

# Boletín de Información al Regante

BOLETÍN TRIMESTRAL

Junio nº19

## >Agenda:

El Consejero Gonzalo Arguilé visita las obras finalizadas de modernización de regadío de la finca de la Alfranca y conoce las últimas iniciativas desarrolladas en este escenario relacionadas con la transferencia tecnológica

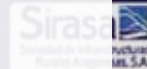


Oficina del Regante

## Predicción Meteorológica

Inicio Conócenos Datos M Formación

ramas de Gestión



Oficina del Regante  
Plaza Antonio Beltrán Martínez, 1  
3ª Planta. 50002 ZARAGOZA

Tlf: 976 302268  
Fax: 976 214240  
e-mail: [oficinaregante@sirasa.net](mailto:oficinaregante@sirasa.net)  
<http://oficinaregante.aragon.es>

## >Especial:

# Ya está activado el servicio de predicción meteorológica

Requisitos de los programas de gestión del agua

Auditorías energéticas en las comunidades de regantes

Estudio de los métodos de control contra la plaga del mejillón cebra en la cuenca del Ebro.

La Oficina del Regante ha desarrollado un protocolo de trabajo para la realización de auditorías energéticas en las comunidades de regantes, ajustado al modelo que el IDAE. Podrán beneficiarse de estas ayudas que hayan solicitado la ayuda por medio de la red de la Oficina del Regante.

SIRASA y la Universidad de Zaragoza, son las principales promotoras del proyecto Control del Mejillón Cebra y sus afecciones en la cuenca del Ebro, aprobado por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM). Para el próximo mes de junio tendrá lugar un taller de intercambio de información en el ...

© 2009 SOCIEDAD DE INFRAESTRUCTURAS RURALES ARAGONESAS S.A. inscrita en el Registro mercantil de Zaragoza, Tomo 2630, Libro 157, Hoja Z-28395, Inscrp. 1. CIF: A50867761

>> Acceda a él a través de la página web de la oficina del regante

## >Noticias:

### Incorporadas a la red SIAR las estaciones de Pastriz, Santa Cilia y Calatayud

# Ya está activado el servicio de predicción meteorológica

Acceda a él a través de la página web de la oficina del regante

La Oficina del Regante implementa su página web con un servicio de predicción meteorológica que permitirá conocer con antelación las necesidades hídricas demandadas por los cultivos. **Consúltelo a través del menú:** Predicción Meteorológica

La Oficina del Regante de Sirasa, gestiona el mantenimiento y la gestión de los datos aportados, por la red de estaciones agroclimáticas instaladas en la Aragón e integradas dentro de la red SIAR. Agrupa un total de **49 estaciones**. El objetivo de esta red es **optimizar las operaciones de riego** en explotaciones agrícolas a través de un conocimiento local de las variables meteorológicas que influyen en el estado hídrico del complejo suelo-vegetación: aportes (precipitación) y pérdidas (evapotranspiración). Las variables observadas son: precipitación, temperatura y humedad del aire, viento (velocidad y dirección) y radiación solar.

Las estaciones recogen información que, por una parte, permite el conocimiento de las condiciones medias y extremas esperables a lo largo del año (conocimiento "climatológico", que reside en las series históricas de cada estación). Además, habilita el conocimiento de la situación en tiempo real, lo que faculta para realizar recomendaciones diarias de dosis de riego.

La utilidad actual de esta red es muy patente. Sin embargo, el desarrollo tecnológico en el campo de la meteorología permite

**incrementar sensiblemente esta utilidad** mediante la generación de **predicciones específicas para cada estación**. Las predicciones, con un alcance temporal de 10 días, posibilitarían una optimización de la toma de decisiones de los gestores agrícolas en varios campos:

- planificación de **dosis de riego**: mediante el conocimiento de los valores esperados de precipitación y evapotranspiración para los próximos días
- prevención de **daños por helada**: gracias a las predicciones de riesgo de helada
- prevención de **daños por golpe de calor**: al contar con predicciones de temperatura capaces de detectar las rampas térmicas peligrosas y valores absolutos
- planificación de **tratamientos fitosanitarios**: mediante el conocimiento de los valores esperados de viento y precipitación, que afectan a la aplicabilidad de los mismos. Eventualmente si se trata de plagas de ciclo muy rápido podría considerarse la posibilidad de utilizar las predicciones para dar una previsión de la fenología de las mismas.

## Características de las predicciones

El sistema de predicción permitirá suministrar predicciones específicas para cada una de las 35 estaciones seleccionadas, con las siguientes características:

### Variables:

#### > Directas:

- **viento** (velocidad y dirección),
- **temperatura**,
- **humedad relativa**,
- **radiación solar**,
- **precipitación** (cantidad y naturaleza -lluvia, nieve-).

#### > Derivadas:

- **evapotranspiración potencial** (según Penman-Monteith, permitiría, junto con la precipitación, la aplicación de la metodología de cálculo de dosis de riego -según tipo de cultivo, grado de desarrollo del mismo y metodología de riego-),
- **helada** (probabilidad de), la helada puede clasificarse según su severidad de acuerdo al valor mínimo de temperatura que se espere y a la duración en horas del período de temperaturas negativas. En este sentido se pueden definir distintos niveles de helada.
- **temperaturas altas críticas** (pro-

babilidad de), al igual que con la probabilidad de helada, aquí también se pueden definir distintos niveles de criticidad atendiendo a valores máximos y duración de los mismos.

- **otros índices** sugeridos por SIRASA y derivables de las variables meteorológicas directas.

#### Alcance:

10 días. Desde H+06 hasta H+240.

#### Resolución temporal:

> horaria: se facilitarán los valores esperados para variable y cada una de las 240 horas del alcance desde H+06 hasta H+240.

