de cada una de las presas recibirán los datos de auscultación directamente de las diferentes ULM's instalados. Las alarmas de funcionamiento de los sensores estarán configuradas y se dispondrá de un sistema para su gestión.



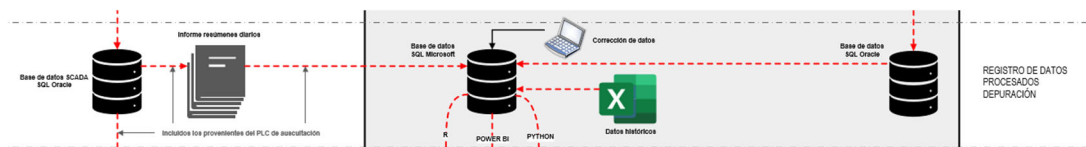
**Figura 9. Conexión entre el PLC de auscultación y el PLC de la presa**

Terminada la Fase III, tendremos las Tablet operativas registrando los datos de lecturas manuales y de contraste de equipos. Se continuará en paralelo registrando los datos manuales en la "Herramienta Excel".



**Figura 10. Puesta en operación de tablet para el registro de lecturas manuales**

Terminada la Fase IV tendremos un Data Warehouse recibiendo los datos extraídos del SCADA así como los procedentes de las lecturas manuales. Habremos registrado todos los históricos.



**Figura 11. Nueva estructura de almacenamiento de datos**

Hasta la Fase IV, el sistema funcionará exactamente igual que antes, de modo que los datos de las ULM seguirán el camino habitual a través del servidor de auscultación y los datos manuales del SCADA y manuales se registrarán manualmente en la “Herramienta Excel”.

Terminada la Fase V tendremos la “Herramienta Excel” conectada directamente con SQL\_AUSC, con toda la operatividad que tenía hasta ahora, pero sin necesidad de tomar datos de manera manual (salvo las propias lecturas manuales de los sensores pero que se registran en la Tablet y se vuelcan automáticamente). De esta manera, mientras se desarrollan las pantallas de SCADA y otras aplicaciones, nuestro Data Warehouse estará perfectamente operativo y alimentando la “Herramienta Excel”.

Por tanto, tendremos un sistema único centralizado de almacenamiento de datos (Data Warehouse) que recoge de manera automática los datos del sistema de auscultación y del SCADA y que permite un registro eficaz y sin transcripciones de las lecturas manuales.

De esta manera, los cinco flujos de trabajo del Capítulo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se habrán transformado de la siguiente manera:

FLUJO	SITUACION ANTERIOR	SITUACION ACTUAL
<b>A</b>	Datos tomados manualmente y tras varias transcripciones se apuntan en la herramienta Excel.	Datos tomados manualmente apuntados en un dispositivo móvil, volcados automáticamente en el Data Warehouse y disponibles para la herramienta Excel o cualquier otro software.
<b>B</b>	Datos registrados por el autómatas de presa, extraídos de un informe y tras varias transcripciones se apuntan en la herramienta Excel.	Datos registrados de manera automática y volcados en el Data Warehouse y disponibles para la herramienta Excel o cualquier otro software, sin ningún tipo de intervención manual.
<b>C</b>	Datos tomados por personal externo, registrados en hoja Excel independiente.	Datos tomados por personal externo apuntados en un dispositivo móvil, volcados automáticamente en el Data Warehouse y disponibles para la herramienta Excel o cualquier otro software.
<b>D</b>	Datos tomados automáticamente y registrados en BBDD volcados a demanda en la “Herramienta Excel”.	Datos registrados de manera automática y volcados en el Data Warehouse y disponibles para la herramienta Excel o cualquier otro software, sin ningún tipo de intervención manual.
<b>E</b>	Datos de estaciones meteorológicas, manuales y automáticos, extraídos de la web y	Se conectan al SCADA. Datos registrados de manera automática y volcados en el Data Warehouse

FLUJO	SITUACION ANTERIOR	SITUACION ACTUAL
	volcados en la "Herramienta Excel".	y disponibles para la herramienta Excel o cualquier otro software, sin ningún tipo de intervención manual.

**Tabla 4. Modificación de los "Flujos de trabajo"**

Asimismo, se garantiza que TODA la información de auscultación está disponible para todo el equipo de la empresa en cualquier ubicación, mediante su alojamiento en un servidor central.

Como última Fase, se desarrollarán las aplicaciones necesarias para la representación y analítica y se podrá desconectar la "Herramienta Excel".

## 5. CONCLUSIONES

Al haber homogeneizado los sistemas de datos de auscultación de varias presas con diferentes sistemas, ha sido necesario analizar todos los casos posibles y buscar aquella solución que resulte más flexible y se adapte a la mayor parte de los casos. Esto hace que la solución aquí expuesta sea extrapolable a la mayoría de los casos presentes en las presas.

Este proceso de digitalización y la redacción de este artículo ha generado en muchas ocasiones el debate sobre donde se encuentran los límites de la automatización y digitalización. No resulta sencillo encontrar el equilibrio entre los recursos económicos y técnicos frente al interés creciente de los titulares de presas de disponer la mayor cantidad de datos, con el mínimo esfuerzo y minimizando los costes de personal. Es por ello que los proyectos de auscultación (o los proyectos de mejora) se deben abordar de manera pausada y planificada, planteando siempre preguntas del tipo ¿Qué medidas quiero obtener? o ¿Realmente este sensor me dará información válida? y eligiendo los sistemas de captación y registro de datos más adecuados.

El abordar estas mejoras es un proceso apasionante, que requiere de un gran conocimiento del sistema de captación y almacenamiento, pero sobretodo, del sistema de auscultación. Es necesario entender como funcionan todos los sensores, como se comunican o que tipo de datos generan. No deja de ser llamativo como además requiere de un gran esfuerzo de aprendizaje para poder comprender todos los sistemas de gestión de la instrumentación así como de las comunicaciones. Por todo ello, si en algún caso este viaje no genere más que pequeñas mejoras, porque el sistema de auscultación es pequeño y porque ya está muy optimizado, de todos modos, el esfuerzo dedicado en analizarlo y entenderlo estará más que justificado.

## 6. REFERENCIAS

- [1] G. Lombardi, "Auscultación y monitoreo de presas de fabrica.," 1999.
- [2] SPANCOLD and CICCOP, *Guías técnicas de seguridad de presas. Auscultación de las presas y sus cimientos.* 2004.