



Roberto Español Gómez
Quality Técnica Ibérica S.L.
Responsable Dpto. Validaciones
Licenciado en Ciencias Ambientales
Profesor Asociado de Física Aplicada en la
Universidad de Alcalá de Henares

La preocupación general por los problemas medioambientales en los últimos años ha acrecentado en las empresas y demás entidades de tipo público o privado el **interés por controlar la calidad de sus aguas**, así como detectar cualquier tipo de anomalía que se pueda producir como consecuencia de algún posible accidente o derivada de una manifiesta negligencia, sistemática o puntual.

Sistemas de **medición en continuo** en el control de la calidad del agua

Por otro lado, la tendencia general está cada vez más inclinada hacia el lado de la prevención que al de la corrección sistemática de errores, siendo ésta última, a su vez, una tendencia cada vez más cara y menos eficiente. Moviéndonos, por tanto, en el lado de la prevención, y una vez que un vertido ha tenido lugar, resulta de gran importancia detectarlo en el menor tiempo posible, con la mayor cantidad de datos referentes al tipo de sustancia que ha sido derramado y en un punto lo más cercano posible al lugar de donde se ha cometido, a fin de poner en marcha los mecanismos necesarios para evitar que el vertido o derrame llegue a aguas de mucho más difícil tratamiento de depuración.

El objetivo del presente artículo es describir en líneas generales qué tipo de tecnología se debe instalar con el fin de detectar cualquier anomalía que pueda acaecer en las aguas sometidas a observación en un tiempo realmente reducido. No se pretende con este sistema establecer un método de análisis en continuo que pueda reemplazar a la tradicional toma de muestras y el análisis químico de dichas muestras. Los méto-

EL SISTEMA DE MEDIDAS EN CONTINUO NO ES MÁS QUE UN CONJUNTO DE SENSORES QUE ANALIZAN CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AGUA

dos de laboratorio son, a todas luces, mucho más precisos y fiables que cualquier conjunto de sensores instalados 'en campo', ya que la calidad y el mantenimiento a realizar en éstos debería ser muy elevada si se desea obtener resultados aproximados a los obtenidos mediante cualquier método analítico en un laboratorio químico. Además, se debería tener un sensor concreto para cada especie química que se desee analizar, y eso, por lo general, no es viable en campo. El sistema de medidas en continuo que se presenta en este artículo no es más que un conjunto de sensores que analizan caracte-

rísticas generales del agua, y cuyos datos, interpretados de una manera conjunta, pueden informar en un tiempo mínimo de cualquier incidencia que haya tenido lugar. Mediante estos sensores no se pueden detectar contaminantes o especies químicas concretas (ya sea inocua o perjudicial para el medio), pero sí se puede detectar cualquier anomalía que se salga de lo común, y establecer en este caso la medida preventiva concreta (cerrar compuertas, desviar el vertido del colector general,...).

Más adelante, si se desea realizar un análisis pormenorizado del problema que se ha detectado, se recurrirá a tomar una muestra del vertido para su posterior análisis en un laboratorio en el que se analizarán con toda precisión cualquier tipo de especie química. Las características principales de este tipo de sistemas de medida en continuo se resumen del siguiente modo:

- Continuidad: Los sensores se encuentran constantemente analizando el agua y los datos son actualizados en un tiempo tan corto como se desee.
- Espontaneidad: Los análisis químicos casi siempre tienen lugar antes o después (en

la inmensa mayoría de las ocasiones, mucho tiempo antes o mucho tiempo después) de que se haya producido algún tipo de vertido o anomalía en las aguas, debido a lo cual, las medidas correctoras puede que lleguen demasiado tarde, mientras que con sistemas de medida en continuo, cualquier anomalía o señal de alarma será detectada en un intervalo de tiempo tan sumamente reducido que las medidas de actuación se hacen infinitamente más efectivas.