> diaria:

- para el caso de las variables precipitación, radiación y evapotranspiración, se facilitarán los valores acumulados en 24 horas, para cada uno de los 10 días del alcance

- para la variable temperatura, se facilitará la temperatura mínima y máxima de cada día

- para la variable humedad, se aportará los valores máximo y mínimo de cada día

- para la variable viento se facilitará la dirección predominante en el día y la velocidad media diaria

- para las variables helada, golpe de calor y temperaturas críticas, se aportará la probabilidad de ocurrencia en cada uno de los 10 días

#### Actualización:

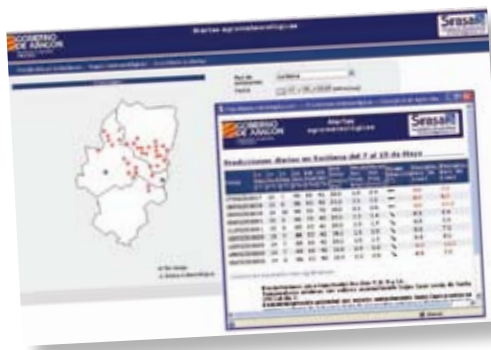
cada 24 horas, a las 06UTC. La hora peninsular española es igual a la hora UTC+1 en invierno e igual a la hora UTC+2 en el verano.

#### Expresión:

probabilística, incorpora la incertidumbre asociada a la predicción. Toda predicción meteorológica lleva asociada una incertidumbre (o error esperable de la predicción)

que varía continuamente en función de la situación actual atmosférica, el alcance, la variable y la localidad para la que se realiza. La incertidumbre crece normalmente con el alcance de la predicción (es decir que la incertidumbre suele ser mayor para el día D+7 de la predicción que para el día D+1) pero no siempre es así. Meteorológica cuantifica la incertidumbre de cada predicción y la incorpora a la propia previsión mediante una expresión probabilística de la misma.

· Para las variables temperatura, humedad, radiación y viento eso implica que la predicción incorpora el valor esperado de la variable y un intervalo de confianza del 80% (eso significa que la observación debe registrarse a posteriori, en un 80% de las ocasiones dentro del citado intervalo de confianza).



· Para la variable precipitación la predicción se expresa mediante la probabilidad de que ésta se presente en diversos rangos (Prec=0mm; 0<Prec<5mm; 5<Prec<10 mm; 10<Prec<15 mm; 15<Prec<30 mm; 30<Prec<50 mm; 50mm<Prec)

· Para las variables helada, golpe de calor y temperaturas críticas, la predicción se expresa mediante la probabilidad de que ocurran, en el día en cuestión, cada uno de estos fenómenos.

Es muy relevante que la predicción probabilística sea "fiable" en el sentido estricto del

término. La definición técnica de "fiabilidad" es la siguiente: se dice que un sistema de predicción probabilístico (para una variable y estación) es fiable, cuando la predicción de probabilidad de ocurrencia de un fenómeno coincide con la frecuencia observada del mismo a posteriori. Por ejemplo, pongamos el caso de una predicción que para cierta estación, y para un día determinado, ofrece una probabilidad de helada del 70%. Si se trata de un sistema de predicción fiable, la helada debe ocurrir en 7 de cada 10 días en los que el sistema haga una apuesta semejante. Los sistemas de predicción de Meteorológica son fiables en este sentido técnico. Esta cualidad es muy importante porque el usuario conoce el riesgo que asume en las decisiones que toma basadas en la información meteorológica.

#### Formato:

Las predicciones se facilitan en el formato o formatos más convenientes para SIRASA:

> En formato compatible con el **entorno de SIRASA**, mediante una web de difusión pública para el uso habitual de los usuarios de SIRASA. Esta web contienen tablas de predicción para la estación deseada, mapas meteorológicos y alertas.

> En **cualquier formato** (ASCII, XML, CSV, Excel, TXT...) que requiera SIRASA para su lectura automática o personal (gráficos).

> **Web de acceso restringido** para SIRASA con el fin de tomar decisiones y conocer los resultados de las predicciones de forma técnica, mediante gráficos e índices de error.

> **Sistema de alertas por correo electrónico:** el servicio contempla un sistema de alertas agrometeorológicas automático para la estación de interés. El usuario recibirá en correo electrónico de los eventos severos o anómalos en la estación para los próximos días, en el caso de producirse.

## Compensación de energía reactiva

# Una inversión de alta rentabilidad

La mayor parte de cargas industriales (motores, transformadores, alumbrado fluorescente y otras), absorben potencia activa y en general, potencia reactiva de tipo inductivo. Cualquier motor, reactancia o transformador necesita para su funcionamiento la creación de un campo magnético. Esto produce un desfase entre la U y la I, que se denomina Factor de Potencia. La inducción magnética aparece al hacer circular una I a través de un arrollamiento, creándose un campo magnético que se induce sobre un segundo arrollamiento, que puede ser fijo (transformadores y reactancias) o móvil (motores). Por esto, de la energía entregada a la red, una parte se utiliza para la generación de trabajo (energía activa) y otra para la generación del campo magnético (energía reactiva). Esto implica un consumo de corriente extra (corriente reactiva) y por tanto una corriente total mayor que la estrictamente necesaria para obtener el trabajo útil, produciendo pérdidas innecesarias en la instalación y obligando a un mayor dimensionamiento de los generadores y líneas de transporte.

Por este motivo, en aquellas aplicaciones donde el equipamiento eléctrico lo constituyen motores, bombas, iluminación con balastos, refrigeración etc., la compañía eléctrica facturará, además de la potencia activa,

una penalización por exceso de consumo de Potencia Reactiva.

