

# Boletín de Información al Regante 10

Marzo -2008

## 3 años

Este Boletín es el principal medio de difusión de la información más relevante dirigido a los profesionales de la agricultura de regadío de Aragón.

Este número recopila varios de los artículos publicados en Boletines anteriores agrupados en las 5 secciones habituales de la publicación: Agronomía, Ingeniería del riego, Manejo de sistemas de riego, Ador, y Consultas.

## de información al regante



### DIRECCIÓN



**SIRASA**

**Oficina del Regante**

Plaza Antonio Beltrán Martínez, 1  
5ª Planta, Oficinas H, I, J, K  
50002 ZARAGOZA

Tlf: 976 302268  
Fax: 976 214240

e-mail: [oficinaregante@sirasa.net](mailto:oficinaregante@sirasa.net)

Página Web:

<http://oficinaregante.aragon.es>



**UNION EUROPEA**  
Fondo Europeo Agrícola de  
Desarrollo Rural.



**GOBIERNO DE ARAGON**

Departamento de Agricultura  
y Alimentación



Uno de los objetivos de la Oficina del Regante es el asesoramiento a los agricultores sobre las dosis de riego a aplicar en los cultivos que tienen en sus parcelas. En el apartado de Recomendaciones de Riego de la página web se pueden obtener unos valores orientativos de estas dosis.

Para calcular las dosis de riego, se han de tener en cuenta, por un lado, una serie de datos meteorológicos (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar) y por otro algunos datos sobre las características del cultivo. La información agrometeorológica se obtiene de la red de estaciones que gestiona la Oficina del Regante y que también se puede consultar en su página web.



#### ¿Cómo se selecciona el cultivo?

Para obtener las recomendaciones de riego se debe seleccionar, en primer lugar, la estación más cercana a nuestra localidad. Para cada estación hay una lista en la que se elegirá el cultivo que interesa.

#### ¿Qué datos hay que aportar para el cálculo?

Una vez elegido el cultivo habrá que introducir una serie de datos que resultan imprescindibles para realizar los cálculos. Los valores a introducir serán los siguientes:

**-Ciclo del cultivo** (en algún cultivo habrá que diferenciar entre variedades tempranas, medias o tardías).

**-Fechas representativas en el desarrollo del cultivo.** Por ejemplo:

A. En cultivos anuales extensivos: siembra y madurez fisiológica del cultivo.

B. En forrajeros: fechas de corte.

C. En frutales de hueso: floración, endurecimiento de hueso, cosecha y caída de hojas.

D. En frutales de pepita: brotación, aclareo fisiológico, cosecha y caída de hojas.

**-Datos sobre la plantación** (en cultivos leñosos): Distancia entre árboles y entre filas y diámetro aproximado de la copa.

**-Sistema de riego y eficiencia del mismo** (si no se conoce se proporcionan valores aproximados).

#### ¿Qué datos obtiene el regante?

Cuando todos los parámetros necesarios se hayan introducido, se obtendrá el valor de Necesidades de Riego teóricas de la semana actual. Además se podrán consultar las cantidades calculadas desde el inicio del cultivo hasta el momento actual.

Estos valores son sólo orientativos ya que las circunstancias particulares del manejo del cultivo, del sistema de riego y el tipo de suelo, pueden aconsejar la utilización de cantidades por encima o por debajo de esta recomendación general.



Cultivo de arroz

## Efecto del estrés hídrico en los cultivos de regadío.

### Definición de estrés hídrico

El estrés o déficit hídrico se presenta en los cultivos en aquellos períodos en los que las pérdidas de agua por transpiración son mayores que las cantidades que la planta puede absorber por las raíces. Eso supone interferencias en el funcionamiento normal de las plantas que según la intensidad y el momento del ciclo en el que se producen pueden tener consecuencias graves tanto en la producción como en la supervivencia de la planta.

El estrés hídrico puede ser puntual, provocado por un espaciado entre riegos algo mayor, o puede ser severo en condiciones de sequía persistente, como la que en esta campaña afecta a parte del regadío de Aragón y a otras zonas de España.

### Tolerancia de las plantas a la falta de agua

Todas las plantas ven afectados sus procesos vitales ante una falta de agua, sin embargo, el grado de afección depende del tipo de cultivo y algunas pueden desarrollar mecanismos eficaces para contrarrestar estos efectos. Las estrategias más comunes de las plantas para evitar los daños de una sequía son:

√. Acortar el periodo de cultivo: Algunas plantas pueden acelerar los procesos que llevan a la maduración. Esto asegura su objetivo final de producir semilla para perpetuar la especie aunque acarrea una lógica disminución de la producción. Los cereales de invierno son ejemplos claros de esta adaptación.

√. Disminuir las pérdidas de agua de sus tejidos: Reduciendo la superficie de incidencia del sol en las hojas o aumentando la resistencia al paso del agua de las hojas a la atmósfera se reduce la evaporación de agua. El maíz suele enrollar o "abarquillar" las hojas para tener una menor exposición a la luz del sol. También es habitual en almendro, por ejemplo, permitir la caída de algunas hojas hasta compensar las pérdidas.

√. Ajustando sus necesidades de agua internas sin disminuir la turgencia. Algunas plantas modifican los contenidos en sales en el interior de sus células de forma que la planta permanece activa aunque la cantidad de agua disponible sea muy pequeña. Algunos frutales como el manzano, almendro, melocotonero y peral permiten cierto aumento en la concentración de sales de sus células

sin perjudicar los procesos fotosintéticos.

Algunas especies de plantas de climas áridos, en ausencia de agua en el suelo son capaces, incluso, de absorber agua de rocío o lluvia desde las hojas, pero en el caso de los cultivos de nuestra región, ese aporte es despreciable.

### Períodos críticos de los cultivos

No es fácil señalar con exactitud esos períodos ya que según las especies y variedades los resultados obtenidos en ensayos de campo son dispares. De forma general, para los grandes grupos de cultivos los períodos más sensibles son los siguientes:

#### **Herbáceos extensivos**

El período más sensible es el momento de la polinización y formación del grano.

En maíz, por ejemplo, esta fase sería la que transcurre desde la aparición del penacho hasta que las sedas se oscurecen.

#### **Hortícolas**

Estos cultivos son altamente sensibles al estrés hídrico ya que el volumen de suelo que exploran es pequeño y sus mecanismos de adaptación no permiten niveles muy severos de falta de agua. La mayor sensibilidad se da desde floración hasta la fase de cuajado de los primeros frutos (10 o 15 días después de floración).

#### **Forrajeras plurianuales**

Las praderas de alfalfa con más de un año pueden adaptarse mejor al estrés hídrico que el trébol blanco o algunas gramíneas (raigrás, festuca) ya que tienen un mejor desarrollo radicular. Sin embargo tienen una peor regulación de la pérdida de agua por transpiración por lo que los campos jóvenes pueden sufrir importantes mermas por mortandad de plantas.

El período más sensible en especies en las que se dan varios cortes al año coincide con las fechas anteriores al mismo ya que un estrés en ese momento condiciona el vigor del rebrote posterior.

#### **Frutales**

El período más trascendente en frutales es la fase del crecimiento rápido del fruto. En ese período se determina el peso final y por lo tanto el valor económico del fruto.

También es conveniente que el árbol disponga de suficiente agua en el suelo durante la fase de floración.

### **Almendo y olivo**

Generalmente son cultivos que soportan mejor la falta de agua durante las fases de desarrollo vegetativo que otro tipo de frutales, sin embargo durante el cuajado y el crecimiento del fruto, una falta de agua provoca la caída temprana de frutos.

### **Viñedo**

El viñedo es un cultivo tradicionalmente cultivado en secano pero en las últimas décadas se ha extendido su uso en regadío. La disponibilidad de agua favorece un mayor desarrollo de las cepas, con un sombreado del suelo mucho mayor, y aumenta así el potencial productivo por hectárea. Sin embargo, el uso excesivo del agua de riego durante todo su ciclo puede ocasionar pérdidas en la calidad del vino por lo que se suele restringir el riego a partir de inicio del envero de la uva.

Así, en el viñedo, un moderado estrés hídrico favorece la obtención de vino de buena calidad aunque para no disminuir la producción se debería evitar el déficit tanto en el cuajado de la flor como en las primeras fases de crecimiento de la uva y formación de la semilla.

### Recomendaciones

Con las consideraciones expuestas hasta ahora, es claro que un déficit hídrico tan severo como el que están soportando algunos cultivos durante esta campaña, se traducirá en pérdidas de producción importantes.