- Minimización de la cantidad de información a tratar: Una vez que se ha caracterizado el tipo de aguas, y los riesgos a los que está expuesto el cauce o colector, se puede simplificar enormemente el número de parámetros a estudiar, utilizando características generales de dicho agua como indicadores de cualquier anomalía que se llegue a producir.
- No necesidad de desplazarse al lugar de estudio: Un sencillo sistema de telemedida que transmita la información vía modem (o cualquier otro sistema análogo), evita los constantes desplazamientos de un especialista al lugar donde se han instalado los sensores. Tan sólo se hará necesaria una revisión técnica de los sensores y demás sistemas de captación de datos cuya periodicidad dependerá del tipo de aguas que se este analizando.

Parametrización del agua

Debido al elevado coste que supondría el instalar una sonda para cada tipo de contaminante que se quiera detectar, la tendencia general es utilizar una serie de 'medidas indirectas' que nos informen acerca de si las aguas que se están analizando han sufrido algún tipo de alteración físico-química. Este tipo de alteraciones se localizan en base a anomalías visibles en tendencias típicas preestablecidas para ese tipo de aguas. Por lo general, las aguas de cauces naturales poseen unas características dadas y con muy ligeras variaciones de unos lugares a otros, de tal suerte que en ellas es muy fácil detectar cualquier anomalía que afecte a esos 'estándares', influenciadas únicamente por las variaciones de tipo geográfico.

Por el contrario, en aguas de origen antropogénico o residuales, las variaciones geográficas son mucho menos marcadas (dentro de ciudades del mundo desarrollado), definidas dichas variaciones por el sector industrial o tipo de asentamiento que origina dichas aguas. Es por ello que en este último tipo de aguas se requiere de un 'estudio de

parametrización' de este agua, tras el cual se establecen unos valores medios y unas variaciones de dichos valores que se pueden llegar a considerar 'tipo' para esas aguas en concreto. Las anomalías a detectar, por tanto, se establecerán en base a este estudio previo. Por ejemplo, para un río de muy baja carga contaminante, una variación en el pH que lo haga bajar por debajo de 7 podría ser un claro signo de alarma de que ha tenido lugar un vertido de características ácidas. En cambio, en una industria de tipo láctico que vierte al colector general aguas residuales provenientes de su proceso de fabricación, podría tener un pH generalmente entre 6'0 y 6'5, y la señal de alarma sólo tendría lugar cuando se bajara por debajo de dichos valores.

Por tanto, para cada caso, y antes de establecer los límites concretos para ese tipo de aguas, se requiere de un estudio de para-

LA TENDENCIA GENERAL ES UTILIZAR UNA SERIE DE 'MEDIDAS INDIRECTAS' QUE NOS INFORMEN ACERCA DE SI LAS AGUAS QUE SE ESTÁN ANALIZANDO HAN SUFRIDO ALGÚN TIPO DE ALTERACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

metrización del agua, el cual nos dará la información básica para tratar cada problema de una manera mucho más eficiente. Por otro lado, otro aspecto de gran importancia a señalar es el caudal típico de las aguas a tratar. En los cauces naturales el caudal suele ser bastante más elevado que en cauces de tipo antropogénico, y es por ello que cualquier contaminante, al ir más diluido, es mucho más difícil de detectar y los límites que se van a considerar 'alarmantes' deben ser, por tanto, mucho más estrechos. Continuando con el ejemplo descrito antes, en un río natural, las oscilaciones de pH que se pueden considerar normales están en un rango de $\pm 0,2^\circ$; sin embargo, en una industria las oscilaciones pueden llegar a ser de $\pm 1,0^\circ$, dependiendo de si nos

encontramos en horario de fabricación o no, o del tipo de producto que se esté fabricando.

Parámetros más comunes que se suelen determinar

Una vez que se han establecido las 'características base' y la oscilación temporal (diaria, semanal, mensual,...) de las aguas sometidas a estudio, se procederá a seleccionar los sensores y el tipo de instalación más idónea para cada caso.