Desde el punto de vista de la distribución eléctrica, tanto de la industria dedicada a su generación como de la propia industria que la consume, la existencia de la energía reactiva no es asumible desde un punto de vista económico. Es por ello que sucesivos Reales Decretos permiten a las compañías eléctricas la aplicación de penalizaciones en sus facturas según el nivel de energía reactiva. En este sentido, el RD 1164/2001, Art. 9.3, publicado en el BOE el 31.12.2009, establece una nueva tarificación, de manera que a partir del 1 de enero del 2010, aumentan significativamente las penalizaciones por consumo de energía reactiva, según la siguiente tabla:

Cos $\phi$	Ahora	Antes	Aumento
	€/kVarh	€/kVarh	(%)
0,95 < Cos $\phi$ < 1	0	0	0%
0,90 < Cos $\phi$ < 0,95	0,041554	0,000013	319546%
0,85 < Cos $\phi$ < 0,90	0,041554	0,017018	144%
0,80 < Cos $\phi$ < 0,85	0,041554	0,034037	22%
Cos $\phi$ < 0,80	0,062332	0,051056	22%

A destacar el tramo en el que el factor de potencia está entre los valores 0.90 y 0,95, en el que el incremento de la penalización por reactiva aumenta de manera espectacular. Esta nueva tarificación tiene como con-

secuencia que, instalaciones que en el año 2009 apenas pagaban penalización por consumo de reactiva, tengan ahora que soportar una fuerte penalización por este concepto.

Un alto consumo de energía reactiva se produce como consecuencia de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la instalación.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Ante este problema, la mejor solución consiste en instalar una batería de condensadores para compensar el factor de potencia. Estos equipos generan una energía reactiva capacitiva de signo contrario a la energía



Fig. 1 Modelo de batería de condensadores..

reactiva que consumen las cargas inductivas. Así se consigue corregir el factor de potencia o coseno de Phi, de manera que éste alcance un valor cercano a la unidad, obteniéndose los máximos beneficios en términos de reducción de pérdidas y penalizaciones en la energía facturada por parte de la compañía.

A la hora de calcular la potencia de la batería de condensadores necesaria en cada instalación, lo más práctico es hacer un estudio de las facturas eléctricas de la compañía suministradora, siendo conveniente hacerlo con un mínimo de 6 facturas.

Durante los primeros meses después de la instalación de una batería de condensadores para la corrección del factor de potencia, el ahorro en la factura se destina a sufragar los gastos de la compra e instalación del mismo. Una vez pasados estos meses, el funcionamiento del equipo revierte en una disminu-

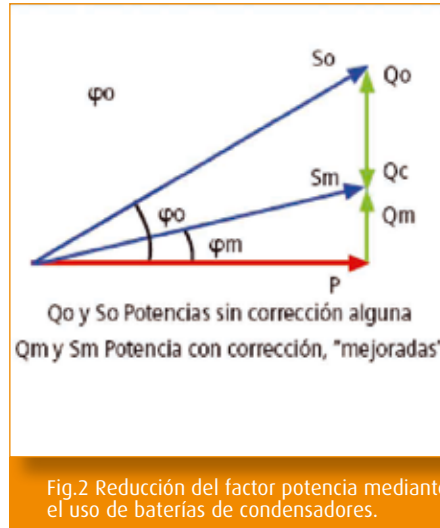


Fig.2 Reducción del factor potencia mediante el uso de baterías de condensadores.

ción de los costes fijos de la empresa. Con la nueva tarificación actual, este periodo de amortización del coste de la batería puede ser inferior a un año, aunque esto puede variar según el caso.

De lo expuesto se deduce que las ventajas de la instalación de equipos para la compensación de energía reactiva son básicamente económicas:

- 1.- Reducen la factura de electricidad.
- 2.- Mejoran el rendimiento de la instalación, ahorrando en inversiones para ampliación de líneas, protecciones y cuadros en general.
- 3.- Con la disminución de la energía necesaria para el funcionamiento de las empresas se contribuye a la mejora del medioambiente al ser menor la cantidad demandada a la red.

Cada vez se está implantando más, tanto en la industria como en infraestructuras y edificación, la instalación de baterías de

condensadores para compensar la potencia reactiva consumida en ella, generando esta compensación de forma local en el propio consumidor. La mayor compensación se produce cuanto más cerca del consumidor se coloque la batería de condensadores.

### Compensación de energía reactiva en motores y bombas

Los motores constituyen entre el 50% al 70% de la demanda industrial de energía eléctrica.

Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, produciendo una caída del factor de potencia. Por esto, se hace necesario la instalación de baterías de condensadores, en la modalidad de compensación fija, esto es:

- Los condensadores son instalados por cada carga.
  - Los condensadores son puestos en servicio solo cuando el motor está trabajando.
- Un factor de potencia adecuado conlleva las siguientes ventajas:
- Mayor potencia disponible.
  - Menores penalizaciones.
  - Cables de sección inferior.
  - Disminución de transformadores, generadores y líneas de distribución.
  - Menores caídas de tensión.

**SIEMENS**

**José Luis Heras Hermida**  
Sector Industria

## 1ª parte

# CAUDALÍMETROS: Los más frecuentes en instalaciones de riego

**Mientras que los gobiernos prestan cada vez más atención al medio ambiente y a la protección de los recursos naturales, las nuevas legislaciones abordan el consumo del agua para garantizar un suministro fiable en el futuro.**

## INTRODUCCIÓN

La legislación actual en materia de subvenciones destinadas a la modernización de regadíos, exige que las tarifas aplicables por parte de la Comunidad, tengan proporcionalidad con el consumo de agua. Este hecho supone que la incorporación de caudalímetros en las redes de riego sea imprescindible y permite, además, optimizar fácilmente la gestión diaria del ciclo de riego o el suministro de agua en la red de distribución, aportando información de campo esencial para poder automatizar procesos como la programación de riego a nivel de parcela. Una medición eficiente y fiable puede llegar a aportar beneficios gracias a la optimización de los procesos y a la reducción del desperdicio del agua.

El presente artículo pretende describir los tipos de caudalímetros que con más frecuencia se presentan en instalaciones de regadío, sus funcionalidades, y requerimientos a tener en cuenta en su instalación, considerando, además, las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

## CLASES DE CAUDALÍMETROS

Existen dos tipos de caudalímetros: los mecánicos y los electrónicos. En cuanto a los

primeros, son denominados contadores de turbina. El principio de funcionamiento de este tipo de contadores es el mismo en todos ellos: la velocidad de giro de dicha turbina es proporcional a la velocidad del líquido a su paso a través de la conducción. Dentro de esta clasificación, citaremos cuatro tipos: chorro único, chorro múltiple, contador proporcional, contador tangencial y contadores tipo Woltman.

