

## SISTEMAS PARA LA ADQUISICIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS EN ACUIFEROS

Jorge Miguel Linares Abad\*

---

### RESUMEN

Los parámetros que habitualmente se desean medir en un acuífero requieren del establecimiento de un Sistema de Adquisición y Tratamiento de los datos capturados. Con el presente estudio se analizan los equipos y elementos que conforman este tipo de sistemas desde una visión, fruto de la experiencia adquirida por nuestra empresa en su fabricación, instalación y posterior mantenimiento. Se parte desde el origen de la variable física para, tras su conversión a señal eléctrica, su almacenamiento parcial, su transmisión a un centro de gestión, finalizar con su tratamiento informático, sin olvidar el importante aspecto referente a la fiabilidad del dato. Por último se barajan estimaciones de costes de implantación y mantenimiento.

### Palabras clave

Telemedida; transmisión; radio; datos; sensores; transductores; instrumentación; software; fotovoltaica; red; adquisición

### ABSTRACT

Often the parameters we want to measure the aquifer require an Acquisition System and Processing of the obtained data. With the actual study we analyse the equipment and elements which make these kind of systems, from the point of view of our enterprise we have acquired experiences on its fabrication, installation and its post maintenance. We start from the variable physical origin, followed by its conversion to an electric signal, it is then partially stored and its transmitted to a management center, finally we arrive with data that can be handled by a computer, without forgetting the important aspect of referring to the reliability of the data. Finally we evaluate the cost estimations of the implantation and maintenance of the system.

### Key words

Telemetry networks; transmisión; radio; data; sensors; transducts; instruments; software; fotovoltaic; net; acquistcion

## MEDICIONES HABITUALES EN UN ACUÍFERO

Entre las mediciones más habituales en un acuífero se puede destacar:

**Nivel** Posiblemente la medida más importante que interesa realizar de un acuífero. Si el dato se captura en una instalación de un pozo en explotación obtendremos, además del estático, su nivel dinámico. En presas de recarga nos permite obtener parámetros de infiltración y en secciones de aforo el caudal continuo drenado por un manantial o río, conociendo su curva de gasto (relación caudal/altura)

**Caudal** Permite conocer el volumen de extracción sobre pozos en explotación o de recarga en pozos de inyección. Si existe aporte dirigido, como aprovechamiento de excedentes de agua sin utilidad, su medición implica la necesidad de un sistema canalizado. La medición del caudal drenante o influente en un río puede realizarse por combinación de medidas de nivel con transductores ultrasónicos, conocido el perfil de su lecho

**Climáticas** La precipitación, temperatura, insolación... permiten realizar cálculos relativos a la infiltración y recursos del acuífero. La figura 1 nos muestra un ejemplo de resultados gráficos de mediciones meteorológicas con representación de valores instantáneos y cálculo de magnitudes totalizadas

**Conductividad** Este parámetro es importante como referencia de calidad del agua y evolución de la intrusión marina

**Eléctricas** Las mediciones de tensión, intensidad y factor de potencia en líneas trifásicas son importantes para localizar fugas y evitar averías en las bombas por desequilibrios o defectos en el suministro eléctrico. A partir de ellas podemos calcular la potencia y energía y en consecuencia optimizar el consumo de las explotaciones

**Temperatura** Aporta datos sobre el origen del agua y la hidrodinámica del acuífero

**Otros** Presión, calidad del agua... son otras medidas de interés

## COMPOSICIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMEDIDA

El tratamiento de las mediciones mencionadas, sobre todo si consideramos el caso habitual de una red con varios puntos de adquisición y centralización de datos en un centro de gestión, requiere del establecimiento de un Sistema de Telemida cuya composición típica es la siguiente:

- Sistema informático con: ordenador, impresora, módem, panel sinóptico...
- Red de transmisión.
- Equipos de adquisición de datos y control.
- Transductores.