En la inmensa mayoría de los casos las sondas que se suelen instalar por ser las que mayor cantidad de información ofrecen y por ser las de mayor relación efectividad/precio:

- pH
- Conductividad
- Temperatura del Agua y Temperatura Ambiente
- Concentración de Oxígeno disuelto
- Turbidez
- Caudal

En casos concretos, en los que se pretende detectar o controlar la concentración de un contaminante concreto en el vertido, se pueden instalar, complementando o sustituyendo a alguno de los anteriores, una sonda específica para esa especie química. Esto se hace en muchas industrias que ya disponen de un extenso historial de analíticas de sus aguas, y permite una precisión aún mayor a la hora de establecer las 'señales de alarma'.

pH

Este parámetro es uno de los más estudiados y los sensores de este tipo son posiblemente los más extendidos dentro del mundo industrial y el estudio de la naturaleza.

No es un parámetro (tal y como ya se ha mencionado antes) que informe 'per se' de la presencia de una especie química concreta en el seno del fluido, sin embargo, la mayoría de los vertidos de tipo industrial suelen tener una incidencia que se refleja claramente en el pH, ya que se suele modificar la concentración de iones OH⁻ o H⁺.

Por supuesto, un vertido de características ácidas incrementará la concentración de ión H⁺ en el agua, y a la inversa ocurrirá si el vertido es de características básicas. Este aspecto depende enormemente del tipo de industria de que se trate, e, incluso del proceso que esté teniendo lugar en un momento concreto. Las oscilaciones pueden llegar a ser tan elevadas y estar tan marcadas que se podría llegar a establecer un

calendario de funcionamiento de la empresa con sólo analizar el efluente final. Por ejemplo, en una empresa de fabricación de productos lácteos, durante las horas de fabricación, la presencia de ácido láctico y otros contaminantes semejantes podría hacer bajar el pH por debajo de 6,0 o 5,5; en cambio, en las horas en las que se realiza la limpieza de las cubas y contenedores con productos tales como sosa, dicho valor de pH podría subir por encima de 8,5 o 9,0.

En otros casos, los mismos contaminantes o las reacciones químicas de dicho contaminante con el tipo de aguas específico, no dan lugar a un reflejo claro en el pH, y es en estos casos cuando se debe complementar la información con la obtenida por medio de otros sensores.

No sólo resulta de gran importancia la determinación del valor de pH a la hora de detectar un vertido contaminante, sino que se debe controlar de manera muy efectiva si se dispone de un sistema de depuración de aguas para el tratamiento de dicho efluente (sobre todo si el tratamiento dispone de un reactor biológico, ya que las bacterias sólo sobreviven en un estrecho margen de valores de pH). Además, muchos procesos de depuración de aguas basados en la precipitación química exigen de un pH del agua concreto para llegar a ser efectivos.

Por último, otro aspecto claramente reseñable en lo referente a este parámetro es la relación entre los metales disueltos y el pH del agua, ya que a un valor de pH por encima de 7,5 suelen precipitar la mayoría de los metales presentes en el agua. Este dato resulta de gran interés en empresas cuyos vertidos puedan tener esta característica.

Cabe destacar que la legislación aplicable a los vertidos industriales al colector no permite un pH que se encuentre por debajo del límite inferior de 6,0 o por encima del superior de 10,0, con graves multas o penalizaciones para empresas que incumplan este aspecto.

Muy comúnmente se suelen instalar bombas de ácido o sosa conectados directamente a estas sondas de pH, de tal manera que cada vez que se supera alguno de los límites concretos, esta bomba se pone en funcionamiento añadiendo el reactivo necesario para neutralizar en cada caso. Esta adición de ácido o sosa suele realizarse en depósitos o balsas de homogeneización en depuradoras de aguas residuales, aunque ya es muy común ver este tipo de instalaciones en empresas que posean sistemas de prevención o corrección de vertidos.

La medida de pH es un parámetro que depende fuertemente de la temperatura, por ello es necesario instalar sondas que sean además capaces de leer temperatura y de compensar el valor obtenido.

CONDUCTIVIDAD

Este parámetro informa sobre la presencia de iones o compuestos iónicos disueltos en el agua. La mayoría de los contaminantes, al

EL PH SE DEBE CONTROLAR DE MANERA MUY EFECTIVA SI SE DISPONE DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS PARA EL TRATAMIENTO DE DICHO EFLUENTE

entrar en contacto con el agua (que actúa como disolvente) se disocian en los iones que lo componen, de tal manera que analizando la diferencia de potencial que se establece en el seno del fluido debido al desplazamiento de las cargas, se puede obtener una idea de la concentración de iones en dicho fluido. Los electrolitos fuertes (tales como ácido clorhídrico, nítrico o sosa) tienen un grado de disociación mayor, de tal manera que al entrar en contacto con el agua producen un gran incremento en la conductancia de esta.