Actualmente, los contadores mecánicos pueden convertir la velocidad de giro de la turbina en pulsos eléctricos. Por combinar ambos mecanismos se les denomina: Electrónicos de turbina. La turbina genera un campo magnético, que por el llamado efecto Hall, genera a su vez un campo eléctrico. Finalmente, estos contadores pueden suministrarse con emisor de pulsos eléctricos para ser conectados a automatismos y programadores. La cantidad de pulsos por unidad de tiempo (llamada frecuencia) aumenta conforme lo hace el caudal, de forma proporcional.

Por otro lado, los contadores electrónicos pueden subdividirse en contadores ultrasónicos y electromagnéticos. De ellos hablaremos en la siguiente edición, dedicando esta primera parte del artículo a los caudalíme-

tros cuyo funcionamiento se basa en el giro de una turbina al paso del agua.

## CONTADORES DE CHORRO ÚNICO

No nos detendremos mucho en su descripción, puesto que su utilización no es frecuente en instalaciones de riego, debido a su pequeño calibre

Es un contador de turbina con acoplamiento magnético y totalizador de rodillos. El acoplamiento magnético transmite el giro de la turbina de forma fiable al totalizador. La entrada tiene forma de tobera convergente para poder regular un perfil de velocidades distorsionado, manteniendo constante la relación entre velocidad de giro de la turbina y caudal. Por ello, no se requiere de la disposición de tramos rectos de tubería aguas arriba del contador, aunque están pensados para funcionar en posición horizontal.

Poseen un alto grado de fiabilidad. Es un contador de agua versátil y de bajo coste. No es recomendado su uso para aguas que contenga sólidos en suspensión, dado que alteran el correcto funcionamiento de estos contadores, puesto pueden llegar a bloquear el giro de la turbina. Por otro lado, se trata de un sistema intrusivo.

### CONTADORES DE CHORRO MÚLTIPLE

Podemos encontrar este tipo de contadores instalados a nivel de tomas de parcela, asociadas a hidrantes compartidos.

Al igual que en el caso anterior, la velocidad de giro de la turbina depende de la velocidad de impacto del agua sobre la misma. La diferencia con los de chorro único, es que en estos el agua impacta sobre un único punto de la turbina, mientras que en el caso anterior el agua golpea a la turbina en toda la periferia de la cámara. Este hecho supone un mejor comportamiento a bajos caudales, y alargar la vida útil de la turbina, haciendo que funcione de un modo más equilibrado.

Como en el caso anterior, no requieren tramos rectos de tubería para su instalación.

Se caracterizan por una pérdida de presión extremadamente baja y garantizan una gran exactitud en todo el rango de mediciones. De fácil montaje, se comercializa desde 20 mm/ 3/4" hasta DN-50 mm/2".

Nuevamente, no se recomienda el uso de este tipo de medidor en aguas sucias. Como puede observarse en la Figura 1, el agua circula a través de un by-pass. Si este circuito llega a obturarse, el caudal circulante por la turbina a un determinado régimen es superior al esperado, por lo que esta girará a mayor velocidad, ocasionando errores en la medida.

### CONTADOR PROPORCIONAL

Lo más destacable de este tipo de contadores, es que son, en teoría, poco sensibles a la calidad del agua. Están indicados para contabilizar consumos en aguas poco filtradas. Su mayor inconveniente es la baja precisión de medida que suelen aportar.



Fig. 1, 2. Caudalímetro de chorro múltiple. Esquema de funcionamiento.

Su funcionamiento se basa en crear circuitos en paralelo por donde circula el fluido. El contador se instala en el circuito secundario donde la circulación de caudal es menor. El contador incluido en el circuito secundario suele ser de chorro único o de chorro múltiple. Para proteger a este contador, se instala un filtro a la entrada del circuito secundario.

En principio, no son demasiado sensibles a las perturbaciones de flujo, por lo que no requieren tramos rectos de tubería libres para su instalación. El mayor inconveniente que presentan este tipo de contadores, es que se produzca la obturación del filtro instalado en el circuito secundario, impidiendo el paso de agua.

### CONTADOR TANGENCIAL

Está diseñado para el riego, pero al igual que los proporcionales, no ofrece demasiada exactitud en la medida. Este contador es confundido a menudo con el contador tipo Woltmann, ya que su apariencia externa es

semejante, pero en este caso, la turbina se encuentra ubicada en la parte superior de la conducción y, nuevamente, gira proporcionalmente a la velocidad del agua en esta zona. Una distorsión en el flujo, alterará la precisión en la medida. Se comercializa en calibres desde 2" / DN-50 mm hasta DN-250 mm./ 10".

Su uso está justificado por ser bastante económicos. Por otro lado, permite la presencia de sólidos en suspensión en el agua, sin que la turbina se vea alterada, ya que los elementos gruesos circulan por la parte inferior de la conducción.

Los grandes inconvenientes que presentan este tipo de medidores, son, como se ha comentado, su baja precisión de medida y alta sensibilidad al perfil de velocidades, por lo que las distancias de tramos rectos a conservar aguas arriba del contador son muy considerables, para intentar estabilizar el régimen de circulación del fluido. Están comprendidas entre 15 y 30 veces el diámetro.