Para reducir ese perjuicio es preciso racionalizar el aporte de agua al cultivo procurando que en el suelo exista una reserva de agua suficiente antes del inicio de los períodos críticos del desarrollo o fructificación de las plantas.



Foto 1: Efecto del déficit hídrico en maíz. Estado del cultivo a día 1 de agosto en dos parcelas sembradas en la misma semana. La de la izquierda ha recibido unos aportes de agua algo inferiores a los de un año normal y la de la derecha sólo un 30% del volumen normal



Foto 2: En frutales, el estrés hídrico provoca un marchitamiento temprano de las hojas y una pérdida de turgencia. Los procesos de asimilación de materia seca se ralentizan.

Si es posible y se cuenta con un sistema de riego adecuado (aspersión o localizado) es aconsejable realizar riegos frecuentes con dosis menores a las habituales, en momentos de poca evaporación (durante la noche). El objetivo será mantener un cierto grado de humedad en la zona de raíces y evitar cualquier pérdida de agua por evaporación

o percolación profunda.

En los cultivos frutales es importante, además de conseguir un volumen de producción rentable, asegurar que el déficit hídrico no tienen efectos perjudiciales para campañas posteriores. Para ello se aconseja:

Reducir el riego durante la brotación y desarrollo de los ramos. Evitando así un excesivo vigor vegetativo y una demanda de agua que no pueda ser mantenida durante el resto de la campaña.

Aportar cantidades de agua suficientes durante la fructificación.

No agotar el riego tras la recolección para no perjudicar la floración y cuajado del siguiente año.

En cultivos hortícolas, es aconsejable mantener un estrés en las plantas al inicio de cultivo para incentivar el crecimiento de las raíces. Los mayores aportes de agua se deberán hacer cuando comience la floración y durante el crecimiento de los frutos.



Foto 3: Cuando la reserva de agua en el suelo es baja durante un período prolongado se puede producir la muerte de la planta. Los cerezos de la derecha siguen disponiendo de una reserva de agua en el suelo pero los de la izquierda no y han sufrido una defoliación total

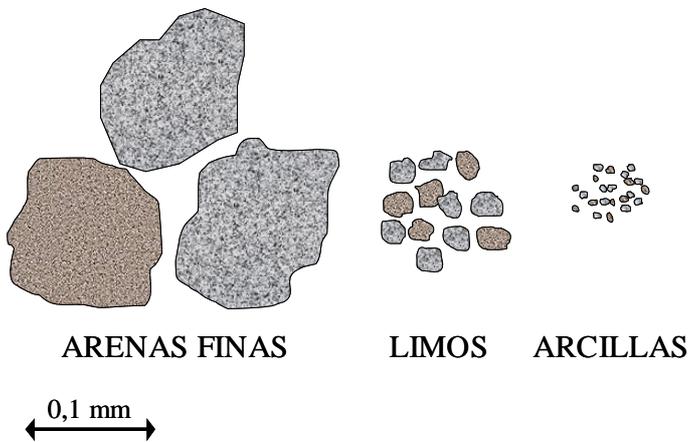
## Capacidad de los suelos para retener agua.

**P**or todos los regantes es de sobra conocida la influencia que tiene el tipo de suelo en la aplicación del agua de riego. Así, se conoce que en los suelos de saso (pedregosos y poco profundos) la capacidad de retener agua es mucho más limitada que en los suelos de las vales (pesados y profundos) observando también que en estos últimos la sensibilidad al encharcamiento es mucho mayor.

En este artículo queremos simplemente comentar el PORQUÉ de este comportamiento, lo que servirá para que el agricultor conozca más a fondo la relación entre el agua, el suelo y las plantas que cultivamos en éste. Las características del suelo que más afectan a la retención de agua son la porosidad y la textura del mismo.

## Textura del suelo

El suelo se encuentra formado por un conjunto de partículas minerales. Éstas se clasifican según su tamaño en arenas (gruesas y finas), limos y arcillas.



Proporción de tamaño entre las distintas partículas de suelo

La textura de un suelo se define en función de las partículas más abundantes en el mismo. Así habrá suelos arcillosos, limosos, arenosos y francos. Estos son aquellos que tienen proporciones similares de los tres tipos de partículas.

## Porosidad del suelo

Las partículas que forman el suelo no encajan perfectamente unas con otras. Entre ellas quedan huecos que serán de menor o tamaño en función del tamaño de las partículas. La porosidad es el porcentaje del volumen del suelo que ocupan dichos poros.

Estos “huecos” del suelo se encuentran ocupados o por agua o por aire. Cuanto más fina es la textura (más arcillosa) existe mayor número de poros aunque éstos son muy pequeños. Si la textura es gruesa (suelos arenosos) habrá pocos poros pero serán mucho más grandes.

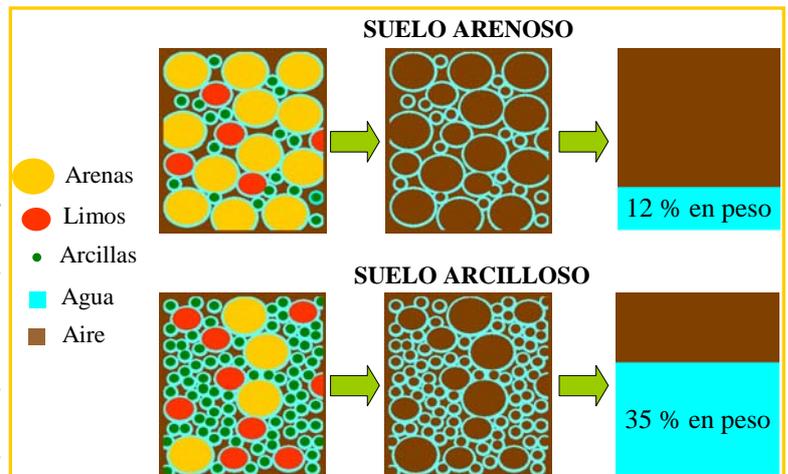
## Cantidad de agua que retiene cada tipo de suelo

La cantidad de agua en el suelo que puede ser aprovechada por las plantas es el agua llamada “agua capilar”. Cuando un suelo se moja por lluvia o riego todos los poros que hay en él se llenan de agua. El agua que queda en los poros más grandes se pierde al poco tiempo por gravedad. En este momento, el suelo se encuentra a **capacidad de campo**. Esto quiere decir que tiene la máxima cantidad de agua que puede retener. De esta cantidad de agua, las plantas sólo pueden aprovechar una

parte. Es el agua que ha quedado almacenada en los poros pequeños y adherida de forma suave a la superficie de las partículas del suelo.

Los suelos arenosos, al estar formados por partículas de gran tamaño, tienen numerosos poros grandes de los cuales se “cae” el agua rápidamente y no puede ser aprovechada por las plantas. Por el contrario, los suelos arcillosos (partículas de menor tamaño) tienen gran cantidad de poros pequeños en los que el agua sí queda retenida y puede ser utilizada por el cultivo durante más tiempo.

Por otra parte, la superficie de las partículas es mucho mayor en los suelos arcillosos que en los arenosos. En el espacio que ocupa una partícula de arena cabrían aproximadamente un millón de partículas de arcilla. La superficie de una partícula de arena es de  $0,13 \text{ mm}^2$  y la suma de las superficies del millón de partículas de arcilla es de  $13 \text{ mm}^2$ . Si el agua que queda adherida a esta superficie es aprovechada por las plantas, puede explicarse así porque en un suelo arcilloso “cabe” una cantidad de agua mucho mayor que en un suelo arenoso. De hecho, un 25 % del peso de un suelo arcilloso puede ser agua, y en los suelos arenosos la cantidad de agua que pueden retener es sólo de un 12% aproximadamente.



Esquema de retención de agua en los suelos arenosos y arcillosos.



## Calidad de agua en el regadío.

La calidad del agua para el riego tiene dos efectos importantes. A corto plazo influye en la producción, calidad y tipo de cultivo, a largo plazo ciertas aguas pueden perjudicar el suelo hasta hacerlo totalmente inservible para la agricultura. Sea cual sea el origen del agua debe cumplir unos parámetros mínimos y únicamente en ciertas situaciones o para ciertas producciones pueden variarse los márgenes establecidos, siempre que no afecten las propiedades del suelo.