Este parámetro es característico y depende básicamente del tipo de aguas, de tal manera que el agua de un río y un lago suele tener entre 1 y 2 mS/cm, mientras que un vertido de ácido sulfúrico o de sosa puede llegar a tener hasta 500 o 1000 mS/cm.

Es decir, aunque no se conozca a priori el tipo de especies químicas contaminantes presentes en el vertido o su concentración, lo que sí se puede hacer es establecer unas 'señales de alarma' a partir de ciertos valores de conductividad electrolítica.

La conductividad electrolítica, al igual que el pH, depende fuertemente de la temperatura del fluido, por ello se hace necesario también instalar equipos de medida capaces de compensar automáticamente el valor obtenido con la temperatura actual del agua.

Una conductividad alta podría provocar terri-

bles efectos negativos en sistemas de depuración biológica, lo cual podría evitarse derivando el agua con el vertido antes de que ésta llegase al colector. Una vez que el agua contaminada ha sido depositada y almacenada en otro espacio destinado a tal efecto se puede llevar a cabo la decantación de los contaminantes en forma de partículas sólidas mediante un sistema de precipitación química, añadiendo los reactivos químicos apropiados. Todo ello, tras llevar a cabo un análisis químico del vertido, que nos indicará cual es la composición específica de las especies químicas contaminantes y su concentración. No obstante, cuando el vertido proviene de una industria concreta, en la mayoría de los casos es relativamente fácil saber qué especies químicas se encuentran presentes en el vertido, sin necesidad de recurrir a analíticas de laboratorio. Esto es así porque en la mayoría de las empresas los compuestos contaminantes están perfectamente identificados y se sabe en qué momentos son utilizados en el proceso productivo.

TEMPERATURA DEL AGUA Y TEMPERATURA AMBIENTE

En muchos tipos de industrias el vertido que va a parar a un río o a cualquier otro tipo de colector presenta unas condiciones térmicas tales que al entrar en contacto con el cauce receptor los efectos sobre la biota o los microorganismos podrían llegar a ser muy graves. Es por ello que controlar este parámetro resulta de gran importancia, sobre todo cuando, como ya se ha dicho, el medio con el que va a entrar en contacto el vertido es un río o un lago natural.

En estos casos el sistema de prevención es bastante más sencillo que en los casos anteriores, y se basa solamente en el establecimiento de balsas o de depósitos de homogeneización térmica, que pueden perfectamente estar contruidos 'al aire libre', y cuyo único cometido es dejar el agua contaminada térmicamente almacenada durante un tiempo tal que la temperatura se llegue a adaptar a la del cauce receptor. Es decir, cuando la sonda de temperatura que se encuentra sumergida en el fluido alcanza el 'valor de alarma', las compuertas de salida hacia el colector se cierran automáticamente evitando así que el agua abandone el recinto de fábrica y entonces sólo hay que dejar que el agua se enfríe (o se caliente, según sea el caso) hasta que alcance la temperatura idónea. Cuando esto ocurra, se vuelven a abrir las compuertas y se deja salir el agua. En empresas en

las que este tipo de contaminación térmica tiene lugar con bastante frecuencia, se hace necesaria la construcción de las antes mencionadas balsas o depósitos de homogeneización térmica, que no son más que piscinas 'abiertas al aire libre'.

Por otro lado, resulta imprescindible disponer de un equipo que registre la temperatura ambiente, ya que sólo estableciendo una correlación entre la temperatura del fluido y la del ambiente (siempre teniendo en cuenta los diferentes calores específicos e inercia térmica de ambos medios) es posible detectar que la anomalía térmica del vertido es debida al propio fluido.