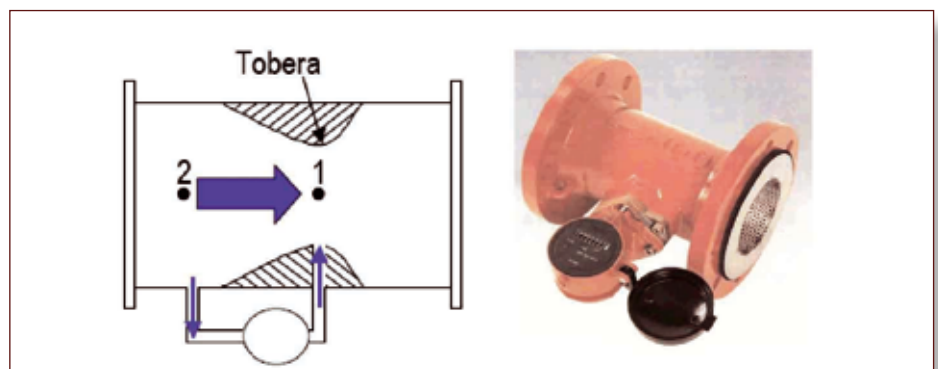


Fig. 3, 4. Caudalímetro proporcional. Esquema de funcionamiento.



Fig. 5. Contador de tipo tangencial.

metro de la conducción.

### CONTADORES TIPO WOLTMAN

Nuevamente, los contadores Woltmann poseen una hélice como elemento primario, sobre la que incide el flujo del agua. La velocidad de giro de la misma es función del caudal, de las características de la hélice y del ángulo de ataque del agua sobre sus álabes.

A la hora de llevar a cabo su instalación ha de tenerse en cuenta que para la estabilización del flujo y corregir las posibles turbulencias del fluido que puedan presentarse, se requiere un tramo de tubería recto y libre de elementos auxiliares, cuya longitud sea unas diez veces el diámetro de la conducción. A la salida del contador se requiere un tramo liberado de tubería de una longitud de 2 a 5 veces el diámetro de la misma. Se debe evitar la instalación de cualquier elemento auxiliar o pieza especial inmediatamente antes o después del contador. Aguas arriba del contador es recomendable la instalación de un filtro que libere al líquido de las partículas sólidas que pudiera contener, y que darán lugar a errores en la medida

Previo a la instalación del caudalímetro es conveniente lavar la tubería y al ponerlo en funcionamiento la tubería debe estar llena

de agua: necesita siempre un caudal de arranque.

Se comercializa en calibres desde 2" / DN-40 mm hasta DN-500 mm./ 20".

Las desventajas de este dispositivo quedan implícitas en los requerimientos de instalación y puesta en marcha. Además hay que tener cuenta que se trata de un sistema intrusivo, ya que necesita extraer energía del sistema para efectuar la medición. Por otro lado, una distorsión en el régimen del fluido que puede generarse de no haberse respetado las distancias requeridas para su instalación, no garantizará la calidad de la medida. La medida también puede verse afectada por la presencia de elementos gruesos en el agua.

En cuanto a las ventajas de este tipo de contadores:

- Elevada precisión incluso a bajo caudal.
- Posibilidad de instalación tanto en posición vertical como horizontal.
- Pueden suministrarse con emisor de pulsos para poder comunicarse con automatismos y programadores de riego.



Fig. 6. Modelo de contador Woltman.

### LA OFICINA DEL REGANTE ESTARÁ PRESENTE EN SENDA

La **XI edición de SENDA**, Salón de Ecología y Medio Ambiente, así como el I Congreso de Sostenibilidad del Medio Rural, que se desarrollarán en la ciudad de Barbastro del 26 al 30 de mayo, cuentan con la participación de la Oficina del Regante de Sirasa para el día 28 de mayo.

Cuatro son los grandes ejes de SENDA: Sostenibilidad en el Medio Rural; Gestión del agua y de los recursos naturales; Administración local; y Cambio climático. De forma transversal, la sensibilización medioambiental, con actividades que indiquen las buenas prácticas que potencian el bienestar humano, la seguridad medioambiental, la seguridad alimentaria y el futuro de los habitantes del mundo rural en la senda de un desarrollo sostenible.



### LA ODR y EVE

Siguiendo en la línea de fomentar las relaciones con nuestros homólogos en otras Comunidades Autónomas, EVE, Ente Vasco de la Energía, cuenta con la Oficina del Regante para participar en unas jornadas dedicadas a la Eficiencia Energética, que se celebrarán en el mes de junio en una de las capitales de la Comunidad Vasca, y a las que también asistirán la Universidad de Zaragoza, y los servicios de asesoramiento al regante de Riegos de Navarra y Castilla La Mancha.



## 1ª parte

# Entender la humedad del suelo para programar el riego en una parcela agrícola

### ¿Para qué monitorizar la humedad del suelo?

Cómo programación del riego (Irrigation scheduling, en inglés) se entiende la manera en la que se calculan las necesidades de agua de los cultivos y de cómo se reparten a lo largo del ciclo de cultivo (frecuencia y dosis de riego). Para llevar al campo estos cálculos habrá que adaptarse a las características particulares de cada parcela (tipo de suelo, sistema de cultivo y manejo), al sistema de riego y a los condicionantes hidráulicos del diseño (de la finca y de la red), a la experiencia acumulada del agricultor o técnico y a las exigencias económicas, de mercado, medioambientales y de sostenibilidad exigidas por la sociedad.

Tradicionalmente, se ha determinado el ¿Cuánto y cuándo regar? en base a la reposición del agua consumida por el cultivo (Evapotranspiración del cultivo, ETC), estimada a partir de datos meteorológicos y unas constantes de cultivo (kc). Esta metodología, se utiliza sobre todo en las fases de planificación y diseño, en el cálculo de dotaciones de riego, el establecimiento de calendarios de riego promedio y la estimación de la próxima fecha de riego (asumiendo una capacidad de retención de agua del suelo). El problema principal de utilizar este método en la

programación del riego a tiempo real (en el día a día, durante la campaña de riego) es que: primero, se considera que la humedad del suelo no es limitante (o sea, no hay estrés hídrico debido a la falta de disponibilidad de agua en el suelo) y segundo, no hay un ajuste de los cálculos a las condiciones reales de la parcela.