La calidad del agua viene influenciada entre otros factores por su procedencia. Si se trata de aguas superficiales tienen las siguientes características:

- ✦ Temperatura similar a la atmosférica.
- ✦ Ricas en oxígeno.
- ✦ Pueden llevar sustancias minerales disueltas en función de los terrenos que atraviese durante su curso.
- ✦ Ofrecen riesgo de contaminación por elementos químicos y biológicos procedentes de la actividad industrial, agrícola y condiciones sanitarias de las regiones próximas a su cuenca.

Por el contrario, si las aguas son subterráneas, las características más señaladas son las siguientes:

- ✦ Temperatura uniforme durante todo el año. Por lo general resultan frías en verano.
- ✦ Pobres en gases disueltos, sustancias minerales y orgánicas.
- ✦ Presentan bajo riesgo de contaminación y eutrofización por vertidos industriales o lixiviación de los suelos agrícolas.

### Temperatura.

El agua de riego actúa sobre las temperaturas del suelo y la planta modificando su régimen térmico. En riego por superficie, si el agua está mucho más fría que la planta y el suelo, existe la posibilidad de provocar un enfriamiento del suelo y del sistema radicular de la planta generando un desequilibrio entre las raíces y las hojas de forma que las raíces pierden capacidad para absorber agua y nutrientes.

### Gases disueltos y sustancias en suspensión.

Estas dos características del agua de riego apenas causan problemas en las plantas.

Los gases disueltos pueden aumentar, en función de la temperatura y del sistema de riego, la cantidad de dichos gases en la atmósfera del suelo, me-

yorando así los procesos de unificación y nitrificación. En cuanto a los minerales en suspensión, pueden causar problemas ocasionales al desgastar de forma anormal los elementos de un sistema de riego, lo que hace necesaria la instalación de filtros para su eliminación.

### Sustancias en disolución. Salinidad.

Las aguas pueden llevar distintas sales disueltas que pueden originar trastornos serios cuando se utilizan para el riego. Habitualmente las determinaciones que se realizan al agua de riego son las que se presentan en la tabla. Si la materia disuelta total es relativamente elevada, con los riegos sucesivos va aumentando la concentración de las soluciones del suelo. Estas sales, si no son eliminadas o precipitadas pueden producir la salinización del suelo regado. Esta posibilidad viene determinada por las características de los suelos, la climatología de la zona, el procedimiento de riego y tácticas de cultivo. La calidad del agua para el riego se considera baja a partir de 2400 mg/l de materia disuelta total.

PARÁMETRO DE CALIDAD	SÍMBOLO	INTERVALO USUAL	INTERVALO USUAL
Conductividad eléctrica	CEa a 25°C	0-3 dS/m	
Materia disuelta total	MDT	0-2000 mg/l	
Calcio	Ca <sup>2+</sup>	0-400 mg/l	0-20 meq/l
Magnesio	Mg <sup>2+</sup>	0-80 mg/l	0-5 meq/l
Sodio	Na <sup>+</sup>	0-920 mg/l	0-40 meq/l
Potasio	K <sup>+</sup>	0-20 mg/l	0-0,05 meq/l
Carbonatos	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	0-3 mg/l	0-0,1 meq/l
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0-810 mg/l	0-10 meq/l
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	0-1085 mg/l	0-30 meq/l
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0-980 mg/l	0-20 meq/l
Nitratos	N (NO <sub>3</sub> )	0-10 mg/l	
Amonio	N (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0-5 mg/l	
Fosfatos	P (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	0-2 mg/l	
Boro	B	0-2 mg/l	
pH	pH	6,5-8,5	-
SAR	SAR	0-15	-

Los valores de pH no constituyen en sí un criterio de calidad ya que se modifican rápidamente al tomar contacto el agua con el suelo. El laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de EEUU estableció en 1954 dieciséis clases de aguas en función del riesgo de salinización y de alcalinización del suelo. El riesgo de salinización se mide con los valores de conductividad eléctrica (CE) y el de alcalinización con los de la relación de adsorción de sodio SAR.

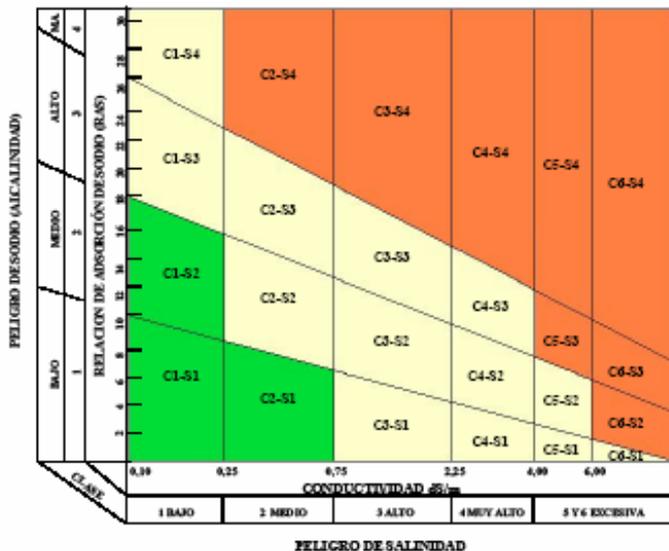
De esta forma, el agua de riego puede clasificarse en (ver figura):

Los valores de pH no constituyen en sí un criterio de calidad ya que se modifican rápidamente al tomar contacto el agua con el suelo. El laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de EEUU estableció en 1954 dieciséis clases de aguas en función del riesgo de salinización y de alcalinización del suelo. El riesgo de salinización se mide con los valores de conductividad eléctrica (CE) y el de alcalinización con los de la relación de adsorción de sodio SAR.

De esta forma, el agua de riego puede clasificarse en (ver figura):

- Aguas de buena calidad aptas para el riego (Color verde).
- Aguas utilizables para el riego con precauciones (Color amarillo).
- Aguas no aptas para el riego (Color naranja).

Clasificación del agua de riego en función del riesgo de salinización y alcalinización del suelo.



## BIBLIOGRAFIA

Diversos autores (1997) *II curso sobre reutilización de aguas residuales y salinas en regadíos: aplicación de tecnologías avanzadas*. UPM, Madrid.

URBANO TERRÓN, PEDRO. "Tratado de fitotecnia general". (1995). Ed Mundiprensa. Pp. 895.

MUJERIEGO, R. (1990). *Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada*. Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

VEGA MACÍAS, V; PASTOR MUÑOZ-COBO, M. (2005) "Calidad de las aguas de riego. Riego con aguas salinas". Capítulo 8 del libro "Cultivo del olivo con riego localizado".

Ed. Mundiprensa. Pp. 185-220.

CIRVERA, S. (2000) "La calidad del agua para la Agricultura". FAO.

## Ingeniería del Riego.

### Importancia de las ventosas en una red de distribución de agua.

#### El aire en las tuberías

Las tuberías de una red de riego están diseñadas para soportar las presiones de agua en su interior. Sin embargo, hay ocasiones en que además de agua, dentro de las tuberías se encuentran bolsas de aire. Ese aire, al contrario que el agua, se puede comprimir dando lugar a presiones más elevadas de las que las tuberías pueden soportar.

#### ¿Por qué hay aire en las tuberías?

Hay varios motivos por los que se introduce aire en las tuberías. Los más comunes son:

- ✦ No ha sido convenientemente llenada y purgada tras un vaciado de la red.
- ✦ Presencia de vórtices en las aspiraciones de las bombas.
- ✦ Roturas de tuberías.

✦ Liberación de las moléculas de aire disueltas en el agua.

✦ Entrada por la válvulas de admisión de aire.

### ¿Qué problemas causa el aire en las tuberías?

El aire pesa menos que el agua y tiende a acumularse en los puntos más altos de la red de riego. Si en estos puntos no hay salida, el aire es empujado por el agua circulante, se comprime y alcanza presiones elevadas. Si estas presiones aumentan más allá del aguante de la tubería (timbraje) ésta se rompe, con los consiguientes problemas e interrupciones del servicio. Otros problemas que puede ocasionar la presencia de bolsas de aire son los siguientes:

✦ Aumento de las pérdidas de carga (y la disminución de presión consiguiente) al impedir que el agua circule con normalidad.

✦ Falso de las lecturas de contadores cuando el aire a presión pasa por ellos.

### ¿Cómo puede evitarse la presencia de bolsas de aire?

Lo principal es eliminar o prevenir la causa que ha provocado la introducción de aire. Como esto no siempre es posible se deben instalar medios para conseguir evacuarlos. El elemento indicado para este cometido son las ventosas.

## Las ventosas

### ¿Qué funciones tienen?

Las ventosas son elementos de ventilación y protección contra el golpe de ariete. Sus funciones son las siguientes:

✦ Salida y entrada de aire en la tubería en las operaciones de llenado y vaciado de la misma.