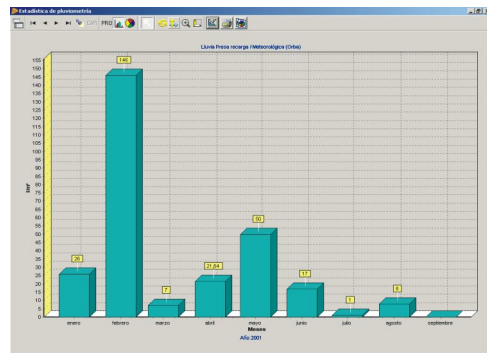
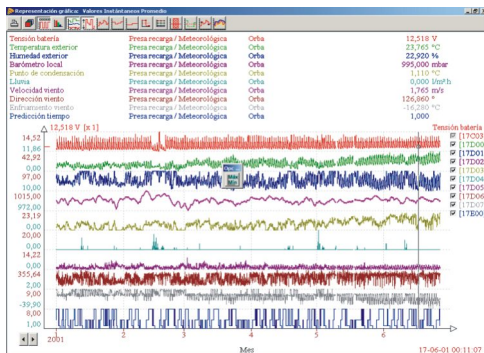


Figura 1. Ejemplos de mediciones meteorológicas

A continuación vamos a proceder a describir estos elementos en orden inverso, es decir, a partir del dato capturado.

### Transductores

Definimos al transductor como aquel equipo que nos convierte la magnitud física que deseamos medir en una señal eléctrica proporcional a su valor; normalmente se le suele identificar como la parte de "instrumentación" del Sistema de Telemedida.

### Elección de la instrumentación

De forma general, se puede afirmar que el éxito o fracaso de las mediciones depende de la correcta selección de la instrumentación, acorde a las prestaciones que se requieran, es decir, la complejidad de los equipos debe ser coherente con la precisión deseada de la medida.

Los principales parámetros a considerar en su elección son los siguientes:

- **Características:** Tecnología adaptada al tipo de medición y al entorno de instalación, fiabilidad contrastada y perdurable, precisión o exactitud del dato respecto a la variable física
- **Reparaciones:** Ciertos equipos no son reparables y deben ser sustituidos por uno nuevo, como por ejemplo las sondas de nivel herméticas. Si admiten reparación, los plazos de intervención serán coherentes con nuestros requerimientos
- **Posventa:** Debe ser realizado preferiblemente por empresas especializadas en el sector; las intervenciones deben ser rápidas, tanto en la resolución de averías como en el mantenimiento de un correcto estado de los parámetros esenciales de los equipos. Es conveniente disponer de sistemas evaluativos que nos permitan remotamente, en base a su

evolución, predecir el funcionamiento incorrecto en los equipos.

### Tecnología y averías frecuentes en transductores

En general suelen presentar más averías los equipos con elementos mecánicos por su desgaste, mientras que en los electrónicos la causa principal se centra en motivaciones eléctricas.

La medición de nivel en pozos normalmente se realiza con sondas piezorresistivas. Se trata de un transductor que requiere un tratamiento cuidadoso. Su instalación se realiza generalmente en infraestructuras en explotación debido a que es infrecuente disponer de piezómetros, dentro de un tubo de hierro galvanizado, de diámetro entre 1,25 y 2 pulgadas, paralelo a la columna de impulsión. Por las dimensiones habituales de los mismos, encontramos un primer compromiso entre diámetro y fiabilidad, siendo a menor dimensión mayor complejidad tecnológica. La elección de profundidad de colocación y rango se puede obtener a partir del bombeo de ensayo y de la piezometría histórica.

Las averías más frecuentes son: Rotura completa o fisuras en cable por varias causas, inundación del equipo, rotura de transductor por golpes, depósitos de cal u óxidos y avería en electrónica por sobre-tensión.

En tubería las mediciones de caudal se realizan a partir de transductores volumétricos como es el caso de los electromagnéticos, ultrasónicos, de hélice... Todos ellos deben funcionar llenos de líquido, sin aire y con un fluido en régimen laminar. La medición en canales abiertos se realiza con transductores de nivel de tipo ultrasónico, flotador u otros; asociados a un canal cuya forma permite calcular el caudal mediante aplicación de una fórmula conocida, como lo son: el canal Parshall, el rectangular con vertedero de pared delgada y otros.

Las averías típicas se suelen producir en la electrónica para las tecnologías electromagnética (Figura 2) y ultrasónica mientras que en los de hélice o flotador suelen producirse en la parte mecánica normalmente por bloqueos.



**Figura 2.** Caudalímetro electromagnético y transductor de presión. Colocación en tubería

Existen diferentes tecnologías en la medición de variables climáticas y sus averías dependerán del tipo de transductor elegido, en el caso de la lluvia, velocidad y dirección del viento existen partes mecánicas móviles sometidas a un desgaste, el resto de transductores son electrónicos y con frecuencia integrados sobre un mismo equipo de control.

La conductividad se obtiene provocando la circulación de corriente entre electrodos y midiendo su resistencia. Son equipos

básicamente electrónicos con el electrodo inmerso en el medio, por lo que sus averías más frecuentes son: rotura de transductor por golpes, depósitos de cal u óxidos y sobre-tensiones eléctricas.