Para saber lo que está pasando en la parcela, es necesaria una observación directa del estado de la plantación y, sobre todo, monitorizar las reservas de agua que hay en cada momento dentro de la zona radicular y el ritmo de absorción de agua por parte del cultivo. Esto se consigue mediante la monitorización de la humedad del suelo.

En España, se han usado, con distinto grado de continuidad, sensores tipo tensiómetro

y Watermark® (que miden el potencial de agua en el suelo, en cbar o kPa), así como sensores que miden la humedad en volumen (m<sup>3</sup> de agua por m<sup>3</sup> de suelo) como las sondas de neutrones, los TDRs o las sondas capacitivas o FDR.

Actualmente, hay a nuestra disposición una amplia gama de sensores (Tabla 1), con sistemas de registro y adquisición de datos cada vez más asequibles y capacitados.

Tabla 1: Tipos de sondas de medida de la humedad del suelo más utilizadas actualmente en programación de riego (España, año 2010)

Nombre comercial	Tipo	Parámetro
Sondas perfil, con o sin tubo de acceso. Registros en continuo o puntuales	Capacitivo / FDR	Contenido volumétrico de humedad (m <sup>3</sup> agua m <sup>-3</sup> suelo)
Enviroscan, Diviner, Envirosmart (Sentek, Australia), C-probe (Agrilink, Australia)		
Sondas modulares, sin tubo de acceso. Registros en continuo o puntuales	Capacitivo / FDR	Contenido volumétrico de humedad (m <sup>3</sup> agua m <sup>-3</sup> suelo)
Sondas ECH <sub>2</sub> O (Decagon, USA)		
Sondas modulares tipo bloque de yeso. Normalmente, registros puntuales	Resistencia	Potencial (cbar o kPa)
Watermark (Irrometer, USA)		
Sondas modulares tipo tensiómetro. Registros puntuales (varias marcas)	Medida directa de la succión	Potencial (cbar o kPa)

Ahora bien, para sacar la máxima rentabilidad de una inversión en un sistema de sondas de humedad del suelo hay que realizar una correcta selección de la tecnología, instalar las sondas según unas buenas prácticas, realizar un correcto mantenimiento, y finalmente aprender a interpretar los datos y tomar decisiones.

### Preguntas más frecuentes

#### ¿Cuántas sondas tengo que colocar por hectárea? ¿Es suficiente un único PC dentro de la parcela?

Se entiende por Punto de Control (PC), la unidad mínima de registro, formada por sondas de humedad (de 3 a 5, normalmente), un datalogger donde se registran en continuo los datos de humedad de cada sonda y sensores ambientales, si los hubiera.

Toda explotación puede dividirse en unidades de manejo. La Unidad de Manejo (UM), es una superficie homogénea en cuanto a la especie y variedad, tipo de suelo y sobre todo, corresponde a un sector de riego independiente. Por tanto, un PC es representativo de la UM en la que está instalado.

Con este único punto, no se pretende tener un valor promedio de todo el sector ni saber la humedad en todos los puntos. Lo que se pretende es tener un indicador del estado de humedad del suelo y saber cómo la lluvia y el riego se infiltran y almacenan en el suelo y cómo las raíces van absorbiendo el agua. Con este indicador, podríamos pues guiar el riego de toda la UM.

De todas formas, para que esto se cumpla es necesario que en la UM:

> el sistema de riego aplique el agua con una uniformidad mínima y que el tiempo que se necesita para que todos los goteros apliquen el mismo caudal sea el mínimo

> la plantación sea uniforme, o lo que es lo mismo: que el tamaño de la copa del árbol sea lo máximo de uniforme, y que por tanto que la ETC ( $kc \cdot ETo$ ) sea parecida

> la Capacidad de Retención de Agua (CRAD) de los suelos de la UM sea similar. Esto equivale a que la combinación de profundidad efectiva del suelo, textura y cantidad de piedras sea parecida.

> el PC no esté instalado en zonas no representativas de la UM; como zonas marginales con encharcamiento o sitios con marcados efectos de la erosión.

#### ¿Qué tipo de sonda elegimos?

Como se ha mostrado en la Tabla 1, existen en el mercado un extenso surtido de sondas y sistemas para medir la humedad del suelo. Excepto los tensiómetros, el resto de sondas utilizan métodos indirectos de medida, o sea: miden una propiedad eléctrica en el suelo y utilizan una función de calibración calculan la humedad del suelo.

La elección del tipo de sonda y la satisfacción final, es un compromiso, entre:

- Precio
- Simplicidad del sistema
- Robustez del sistema
- Servicio técnico y necesidad de mantenimiento
- Buenas prácticas de instalación

#### ¿Es mejor medir el potencial o el contenido volumétrico del agua en el suelo?

Si medimos el potencial del agua en el suelo (Tensiómetros, sondas Watermark®, etc...), el criterio para regar es el del potencial umbral, valor a partir del cual a la planta le cuesta más energía absorber el agua del suelo y por lo tanto se intenta evitar estrés hídrico. En este caso, las sondas de potencial permiten saber el momento de regar,

pero es mucho más difícil que den la información necesaria para ajustar la dosis de riego, saber cómo se mueve el agua en el suelo o visualizar el ritmo de absorción por parte de la planta.

Los sistemas con sondas capacitivas registran en continuo la humedad del suelo (en contenido volumétrico, m<sup>3</sup> agua m<sup>-3</sup> suelo) a distintas profundidades. Por tanto, mediante la observación de los gráficos y alguna transformación numérica se puede estimar la dosis y el momento de riego, además de poder observar cómo en los eventos de riego/lluvia el agua entra, se almacena en el suelo y es absorbido por las raíces. Esta información permite al técnico de la finca tener un modelo conceptual del comportamiento del agua en la parcela, y en consecuencia evaluar los efectos de las condiciones climáticas y de las decisiones que vaya tomando.

#### ¿Qué sonda es más precisa? ¿Necesito calibrarlas?

Para programar el riego, la mayoría de sondas existentes en el mercado tiene una exactitud más que suficiente (Fonseca y col., 2007) y por tanto no es necesaria una calibración específica.