Cuando se instalan estas 'parejas de sondas' en cauces naturales el objetivo no sólo es detectar vertidos de tipo contaminante, sino también establecer una relación entre la actividad biológica que tiene lugar en el medio y la temperatura a la que se encuentra éste. En la mayoría de los casos no es necesario instalar sondas de temperatura independientes a las ya descritas, ya que cualquier sonda de pH o de conductividad que disponga de un sistema de compensación con la temperatura lleva inevitablemente incorporadas este tipo de sondas, con su correspondiente indicación y señal analógica para ser registrados.

OXIGENO DISUELTO

Este parámetro es posiblemente el más específico de los descritos en este artículo, sin embargo ha sido elegido por tener una gran importancia en vertidos industriales de tipo orgánico. Es decir, actualmente, las medidas en continuo de parámetros tales como la DBO y la DQO suelen ser bastantes costosas, requieren de un alto coste de mantenimiento y los datos ofrecidos son aún de dudosa fiabilidad. Es por ello, que en la inmensa mayoría de los casos se recurra a análisis químicos de laboratorio con el fin de obtener dichos parámetros químicos.

Cuando se produce un vertido contaminante al medio en el que se encuentra presente un poderoso agente oxidante la concentración de oxígeno disminuye rápidamente, pudiendo llegar a ser cercano a cero en muy poco tiempo. Las condiciones de anoxia producen en el agua efectos muy indeseables y la biota suele verse también muy negativamente afectada. Ello sin contar con las dificultades añadidas de depuración en plantas de tratamiento de aguas residuales.

En el caso de que el vertido tenga una alta concentración de materia orgánica biode-

gradable la concentración de oxígeno también puede disminuir rápidamente. En los lagos y embalses suele tener lugar el más que conocido proceso de eutrofización, cuyo tratamiento es altamente dificultoso. Igualmente, si la concentración de materia orgánica es alto, su tratamiento de depuración biológica suele incrementarse en gran medida en tiempo, coste y dificultad.

Para la mayoría de las empresas el canon

EL PARÁMETRO DE TURBIDEZ SE UTILIZA PRINCIPALMENTE EN PLANTAS DEPURADORAS Y EN COLECTORES DE AGUA INDUSTRIAL

que hay que pagar por los vertidos al colector depende, entre otras cosas, de los valores de DBO y DQO, y, por su estrecha relación con la curva de oxígeno disuelto, resulta de gran interés controlar este parámetro en las aguas residuales.

El agua, en función de su temperatura, posee una concentración máxima de saturación de oxígeno. Por lo general, cuanto mayor es la temperatura del agua, menor es la cantidad de oxígeno que puede retener. Por ejemplo, a una presión de 1013 hPa, un agua que se encuentre cercano a 0 °C tendrá un valor de saturación de oxígeno de casi 15 mg/l.; en cambio, ese mismo agua, a 20 °C, tendrá un valor de saturación de oxígeno disuelto de 9 mg/l. Conociendo, pues, la temperatura del agua, y su concentración actual de oxígeno, se puede saber la presión parcial de este gas, la cual, como ya se ha dicho antes, es de vital importancia en los procesos físico-químicos y biológicos que van a tener lugar en el seno del fluido. Por lo general, un agua muy contaminada suele presentar valores muy bajos de presión parcial de oxígeno en disolución. Esto contribuye al desarrollo de reacciones químicas (bacteriológicas) de tipo anóxico, con la consecuente formación de gases tales como metano y sulfhídrico, que le dan al agua unas condiciones de gran insalubridad.

TURBIDEZ

La relación entre este parámetro y la con-

centración de partículas o coloides en suspensión se puede considerar muy estrecha, y por tanto, la medida de la turbidez nos informará, de una manera constante y segura de la cantidad de sólidos en suspensión que encontramos en un vertido.

Generalmente, la turbidez no es un parámetro muy estudiado en cauces naturales, debido a la altísima concentración de algas y pequeños organismos presentes en el agua (colonias de algas unicelulares, pequeños crustáceos y otros microinvertebrados...), y cuyo modo de vida se basa en mantenerse suspendidos en el agua. En vertidos acuosos de origen industrial, en cambio, la presencia de organismos de pequeño tamaño en suspensión es relativamente baja (aunque la concentración de colonias bacterianas, tales como coliformes fecales, de gran peligrosidad para el ser humano, o algas unicelulares sea mucho más elevada). Este parámetro, por tanto, se utiliza principalmente en plantas depuradoras y en colectores de agua industrial (para detectar partículas de pequeño y mediano tamaño que se encuentren en suspensión en el agua).