La obtención de parámetros eléctricos se realiza a través de analizadores de redes y puesto que son equipos totalmente electrónicos sus averías se producen por causas eléctricas.

### Equipos de adquisición de datos

Los sistemas de adquisición requieren equipos con capacidad local de almacenamiento de datos y prestaciones relacionadas con la topología de la red de captación, su memoria debe ser dimensionada para no perder muestras en el caso de fallo de enlace con el Centro de Control. Su modo normal de funcionamiento es como esclavo y, dependiendo del sistema de transmisión, nunca deben iniciar una comunicación (interrogación con consulta cíclica continua)

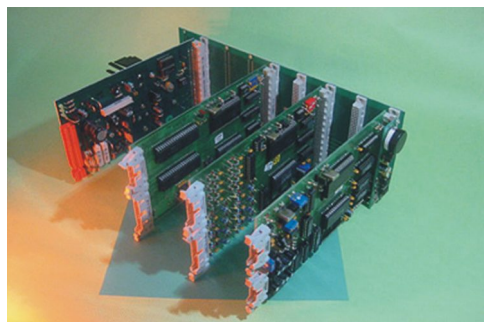
### Composición

Normalmente se componen de las sub-sistemas o tarjetas siguientes:

- C.P.U. principal, que asume las funciones de control de toda la estación.
- Entradas y/o salidas digitales.
- Entradas y/o salidas analógicas.
- Comunicaciones (serie, radio, fibra óptica...).
- Alimentación.

intercomunicadas a través de una tarjeta bus (Figura 3).

La conexión de los transductores se realiza a través sus entradas analógicas y digitales, por lo que es importante su resolución.



**Figura 3.** Composición de un equipo adquisición de datos e instalación junto con transductores

## Alimentación

Es preferible el uso de la red eléctrica alterna en la alimentación de los equipos aunque en su defecto podemos utilizar la energía fotovoltaica (Figura 4) con la servidumbre de mantenimiento que ello supone y con las debidas precauciones para protegerla del vandalismo.

## Red de transmisión

La información capturada y almacenada en las estaciones de adquisición de datos es normalmente centralizada en un sistema informático que constituye el Centro de Control, por lo que los registros deben ser transmitidos en ocasiones a grandes distancias.

Como medios de transmisión más extendidos podemos enumerar los siguientes:

- **Cable:** Es viable y económico para distancias cortas, si no hay impedimentos de instalación, y permite gran velocidad de comunicación con bajo coste de explotación.



**Figura 4.** Antena de transmisión radio y alimentación fotovoltaica

- **Telefonía móvil:** Por su extensión actual su cobertura es amplia y permite velocidades de transmisión elevadas, aunque presenta como inconvenientes: Coste de explotación elevado con cuota fija más una cuota variable según tráfico, las comunicaciones se deterioran según hora y estado de ocupación del servicio y el tiempo de conexión puede ser largo y no progresar el intento.
- **Radio trunking de uso público:** De menor cobertura, similares inconvenientes y peor velocidad que en el caso anterior.
- **Satélite:** Tecnología complicada y cautiva a coste de explotación muy elevado.
- **Radio de uso privado:** Implica la disponibilidad de una red en propiedad por lo que la inversión inicial es elevada y en ocasiones no es viable dependiendo de la extensión a cubrir, aunque sus ventajas más destacables son: Coste de explotación reducido, permite una conexión de fonía entre los emplazamientos que puede ser muy útil para tareas de mantenimiento, cualquier emisión es recibida simultáneamente por todas las estaciones y periféricos de la instalación y la avería en una estación no implica la anulación del resto del sistema (Figura 4).

Los sistemas de comunicación remota generalmente implican velocidades bajas de transmisión, por lo que existe un compromiso con el volumen de datos a generar. No es viable establecer una frecuencia de adquisición superior a la capacidad del canal.

### Sistema informático

En la actualidad no parece viable el establecimiento de un sistema de telemedida sin la incorporación de un sistema informático (ordenador y periféricos) que permita el almacenamiento y posterior tratamiento de

los valores capturados. Su composición es muy evidente por lo que vamos a incidir más en las cuestiones que afectan al dato.

### Tratamiento de datos

El tratamiento de los datos capturados requiere con frecuencia el uso de cálculos complejos y el sistema informático debe dimensionarse en función del volumen y velocidad de proceso necesarios. La evolución experimentada por los ordenadores personales permite en la actualidad su uso, para este tipo de aplicaciones, con un coste reducido.