En la práctica, la exactitud y precisión finales de una sonda depende sobre todo, de la calidad de la instalación.

La correcta instalación de las sondas es el punto más crítico para asegurar la calidad de los datos de humedad del suelo

#### ¿Dónde colocamos las sondas?

Una vez localizada la zona dentro de la UM donde monitorizar la humedad del suelo, es necesario decidir el punto exacto de la UM dónde se emplazará el perfil de sondas.

Hay que tener muy presente que, el volumen de suelo que explorarán las sondas ser-

virá para guiar el riego de la totalidad de la UM. Y también, tener siempre en mente que el volumen de suelo monitorizado deberá reflejar claramente los riegos y la lluvia y el ritmo de absorción de agua por parte de las raíces. En base a estas premisas determinaremos el punto donde se.

En este punto, es el momento de decidir dónde se colocará cada sonda en el perfil del suelo.

Para una plantación de frutales con riego localizado, las profundidades típicas a las que se colocan las sondas son:

- Sonda Superficial: 15-30 cm. Sonda que detecta los riegos y la lluvia. Zona de alta actividad radicular y de evaporación (cuando el suelo está húmedo).
- Sonda de Control: 30-45cm. Sonda para definir el Frente de Humectación y controlar la dosis de riego (Pulso de Riego). Zona de alta actividad radicular y que por tanto refleja el ritmo de absorción de agua por la planta
- Sonda de Drenaje: >45cm. Sonda situada por debajo de las raíces del cultivo, que detecta riegos de excesiva duración y eventos de drenaje. Permite ver si hay raíces activas a capas profundas.

Las profundidades que se detallan anteriormente son orientativas, y hay que adaptarlas a la combinación de suelo, clima y cultivo. La observación in situ de la densidad radicular y de la forma y tamaño del bulbo húmedo será crítica a la hora de definir las profundidades a monitorizar.

Continuará...

**Ferrer, F., O.Cabot, F. Fonseca, G. Rodrigo, M. Domene**



## LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN DE LA OFICINA DEL REGANTE

**D**urante este primer semestre, la Oficina del Regante ha impartido once actividades formativas, en las cuales han participado más de 200 asistentes, pertenecientes a más de cincuenta Comunidades de Regantes y empresas relacionadas con el ámbito del regadío en Aragón. Las actividades han estado dirigidas tanto al personal responsable de la gestión y mantenimiento de las redes de riego, como a los usuarios finales de las instalaciones.

Los temas tratados han sido los relacionados con la gestión energética de las redes de riego, manejo y mantenimiento del riego a nivel de parcela, control y seguimiento de la plaga del mejillón cebra y manejo del programa de gestión ADOR. Algunas de las entidades beneficiadas por estas actividades han sido las Comunidades Generales de Regantes de Riegos del Altoaragón, Canal de Bardenas y la Federación de Comunidades de Regantes de la Cuenca del Ebro.

Por otro lado, la Oficina del Regante ha participado en varios eventos, organizados por diferentes instituciones. Durante el mes de febrero estuvo presente en la segunda edición del Congreso de Desarrollo e Innovación, organizado por el Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos, de Aragón, Navarra y País Vasco. Durante el mes de marzo, se produjeron dos encuentros de todos los Servicios de Asesoramiento al Regante a nivel nacional. El primero de ellos se hizo coincidir con la celebración de la feria SMAGUA. El segundo, organizado por el Ministerio de Medio Ambiente, tuvo lugar en Madrid. En abril, la Oficina del Regante fue invitada a participar en la Jornada del Regadío de Almudevar, organizada por la Comunidad de Regantes de Almudevar. Durante este mismo mes, participó en XXVIII Jornadas Culturales de

Ballobar, organizadas por el Exmo. Ayuntamiento de Ballobar.

### SERVICIO DE ASESORAMIENTO ENERGÉTICO CONVENIO DE COLABORACIÓN CON LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

La Oficina del Regante sigue prestando asesoramiento energético para todas aquellas Comunidades de Regantes que lo necesiten. En este sentido se ha establecido un convenio de colaboración con la Universidad de Zaragoza, para implementar el servicio de cara a llevar un estudio más exhaustivo y detallado de las redes de riego mediante la aplicación de las últimas herramientas de análisis de parámetros energéticos que incorpora el programa GESTAR.

### LA PÁGINA WEB DE LA OFICINA DEL REGANTE SIGUE CRECIENDO

El número de usuarios registrados en la página web de la Oficina del Regante aumenta día a día. Ya son más de mil las personas que actualmente consultan a diario nuestro portal. Se registran más de 200 usuarios al mes, y se producen una media de 70 visitas al día.



Desde el mes de febrero, es enviado a más de 3000 usuarios. Si desea recibir el boletín, el boletín electrónico de la Oficina del Regante, inscribese en nuestra página web indicando la dirección de correo a la cual desea que le sea enviado. Las jornadas tendrán lugar durante los días 10, 17 y 24 de marzo y el 20 de abril, en las sedes de las Comunidades Generales de Riegos del Altoaragón, Canal de Bardenas, municipio de Ricla, y en la sede de la asociación Ferebro, en colaboración con la Comunidad de Regantes del Canal Imperial de Aragón.

### 10/03/2010 Sirasa estudia nuevas técnicas agrícolas en La Alfranca

Sirasa y el grupo cooperativo Arento colaboran en la gestión y en el desarrollo de estudios de nuevas técnicas agrícolas en La Alfranca. La iniciativa busca convertir la finca en una plataforma de transferencia agraria que traslade sus resultados a los profesionales del sector.

La Sociedad de Infraestructura Rurales Aragonesas (Sirasa) dependiente del Departamento de Agricultura y Alimentación- y el grupo cooperativo Arento han firmado un convenio para colaborar en la gestión de la Finca La Alfranca y en el desarrollo de estudios y ensayos de nuevas técnicas y métodos de gestión de explotaciones agrícolas en la misma.