La unidad de medida generalmente son los NTU's o FTU's (Unidades Nefelométricas de Turbidez), pudiéndose llegar a establecer una relación entre estas unidades y los mg/L de sólidos en suspensión. No obstante, para el caso que nos lleva, y en la mayoría de los procesos, este parámetro es utilizado de una manera casi 'cualitativa'. Es decir, una vez que se ha parametrizado el tipo de aguas que se va a someter a control, se establece entre los parámetros de estudio un valor estándar de turbidez, y las variaciones con respecto a dicho valor estarán en función del proceso industrial que está teniendo lugar y de su intensidad de producción. Por ejemplo; en una empresa farmacéutica, tras realizar el proceso de parametrización, se observa que el valor de turbidez para sus aguas residuales está en torno a 20 NTU's en días festivos, fines de semana y noches, es decir, en horas de no producción. En cambio, en días de producción dicho valor de turbidez puede alcanzar los 50 o 60 NTU's (debido a la presencia de aglomerados de aceites y grasas y otras sustancias de origen lácteo tales como proteínas, que viajan en suspensión en el seno del agua); y en picos de producción se observan valores de hasta 80 NTU's. Si en algún momento los sistemas de medida detectan valores por encima de los anteriores, esto podría indicar, incluso, un fallo en el sistema productivo o

un vertido ilegal de alguna parte de la cadena productiva.

Los sensores de turbidez son posiblemente los más caros del mercado, rondando su precio, en muchos de los casos, los seis mil euros. El rango de medida y la precisión depende en gran medida del proceso industrial, sin embargo, se ha observado que en la mayoría de los casos, el rango de 0 a 200 NTU's es suficiente, con una precisión de 1 a 5 NTU's. Es necesario, además, que la sonda disponga de un sistema de auto-limpieza programable. Esto es así porque si las partículas se empiezan a aglomerar en la sonda, la medida tomada está falseada y se podrían detectar valores de turbidez que nada tienen que ver con la realidad.

Las medidas de turbidez son de gran utilidad a la hora de determinar el rendimiento de un sistema de depuración mecánico, situándose en esos casos una sonda a la entrada del sistema de depuración y otra a la salida, en el agua ya clarificada.

CAUDAL

Este es, sin duda, uno de los parámetros más importantes, pero de más difícil y costosa instalación. Inevitablemente, para una medida de caudal del agua siempre se hace necesaria una medida de velocidad del fluido y el área de la sección que está circulando. Ambas medidas deben de ser relativamente precisas y en la mayoría de los casos esto es extremadamente difícil en cauces 'abiertos'.

En los cauces de origen natural, al ser tan variables las condiciones en el flujo y la anchura del cauce, es casi imposible instalar un sistema de medición fiable. Se hace necesaria una obra civil de gran envergadura, la cual, además, podría producir un enorme impacto ambiental negativo en la biota del río. Todo ello sin contar los enormes gastos de mantenimiento que supondría mantener en un río, en perfectas condiciones y sin deteriorarse, un canal artificial.

En las plantas industriales, la medida del caudal suele ser bastante más factible, pero igualmente dificultosa. Muchas empresas optan por realizar las medidas usando caudalímetros instalados en la sección de las tuberías. Este es posiblemente el sistema más fiable, pero no siempre es posible.

En muchos otros casos, la medida ha de realizarse en un colector 'abierto' (a la salida de una depuradora, por ejemplo), para lo cual es necesario llevar a cabo una obra civil. Dicha obra consiste en la creación de un

canal artificial de unas medidas estándar en el que el agua siga un comportamiento que nos permita tipificar su velocidad. La otra variable, la sección, se obtiene a partir de lo siguiente: conociendo la anchura del canal en el punto de medida, la cual es fija, se realiza una lectura de su altura (o de su profundidad, que es lo mismo), siendo esta la única variable.