La aplicación informática (software) para un sistema de adquisición de datos debe permitir como mínimo lo siguiente:

- Configuración remota de las estaciones para indicación de transductores conectados, automatismos definidos, alarmas y parámetros generales.
- Definición de magnitudes ficticias o calculadas a partir de una o varias medidas reales del sistema.
- Visualización de los valores instantáneos de los transductores mediante conexión en línea con la estación remota.
- Visualización de los valores instantáneos, con definición de un ciclo de interrogación automática e impresión selectiva de datos deseados.
- Volcado y almacenamiento en los ficheros históricos de los valores medios obtenidos para las magnitudes analógicas o de variación para las digitales con posicionamiento temporal de los eventos.
- Cálculo de totales de magnitudes acumulativas (caudal, horas funcionamiento, energía) y medias, con salida diaria, mensual y anual.
- Representación gráfica de la evolución de los valores históricos mediante medias, máximos, mínimos y totalizaciones con selección de periodo diario, mensual, anual y entre fechas.

- Realización de esquemas de las diferentes instalaciones, mediante módulo de dibujo con posibilidad de asignación de figuras cuya variación responderá a modificación en los valores de elementos físicos de la instalación (figura 5).
- Impresión de todos los datos de los ficheros de la aplicación.

Es importante disponer además de un módulo de detección automática de errores mediante programación de condiciones cruzadas de error con posibilidad de corrección.

Las aplicaciones estándar existentes con frecuencia no se pueden adaptar a nuestros requerimientos por lo que es necesario recurrir a implementaciones a medida con los inconvenientes que ello conlleva (precio, cautividad, etc).

## Veracidad de datos

Un aspecto vital para estos sistemas es la fiabilidad o veracidad de los datos, por lo que es necesario:

- Establecer un protocolo de comprobaciones exhaustivas en la instalación inicial.
- Elaborar un programa de controles periódicos de verificación y si el transductor lo admite de calibración y/o corrección.
- Verificar y realizar ajustes mediante comparación con la evolución prevista o estimada de las medidas.
- Efectuar comprobaciones mediante correlación entre distintas medidas (Figura 6).

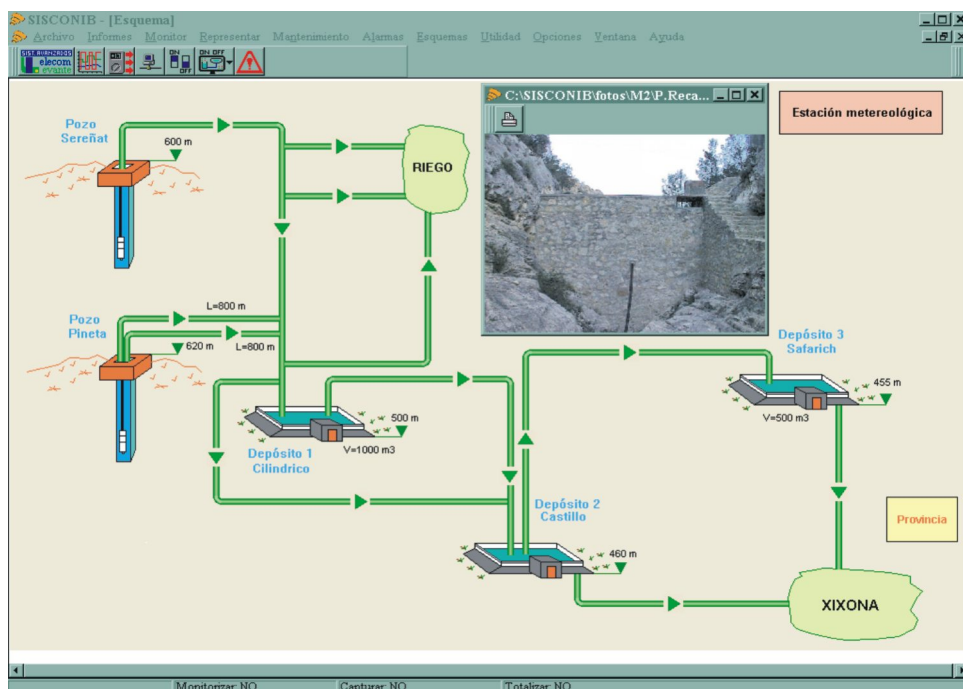


Figura 5. Representación gráfica de instalaciones de telemedida con fotografía de una Presa