### 24/03/2010 Encuentro Nacional de Servicios de Asesoramiento al Regante

El pasado 3 de marzo se celebró dentro del marco de SMAGUA 2010 el Encuentro Nacional de Servicios de Asesoramiento al Regante, que estuvo dedicado a la plaga del Mejillón Cebra y el asesoramiento al regante.

El pasado 3 de marzo se celebró dentro del marco de SMAGUA 2010 el Encuentro Nacional de Servicios de Asesoramiento al Regante, que estuvo dedicado a dos temáticas distintas: la plaga del Mejillón Cebra y el servicio de asesoramiento al regante, en el que se trató, entre otros, de la eficiencia energética. El Mejillón Cebra es una especie invasora que afecta, principalmente, al Valle del Ebro y sobre la que se están investigando diferentes métodos de control. Por otro lado, en cuanto a la eficiencia energética, con la eliminación de las tarifas especiales de riego, la mayoría de los Servicios de Asesoramiento realizan auditorías energéticas y estudios técnicos para asesorar a comunidades de regantes o agricultores sobre la contratación de la tarifa eléctrica.

Se dieron cita diversas entidades, correspondientes a diferentes Comunidades Autónomas, que prestan un Servicio de Asesoramiento al Regante y/o de investigación en el tema del Mejillón Cebra.



**Edita:** Sociedad de Infraestructuras Rurales Aragonesa, S.A. (SIRASA).  
Pza. Antonio Beltrán Martínez, 1, planta 3ª. 50002 Zaragoza  
**Diseño:** © hexel.es **Coordinación:** Oficina del Regante

### 30/03/2010 Más de 23.000 personas visitan el Centro de Interpretación de la Agricultura y el Regadío en sus dos años de actividad

El CIAR, impulsado por el Departamento de Agricultura y Alimentación para promover la educación agroambiental, ha incorporado nuevas actividades

El Centro de Interpretación de la Agricultura y el Regadío (CIAR) ha recibido la visita de más de 23.000 personas desde que abrió sus puertas el 30 de marzo de 2008. Impulsado por el Departamento de Agricultura y Alimentación, el centro se puso en marcha con una clara orientación hacia los escolares y los estudiantes de especialidades agrarias y con la vocación de convertirse en referente en la educación agroambiental y la puesta en conocimiento de los valores naturales y tecnológicos del mundo rural. Algo que se ha conseguido, como reflejan las más de mil visitas mensuales que recibe.

### 19/04/2010 El Departamento de Agricultura y Alimentación apuesta por la innovación como instrumento para mejorar la competitividad agraria

El consejero Gonzalo Arguilé conoce los últimos proyectos e iniciativas que se desarrollan en la finca de la Alfranca.

La transferencia de resultados de la investigación, la innovación o el fomento de la educación agroambiental son factores claves para el Gobierno de Aragón de cara a incrementar la competitividad del sector agroalimentario. Así se ha puesto de manifiesto durante la visita que ha realizado el consejero del ramo, Gonzalo Arguilé, a la finca de La Alfranca y al Centro de Transferencia Agroalimentaria de Movera, donde ha podido comprobar los últimos proyectos e iniciativas que desarrollan.

El consejero ha conocido el nuevo regadío que se ha puesto en marcha en La Alfranca y que tiene como objetivo la modernización de la finca, así como un paso más de cara a convertirse en un escarapate de transferencia de nuevas tecnologías. Se han modernizado 120 hectáreas de un total de 200 (pasando de un sistema de riego a pie a uno de riego a presión), actuación en la que se han invertido 1,3 millones de euros.

El complejo de la Alfranca cuenta también con una parcela de experimentación del mejillón cebra, en la que se desarrollan investigaciones dirigidas a configurar productos que reduzcan o erradiquen su presencia en las instalaciones de regadío. A esta se suma otra parcela de carácter experimental en la que colabora ARENTO, para el desarrollo de estudios y ensayos de nuevas técnicas y mé-

todos de gestión de explotaciones agrícolas en la misma.

En este contexto, el consejero ha subrayado el doble objetivo que tienen estas iniciativas, destacando, por un lado, el de hacer de dicho espacio una plataforma de transferencia agraria, y, por otro, el de mejorar los resultados económicos y de productividad de la finca mediante la aplicación de los resultados positivos de las investigaciones que se lleven a cabo allí.

Gonzalo Arguilé ha visitado también el Centro de Interpretación de la Agricultura y el Regadío, que inició su actividad hace dos años, con el fin de convertirse en referente en la educación agroambiental y la puesta en conocimiento de los valores naturales y tecnológicos del mundo rural, con especial atención a la agricultura, la modernización del regadío y el uso eficiente del agua. Desde su apertura ha recibido más de 23.000 visitas.

### 28/04/2010 Incorporadas a la red SIAR las estaciones de Pastriz, Santa Cilia y Calatayud

El pasado mes de marzo, fueron incorporadas a la red SIAR las estaciones de Pastriz y Santa Cilia, y el pasado día 28 de abril, se incorporó la estación de Calatayud.



### 29/04/2010 XXI Jornadas de Ciencia y Tecnología. Energías Renovables en el Medio Rural.

Del 26 al 28 de abril, tuvieron lugar las XXI Jornadas de Ciencia y Tecnología cuya temática este año será "Energías Renovables en el Medio Rural", en la Escuela Superior de Huesca. Cabe destacar la presencia de tres compañeros de Sirasa: D<sup>a</sup> María José Martínez García y D. Pedro Manuel Pérez Leal que nos presentaron su "Proyecto Adore it- Fomento de los biocombustibles en el transporte" y D. Carlos Caamaño Cervero con su ponencia "Panorama de las energías renovables en el desarrollo rural- Oportunidades para las explotaciones agropecuarias".

Si desean más información pueden consultar éstas y otras noticias en la web de Oficina del Regante: <http://oficinaregante.aragon.es> en la sección NOTICIAS.