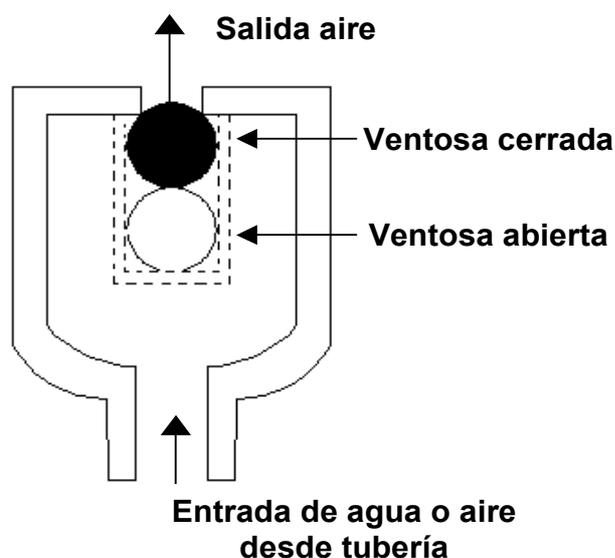
✦ Expulsión del aire liberado en el funcionamiento normal de las conducciones.

Otra utilidad muy importante es el permitir la entrada de aire en la red cuando se producen depresiones, de forma que no se aplaste la tubería. Esto resulta necesario ya que las tuberías están diseñadas para soportar el “empuje” del agua, pero no fuerzas de succión.

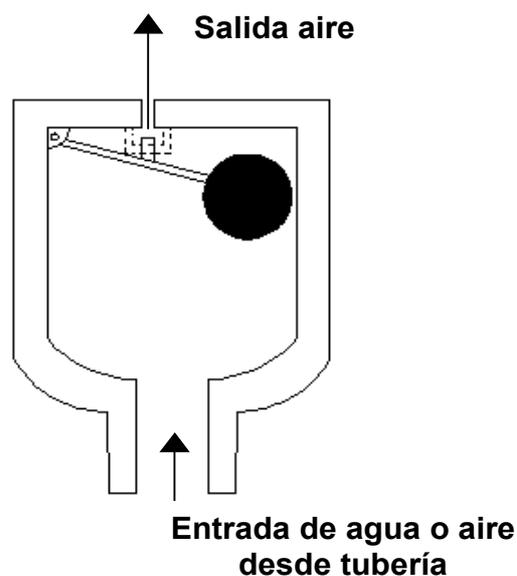


### ¿Cómo funciona una ventosa cinética y automática?

El funcionamiento de este tipo de ventosa se puede ver representado en la figura que se muestra a continuación. En el dibujo (a) la ventosa está sin accionarse, ya que aunque existe algo de aire (color amarillo) la cantidad no es suficiente como para accionar el flotador. Cuando la bolsa de aire alcanza un determinado tamaño (caso b), el flotador cae y se abre el pequeño orificio de salida de *aire al exterior*. Cuando se ha purgado la red y la ventosa se llena de agua, el flotador vuelve a subir y se cierra el orificio de salida.



Ventosa de gran orificio  
(efecto cinético)

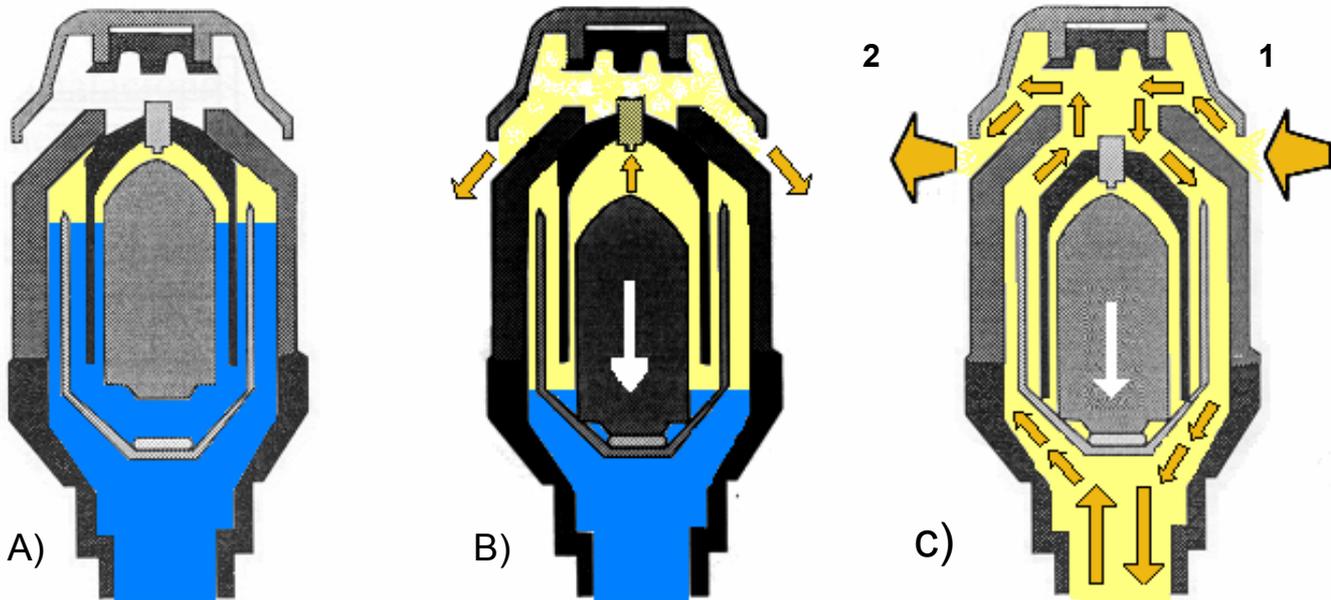


Ventosa de pequeño orificio  
(automática o purgador)

En el caso (c) se produce una depresión en la red. Esto hace que se accione no sólo el flotador, sino el mecanismo que abre una salida de aire de mayor tamaño. De esta forma (paso 1º) se permite una rápida entrada de un gran caudal de aire que aumenta la presión de la red para evitar el aplastamiento de las tuberías. Una vez que la presión en la tubería es igual a la atmosférica, el aire de las

### ¿Es importante el mantenimiento de las ventosas?

Las ventosas son equipos de protección de la red de un funcionamiento muy sencillo y que reportan grandes beneficios para el correcto funcionamiento de la misma. Para que no fallen en los momentos



### Esquema de funcionamiento de una ventosa cinemática.

tuberías es empujado por el agua que se encuentra a mayor presión y vuelve a salir por el mismo orificio (paso 2º). De esta forma, queda la tubería a la presión de trabajo y sin bolsas de aire en su interior.

### ¿Dónde se colocan las ventosas?

Las ventosas han de colocarse en las zonas de la red en las que más frecuentemente se acumulan las bolsas de aire. Estas zonas son:

- ✦ Puntos altos de la instalación.
- ✦ Tramos largos con pendiente uniforme.
- ✦ Cambios de pendiente en las conducciones.
- ✦ Salida del grupo de bombeo.

Resulta imprescindible que estos elementos se encuentren en todo momento conectados a la red de riego para solucionar los problemas derivados de la presencia de aire en las conducciones. Las válvulas que desconectan las ventosas a la red sólo han de cerrarse para proceder al mantenimiento o cambio de las mismas.

en los que tienen que entrar en funcionamiento es necesario realizar un mantenimiento para asegurarse de que:

- ✦ Los flotadores no se han quedado “pegados” al orificio de salida porque en ese caso la ventosa no actuará en presencia de bolsas de aire.
- ✦ No se haya acumulado suciedad en el orificio de salida impidiendo el cierre hermético cuando no hay aire en la conducción y provocando salida de agua por dicho orificio.

**CON UN SENCILLO MANTENIMIENTO DE LAS VENTOSAS SE PODRÍA EVITAR PROBLEMAS QUE, EN MUCHAS OCASIONES, ACABAN CON ROTURAS E INTERRUPCIONES GRAVES EN EL SERVICIO DE UNA RED**

Fuente: INGENIERIA HIDRAULICA Aplicada a los sistemas de distribución de agua.

Ed.: Universidad Politécnica de Valencia

La característica del material de la conducción que influye más en la velocidad del agua que circula es la rugosidad. Cuando más rugoso es un material, más “frenará” al agua que pase cerca de las paredes, disminuyendo por lo tanto la velocidad con la que ésta viaja por el canal. Así, resulta lógico pensar que un canal de tierra produce mucho más rozamiento y disminución de la velocidad del agua que una tubería metálica, por ejemplo.