Por tanto, en sistemas de medida en 'canales de proporciones estándar' (canales Venturi, Parshall,...), la determinación del caudal se realiza a partir de un sistema que mide la altura del agua. Sistemas para medir la altura de una lámina de agua hay muchos en el mercado. Algunos se basan en la medida de la presión del agua que tienen por encima (para lo cual es necesario que las sustancias que lleva disueltas el agua no varíen en exceso su densidad); otros se basan en sistemas de ultrasonidos que 'rebotan' contra la superficie del agua (para lo cual es necesario instalar el sistema adecuado que impida la presencia de cuerpos extraños o espumas flotando en la superficie).

Resulta de gran importancia evitar que se sature de suciedad y de cuerpos extraños el canal por el que ha de circular el agua, debido a que, en dicha situación, las proporciones y variables que asegura el canal no se mantendrían y, por tanto, la medida de caudal no sería correcta.

Además, si el canal no está lo suficientemente limpio, se podría generar un flujo turbulento en el seno del fluido que podría originar remolinos y otros movimientos no laminares del agua que podrían invalidar la medida.

Mantenimiento de la instalación de medida

La instalación de un sistema de sensores del tipo y características que se han descrito en el presente artículo debe realizarse siempre en zonas donde el agua llegue con la menor carga de partículas de mediano y gran tamaño en suspensión, ya que esto podría dañar de manera permanente los sensores. En la mayoría de los casos, la instalación de una rejilla en el canal antes de llegar a los sensores es una medida de prevención más que suficiente. En otros casos se deberá proteger los sensores con sistemas que permitan que cada sonda se encuentre siempre sumergida, pero a salvo de impactos.

La mayoría de los sensores requieren de un mantenimiento sencillo y poco costoso. Es imprescindible que todos los sensores dispongan, al menos, de una protección IP65

en su caja de conexiones exterior, así como de un sistema de anclaje que permita la extracción y manipulación de la sonda de una forma cómoda y segura (para llevar a cabo la limpieza periódica de los sensores, por ejemplo).

El primer aspecto a considerar en una instalación de estas características es el hecho de que las sondas se ensucian con el tiempo, y se hace necesario, por tanto, limpiarlas periódicamente, para asegurar que las medidas ofrecidas son reales. La frecuencia de limpieza de los sensores depende del tipo de sensor (ya que algunos disponen de sistemas de autolimpieza) y de las condiciones en las que se encuentren trabajando. Un agua que generalmente lleva aceites y grasas en suspensión suele ser el peor enemigo de este tipo de sensores. Generalmente, las sondas se limpian usando agua y detergentes comunes poco agresivos. En otras ocasiones, y cuando el grado de ensuciamiento es mucho más elevado, será necesario sustituir o reparar determinadas partes del sensor.

Es necesario también llevar un programa de calibración de los sensores. En la inmensa mayoría de ellos, tan sólo será necesario utilizar soluciones patrón certificadas, las cuales deben corresponder a las especificaciones técnicas del equipo que se debe fabricar y al rango de medida en el que la sonda trabaja. Por ejemplo, resultaría absurdo calibrar una sonda de turbidez que generalmente trabaja en torno a 30 NTU's con una solución patrón de 500 NTU's.

En algunos sensores se deberá calibrar también la transmisión desde la sonda hasta el equipo lector, así como la salida analógica (o digital), a fin de asegurar que el registro de datos o su transmisión corresponden con lo medido por la sonda.

Algunas sondas tienen un tiempo de vida 'limitado' y según el tipo de aguas en el que se encuentran se hará necesaria su sustitución al cabo de una serie de años (o meses) de funcionamiento. El resto del equipo (la electrónica fundamental) se mantiene inalterable y el consumible que se reemplaza en la sonda suele ser de un precio relativamente bajo que apenas supone, en la mayoría de los casos un 10% del precio total del equipo.

No obstante, insisto en la idea de que una limpieza periódica, adecuada a las condiciones en las que se encuentra el equipo, suelen ser un factor que prologa la vida útil de la sonda mucho más tiempo del que cabría esperar normalmente.