### ¿Cómo se conoce el caudal que circula por una acequia?

El caudal de agua que pasa por una acequia (Q) resulta igual al producto entre la velocidad a la que viaja el agua (V) y el área que ocupa en el perfil de la acequia (A). Así:

$$Q = V \times A$$

El área es un valor fácil de medir pero la velocidad resulta más complicada ya que se necesitan aparatos más o menos complejos (ver sección *Ingeniería del riego* en el Boletín de Información al Regante nº 2). Además, en los momentos en los que se diseña un canal es necesario estimar la velocidad a la que va a circular el agua antes de que ésta fluya realmente para saber si el diseño es correcto. Por estos motivos, existen fórmulas para estimar la velocidad del agua en una conducción. Una de estas fórmulas es la de Manning, en la que se calcula la velocidad del agua en función del área (A) y perímetro mojado (Pm), la pendiente de la conducción (i) y un coeficiente dependiente del material (n) de que está construida:

$$V = \frac{(A/Pm)^{1/3} \times i^{1/2}}{n}$$

### ¿Cómo influye el material de la acequia en el caudal que transporta?

Con el objeto de poner cifras al ejemplo se ha comparado la velocidad y el caudal que se estima circularán por dos acequias, una de 0,6 m de anchura y otra de 1,5 m. La altura de agua es la misma en las dos 0,4 m, así como la pendiente (3 por mil). En ambos tamaños de acequias se calculan los caudales y velocidades suponiendo que son acequias de tierra o revestidas de hormigón (Ver

datos en tabla adjunta). En la tabla puede verse el ejemplo de cómo las acequias de tierra transportan aproximadamente un 30% de caudal menos que las acequias de las mismas dimensiones pero revestidas de hormigón. Esto se debe a que las velocidades en las conducciones de tierra también son mucho menores. Las acequias revestidas de hormigón presentan una ventaja añadida que es el tener unos valores más bajos de pérdidas de agua durante el transporte de la misma que las acequias de tierra.

Tipo de acequia	Anchura 0,6 m Altura 0,4 m		Anchura 1,5 m Altura 0,4 m	
	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)
Tierra	0,85	200	1,12	670
Revestido de hormigón	1,21	290	1,60	960



Foto1: Las acequias de tierra presentan una elevada rugosidad, por lo que la velocidad de transporte y el caudal resultan inferiores a las de acequias de hormigón de las mismas dimensiones.

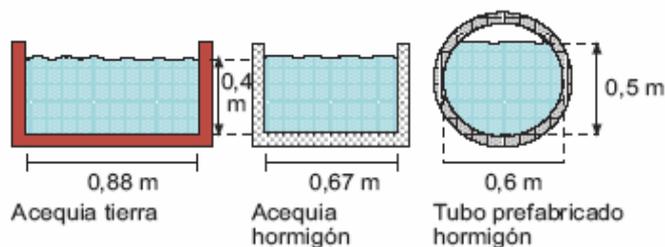


Foto2: El revestimiento de las acequias se traduce en una mayor capacidad de transporte, además de una disminución de pérdidas de agua en las conducciones.

En la rugosidad del material y, por lo tanto, en la velocidad del agua que circula por la conducción influye también el nivel de mantenimiento que se realiza en las acequias. Así, una acequia con bajo mantenimiento (más sucia) será mucho más rugosa al paso del agua y en consecuencia disminuirán la velocidad y el caudal que circula por ella. Así, en una acequia de tierra como la de la tabla anterior de 0,6 m de ancho y 0,4 m de altura de agua podrán circular hasta 240 l/s si está bien mantenida. Si este mantenimiento es deficiente, el caudal circulante se reducirá hasta unos 160 l/s, un 30% menos de caudal.

### Dimensionamiento de una conducción en función del caudal y el material

El material que se va a utilizar en una conducción



Tres diseños de acequias diferentes para transportar un caudal de 340 l/s con una pendiente del 3 por mil.

de riego influye en el diseño de la misma tanto como los caudales que van a circular. Por este motivo se presentan dos diseños de canales y uno de tubería de hormigón que serían necesarios para transportar un caudal de 340 l/s teniendo en cuenta que la pendiente sería, como en el resto de casos, del 3 por mil.



Foto 3: Las acequias al descubierto tienen un mayor coste en mantenimiento ya que la luz favorece la aparición de algas, las cuales dificultan el transporte del agua.

Para conducir este caudal por una acequia de tierra haría falta una sección de transporte del agua de 0,88 m de ancho y 0,4 m de alto. Si esta acequia estuviera revestida de hormigón, la sección se reduciría a 0,67 m de ancho y 0,4 m de alto (21 cm menos de anchura). Por último, si se eligiera una tubería de hormigón de baja presión haría falta una de 0,6 m de diámetro funcionando hasta una altura de agua de 0,5. Estas tuberías de baja presión (o las acequias "tapadas" presentan como ventaja adicional el escaso mantenimiento que necesitan, ya que al no penetrar la luz no crecen algas en las paredes. Esto hace que la rugosidad sea baja y que, además, no se vea apenas modificada con el paso del tiempo.

## Eficiencia energética en instalaciones de riego para bombeo.

Muchos de los regadíos creados en los últimos años, o en ejecución en la actualidad, dependen de la energía para poder transportar el agua desde los puntos de captación hasta las parcelas de cultivo. También la mayoría de las zonas modernizadas con implantación de nuevos sistemas de riego a presión la necesitan para aportar esa presión nece-

saria en hidrante. En definitiva, la gran mayoría de las nuevas instalaciones de riego precisan, en mayor o menor medida, un aporte energético externo sin el cual el riego no sería posible. Así, según el Plan Nacional de regadíos (MAPA, 2001), el consumo de energía primaria en los bombeos de regadío en Aragón era de 103.000 Mwh en forma de electricidad y de 7.000 toneladas de gasoil.

## Por qué es importante mejorar la eficiencia energética

El coste que supone ese consumo de energía es cada vez mayor, su coste. Además, no supone una inversión a amortizar sino que es un coste de producción que “se quema” sin que puede producir un beneficio residual. Así, y las medidas de ahorro que se puedan adoptar para reducir su cuantía son clave para aumentar la rentabilidad del sistema productivo de los nuevos regadíos.

## Como mejorar la eficiencia de las estaciones de bombeo

Hay varias medidas que pueden ser empleadas para mejorar la eficiencia de un sistema de bombeo tanto en el diseño como en el manejo de la instalación.

Actualmente, los diseños de instalaciones de riego con equipos de bombeo a velocidad constante que elevan el agua a una balsa sólo son justificables de determinadas condiciones como, por ejemplo, cuando la balsa tiene la utilidad de acumular y regular el agua de la Comunidad y luego la distribuye por su propio peso.

En otros casos, resulta mucho más eficiente el bombeo directo a la red con bombas en régimen variable equipadas con variadores de frecuencia. Los variadores de frecuencia permiten que la velocidad de giro de la bomba se adapte a las necesidades de presión y caudal de la red de riego.

De esta forma se optimiza el consumo energético de la red ya que la potencia utilizada ya no es constante sino que varía en función de las exigencias de cada momento.

Otra de las posibilidades a tener en cuenta durante el diseño es la sectorización de la zona regable. Así, en lugar de tener una única red de grandes dimensiones que sirve agua tanto a zonas de gran exigencia de presión como a zonas en las que sobra, se pueden crear redes paralelas que abastecen zonas de diferente exigencia de presión adaptando la instalación al rango de trabajo que se le exige en cada sector.

Los aspectos de manejo que más pueden repercutir en el ahorro energético son, principalmente, el control de los equipos hidráulicos y eléctricos de la red. El control de fugas, la reparación de bombas gastadas y el control de consumos de energía reactiva son, por ejemplo, medidas que pueden suponer hasta un 20% de ahorro. Por último, la adecuación de la programación del riego a las necesidades de los cultivos y a las características de la red implicarán seguramente un menor consumo de agua y, por lo tanto, un ahorro de energía.

## BIBLIOGRAFIA

*IDAE (2005). Ahorro y eficiencia energética en agricultura de regadío (2005). Instituto para la Diversificación y Ahorro de energía. Ministerio de industria, turismo y comercio.*

*CIT (2004). Reducing energy use and energy costs. Agricultural Pumping Efficiency program. The Center for Irrigation Technology. California State University.*



Estación de bombeo en Castelflorite.

Cada sistema de riego tiene sus peculiaridades en cuanto a necesidad de mano de obra, manejo, coste, aprovechamiento del agua, etc. No por ello un sistema de riego es mejor que otro. En cada caso particular se debe analizar qué sistema de riego es el más conveniente para determinado tipo de suelo, cultivo, disponibilidad de agua, etc.

Dentro de cada sistema de riego se debe intentar optimizar el manejo del agua para que su aprovechamiento sea el máximo sin que por ello suponga una excesiva carga económica para el agricultor.

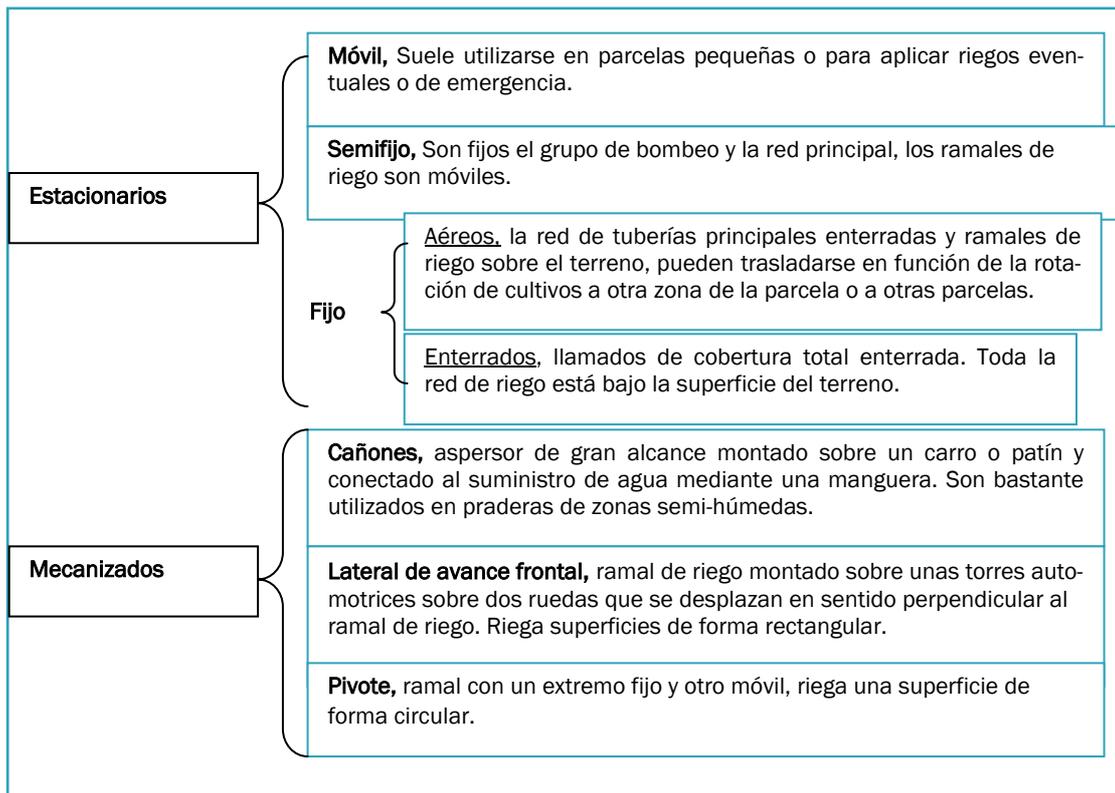
### Elección del sistema de riego:

Para elegir un sistema u otro deberemos tener en cuenta varios criterios:

- ✓ Disponibilidad de agua
- ✓ Calidad del agua
- ✓ Tipo de cultivo
- ✓ Topografía del terreno
- ✓ Geometría de la parcela
- ✓ Factores climáticos (viento)
- ✓ Coste de la instalación

### RIEGO POR ASPERSIÓN

Hay varios sistemas de riego por aspersión, los podemos clasificar en dos grupos:



### Ventajas del riego por aspersión:

- ♣ Permite regar terrenos poco uniformes sin necesidad de una nivelación o preparación previa del mismo.
- ♣ Puede ser utilizado en una gran variedad de suelos, incluso en aquellos de textura arenosa que exigen riegos cortos y frecuentes.
- ♣ Mayor posibilidad de mecanización de los cultivos.
- ♣ Se pueden aplicar sustancias fertilizantes y algunos tratamientos químicos junto con el agua de riego.
- ♣ Se puede automatizar el riego.
- ♣ Se adapta a la rotación de cultivos, para esto el diseño de la red de distribución hay que calcularla para el cultivo que tenga mayores necesidades de agua.

### Inconvenientes del riego por aspersión:

- ☑ En zonas con fuertes vientos dificulta el reparto uniforme del agua, se produce una disminución de la eficiencia de aplicación. Habrá que elegir el sistema de riego que menos le influya.
- ☑ Elevado coste de primera instalación y elevados gastos de explotación debido al coste energético, se compensa con la suspensión de otros gastos (nivelación, construcción de acequias..)
- ☑ Aumenta el riesgo de desarrollo de enfermedades.



## RIEGO LOCALIZADO

El agua se aplica únicamente en la zona del suelo que exploran las raíces del cultivo (bulbo húmedo).



### Sistemas de riego localizado:

**Riego por goteo:** Los emisores aplican el agua gota a gota, llevan un sistema que reduce la velocidad y la presión del agua de riego. Bajas presiones ( $1 \text{ Kg/cm}^2$ ) y pequeños caudales (de 2 a 16 l/h). Indicado para cultivos leñosos y cultivos en línea espaciados entre sí.

**Riego por tuberías emisoras:** El agua se conduce a la vez que se aplica por las tuberías portae-misoras. Las presiones necesarias son bajas (menor a  $1 \text{ Kg/cm}^2$ ) y los caudales no superan los 16 l/h. Indicado para cultivos en línea y poca distancias entre plantas (hortícolas).

**Riego por microaspersión:** Se aplica el agua en forma de lluvia fina sobre la superficie del suelo o del cultivo. El radio de alcance no es superior a los 3 m. Mayores caudales que los anteriores (de 16 a 200 l/h) y presiones entre 1 y  $2 \text{ Kg/cm}^2$ . Indicado para cultivos leñosos y herbáceos.

### Ventajas del riego localizado:

- ♣ Se produce un ahorro de agua importante debido a que hay una disminución de pérdidas por transporte y conducción.
- ♣ Mejor aprovechamiento de los fertilizantes y productos aplicados en el riego.
- ♣ No es necesaria la nivelación de los terrenos
- ♣ Se controlan mejor las malas hierbas.

♣ Posibilita el uso de aguas y suelos con índices de salinidad no aptos con otros sistemas de riego.

♣ Ahorro considerable en mano de obra.

♣ La uniformidad en el reparto de agua en este tipo de riego depende del diseño hidráulico de la red y no de las características del suelo ni de las condiciones climáticas (especialmente el viento)

### Inconvenientes del riego localizado:

- ⊗ La inversión inicial elevada, su coste depende del cultivo, de la calidad del agua de riego y su exigencia de filtrado, del grado de automatización de la instalación, etc.
- ⊗ Se necesita personal altamente especializado para el diseño y montaje de las instalaciones por
- ⊗ Mayor especialización por parte del agricultor.
- ⊗ Mantenimiento cuidadoso por la posible obturación de orificios
- ⊗ No es adecuado para cultivos densos debido a su carácter localizado.
- ⊗ Problemas por deficiente aireación o por dificultad de un control de salinidad en superficie.



Para conocer más en profundidad estos sistemas de riego pueden consultar la documentación que aparece en la web de Oficina del Regante sobre Riego localizado y Riego por aspersión.

En redes de riego a la demanda y con bombeo directo a los hidrantes, existe el problema de mantener la presión adecuada en la red. Esta presión sube hasta los valores de mayor altura de la o las bombas en situaciones de poca demanda y se regula, bien cerrando válvulas de compuerta o mariposa de forma manual o mediante válvulas reguladoras de presión. Esto supone un mal aprovechamiento de la capacidad del bombeo, con desperdicio de energía y por tanto encarecimiento del m<sup>3</sup> bombeado. Se produce también el deterioro de las bombas y accesorios, tanto por calentamiento al hacerlas trabajar por debajo de sus caudales mínimos, como por la cavitación producida.

Cuando aplicamos toda la potencia del motor sobre el impulsor y no evacuamos el caudal suficiente, convertimos el cuerpo de bomba en una especie de “olla a presión” que con el tiempo, y si no se dispone de protecciones térmicas adecuadas, destroza retenes, juntas, estopadas y hasta puede causar daños estructurales en la propia bomba.

Con la aparición de equipos de control de bombeo (autómatas) capaces de controlar un sistema de bombeo, se fraccionaron éstos colocando mayor número de bombas y de menor tamaño, de forma que, en función de la demanda de riego, éste automático arranca y para bombas en secuencia, tratando de mantener el estándar de presión en el colector. Pero todavía estos arranques y paros van condicionados por un diferencial de presión y los temporizadores necesarios, por lo que aún se dan tiempos de exceso de presión en el punto alto de la regulación. Por ello es corriente regular presión en una bomba mediante válvulas hidráulicas o motorizadas, que actúa de “comodín”, o instalar una bomba más pequeña o *Jockey* que ayuda a controlar la presión.

Para solucionar este problema, ya hace algunos años que apareció en el mercado un dispositivo que vino a “revolucionar” los sistemas de bombeo. Este es el **Variador de Velocidad o Variador de Frecuencia**

El variador de velocidad es un dispositivo eléctrico-electrónico que es capaz de convertir la frecuencia de los ciclos (hertzios) de la corriente eléctrica alterna aplicada a los motores eléctricos. Con



Foto 1: Bombeo directo, bomba con variador en la Comunidad de Regantes de Aniñón.  
Campo de trabajo: 5 a 45 litros/ segundo.

esta variación de la frecuencia se modifica la velocidad de giro del motor y por tanto, de la bomba. Al automático se le establece una consigna de presión o altura manométrica fija en el colector de impulsión, comprendida dentro de la curva característica de trabajo de la bomba. Mediante un presostato colocado en el colector de impulsión, el automático conoce la presión en el mismo y mantiene la bomba en el régimen de giro adecuado para mantener la aquella en el parámetro consignado. Para ello, cuando se demanda poco caudal y la presión tiende a subir, el variador disminuye la frecuencia de ciclos de la corriente de alimentación del motor, y este decelera para reducir la presión. Además, en este momento, el consumo de energía eléctrica es adecuado y relacionado al caudal que se bombea. Si se aumenta la demanda, ante la bajada instantánea de presión en el colector, el variador aumenta la frecuencia y el motor acelera para llegar a la presión de consigna, llegando al 100% de capacidad de la bomba si es preciso.

Aprovechando el amplio campo de trabajo que se consigue con el variador de velocidad, se da el caso de bombeos para pequeñas comunidades o fincas, en que una sola bomba es capaz de alimentar el sistema y controlar correctamente todas las diferentes situaciones de demanda de caudal que se presentan.

En estaciones de bombeo de mayor tamaño, equipadas con varias bombas, el automático arranca y para bombas en función de la demanda y la bomba con variador es la encargada de regular la presión.

Siendo esta además, la primera en arrancar y la última en parar, se consigue amortiguar las sobrepresiones que se producen en arranques y paradas de los grupos de bombeo.

Con los variadores de velocidad en el bombeo se consigue:

- ♣ Operaciones de arranque-paro más suaves: se evitan sobrepresiones en el sistema
- ♣ Ahorro de energía: se adapta la potencia a la demanda
- ♣ Presión uniforme: menor mantenimiento de la red



Foto 2: estación de bombeo sector XXI de Castelflorite. Bombeo directo . Cinco bombas, una con variador.

## ■ Manejo de sistemas de riego.

### Efecto del viento en el riego por aspersión.

#### ¿Cómo aplican el agua los sistemas de riego por aspersión?

En estos sistemas de riego el agua se lanza al aire formando un conjunto de gotas que se distribuyen sobre la superficie del terreno o del cultivo. Estas gotas se forman cuando un chorro de agua a presión se rompe al chocar, bien con el aire, bien con un dispositivo creado para este fin (plato deflector en difusores o brazo oscilante de los aspersores). Según sea la naturaleza de estos dispositivos de rotura del chorro de agua y las características de las boquillas, se produce una distribución de gotas de agua de diversos tamaños que son lanzadas a diferentes distancias del emisor.

#### ¿Cómo se valora la calidad de un riego por aspersión?

La calidad del riego por aspersión se define principalmente por dos parámetros: la uniformidad y la eficiencia de riego.

La uniformidad es un parámetro que valora las diferencias entre la cantidad de agua que cae en cada punto de la zona regada. Un riego con una uniformidad del 100% sería aquel en el que en to-

dos los puntos de la parcela cayera la misma cantidad de agua.

La eficiencia de un riego es la proporción entre la cantidad de agua que sale de nuestro sistema de riego y la cantidad de agua que realmente es aprovechada por las plantas.

Así, cuanto mayores sean los valores de uniformidad y eficiencia de un sistema de riego, mayor será la calidad de aplicación del agua que proporcione.



## ¿Qué factores influyen en la uniformidad y en la eficiencia?

En la calidad del riego influyen numerosos factores, tanto de diseño del sistema como ambientales. En la uniformidad tienen gran importancia la elección del modelo de emisor, su disposición (el marco en coberturas totales), la altura a la que se encuentran, el número y diámetro de las boquillas y la presión de trabajo. El factor climático que más distorsiona la uniformidad del riego es el viento, siendo además el único de los factores mencionados que no se puede controlar.

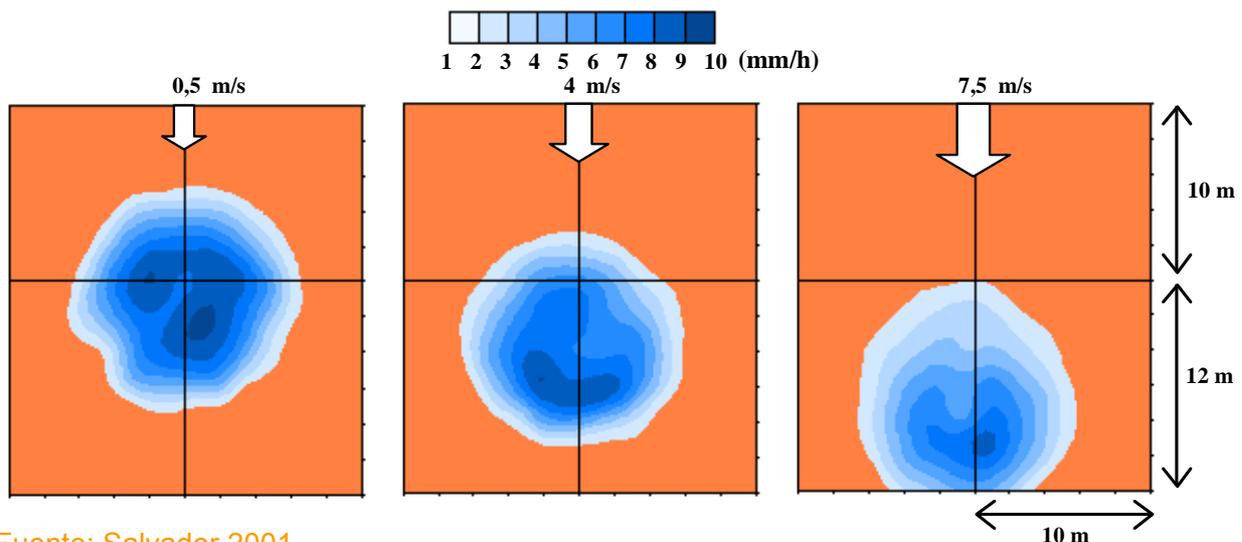


En cuanto a la eficiencia del riego, se ve afectada por todos aquellos que impidan que la totalidad del agua emitida por el sistema sea aprovechada por las plantas. La eficiencia de riego disminuye tanto si hay zonas de la parcela que reciben más agua de la necesaria y ésta se pierde por escorrentía o percolación profunda como si hay zonas que reciben menos agua de la necesaria. De esta forma, todos los factores que antes se habían nombrado como influyentes en la uniformidad del riego y que alteran la cantidad de agua recibida en cada punto también lo son para la eficiencia.

Asimismo, las variables que afectan al porcentaje de agua que se pierde desde que el agua sale del emisor hasta que es aprovechada por el cultivo disminuirán la eficiencia de aplicación de un sistema de riego, ya que parte del agua aplicada no podrá ser aprovechada por el cultivo. Estos factores pueden ser climáticos (viento, humedad, temperatura...) o de diseño y pueden influir en mayor o menor medida en que las gotas que salen del emisor se evaporen o sean arrastradas por el viento antes de llegar al suelo. Estas gotas perdidas en el trayecto hasta el suelo se denominan "Pérdidas por evaporación y arrastre". Estas pérdidas aumentan cuanto mayor es la temperatura y menor es la humedad del aire, aunque el factor que más influye es la velocidad del viento.

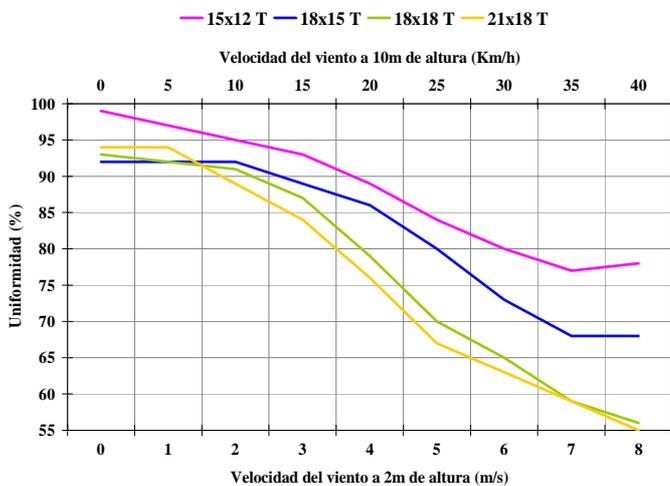
## ¿Cómo afecta la velocidad del viento a la uniformidad?

El viento afecta a las gotas de agua que salen de un emisor desplazándolas a un lugar diferente del que caerían si no hiciera aire disminuyendo así la uniformidad del riego aplicado. Como norma general, el viento distorsiona la forma en que cae el agua alargando la distribución y moviéndola a favor del viento. Este efecto puede verse en la siguiente figura, en la que se muestra la distribución de agua aplicada por una boquilla de 3,8 mm. Como es evidente, el solapamiento entre las distribuciones de los emisores individuales no será igual en condiciones de viento y en calma. Si tenemos en cuenta que el equipo se diseñó suponiendo un buen solapamiento sin viento, cuando la velocidad aumente el solapamiento se verá afectado, generalmente produciendo un peor reparto del agua.



Fuente: Salvador 2001

Se han realizado numerosas investigaciones y simulaciones para conocer cómo influye la velocidad del viento en la uniformidad del riego por aspersión. Parece ser que, en lo que a uniformidad se refiere, el viento distorsiona más el riego en los sistemas de cobertura total o móvil que en las máquinas de riego (pivots y rangers). En la siguiente tabla se muestran algunos valores obtenidos por investigadores del CSIC-CITA que indican los valores uniformidad en una cobertura total al tresbolillo con boquillas de 4,4 y 2,4 mm con varios ejemplos de marcos triangulares y regando a una presión de 3,5 Kg/cm<sup>2</sup>. Se aportan dos escalas de velocidad de viento equivalentes, a 10 m de altura y medida en Km/h (tipo de datos que utiliza el Instituto Nacional de Meteorología) y a 2 m de altura y medida en m/s (datos que se utilizan con fines agrometeorológicos).



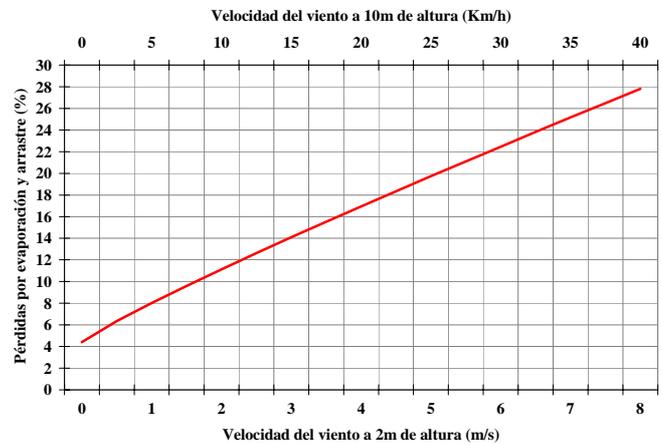
Fuente: Playán et. Al. 2005

### ¿Cómo afecta la velocidad del viento a la Eficiencia de riego?

La velocidad del viento afecta a la eficiencia de riego en la misma medida que afecta a las pérdidas por evaporación y arrastre. Así, cuanto mayor es la velocidad del viento, mayor es la cantidad de gotas de agua que son arrastradas y caen al suelo fuera de la parcela regada o se evaporan sin llegar a ser aprovechadas por las plantas.

El factor que más influye en la cantidad de agua perdida por evaporación y arrastre es el viento. Así, en numerosos estudios se han intentado relacionar los valores de pérdidas observados en riegos por aspersión con la velocidad del viento. En la siguiente gráfica puede verse la relación aproximada entre estos dos factores obtenida a partir de ensayos con una cobertura total. Con una velocidad de viento de 4 m/s (20 Km/h en datos a 10 m del suelo) se pierde un 17% del agua aplicada,

dato muy importante dado que aproximadamente un 20% de las horas en el centro del Valle del Ebro presentan estas velocidades o mayores. Si se observa el gráfico, aún sin viento se pierde algo de agua, debido probablemente a otros factores que influyen en las pérdidas por evaporación y arrastre tales como las elevadas temperaturas o la baja humedad relativa.



Fuente: Salvador 2003.

### ¿Cómo evitar las pérdidas por evaporación y arrastre?

La mejor forma de disminuir las pérdidas por evaporación y arrastre es regar en los momentos en los que la velocidad del viento y la temperatura son menores y la humedad relativa es elevada. Como regla general, estas condiciones se dan en las horas nocturnas. Así, la velocidad del viento es un 40% menor por la noche, la humedad aumenta un 25% y la temperatura disminuye también un 25% (Salvador, 2005). Así, regando de noche, las pérdidas por evaporación y arrastre se reducen aproximadamente a la mitad.

En numerosas ocasiones, la distribución de los sectores de riego en la parcela y la capacidad de la red no permiten que únicamente en las horas nocturnas se aplique la totalidad de la dosis de riego necesaria para los cultivos. En estos casos, la alternancia de riegos nocturnos y diurnos en cada sector proporciona unos beneficios similares al riego exclusivamente nocturno, ya que se van compensando los valores de agua aplicada en cada punto de la parcela en los riegos sucesivos.

Como recomendación puede decirse que, a partir de velocidades de viento de 3,5–4 m/s (es el equivalente 17-20 Km/h a 10 m sobre el suelo) no sería recomendable el riego por aspersión, ya que el descenso en la uniformidad y los valores de pérdidas por evaporación y arrastre comienzan a ser importantes.

Las instalaciones de riego localizado se diseñan para que su uniformidad y su eficiencia de aplicación sean óptimas y se mantengan constantes a lo largo del tiempo. Sin embargo, esto no se puede asegurar si no se realiza un manejo adecuado del riego que incluya una revisión y un mantenimiento preventivo de los componentes.

Una de las principales causas de fallo dentro de un equipamiento de riego localizado es la obturación de los emisores, sobre todo en el caso de goteros. Cuando estos problemas aparecen, los goteros sufren una disminución de caudal y en casos graves pueden cegarse totalmente. Si el agricultor no se percata a tiempo de que eso está sucediendo, puede que haya plantas que acusen la falta de agua y el perjuicio productivo sea notable. Por eso, lo más recomendable es realizar un mantenimiento preventivo de la red y supervisar periódicamente el estado de los goteros.

Las obturaciones en los goteros son más frecuentes cuanto menor es el diámetro del conducto de salida del agua y cuanto menor es la velocidad de circulación de la misma. Las causas que pueden generar estos problemas son:

- Agentes externos (raíces, tierra).
- Partículas gruesas arrastrados por el agua (arenas, arcillas, restos de organismos vivos).
- Elementos disueltos en el agua que forman precipitados (cal, óxidos, fertilizantes).
- Organismos que crecen dentro de las tuberías (algas, bacterias).

Cuando los goteros están apoyados en el suelo o enterrados, están expuestos a cegarse por la entrada en el gotero de pequeñas raíces del cultivo o de malas hierbas. Además, hay que tener en cuenta que cuando se termina un ciclo de riego y las tuberías se van vaciando, algunos goteros actúan como ventosas por las que entra aire. Si el gotero está junto al suelo, con el aire puede entrar agua sucia que lo obstruye.

Para prevenir esta situación, lo más conveniente es evitar el contacto directo del orificio del gotero con el suelo o utilizar emisores antisucción.



Foto 1: colocando el gotero con el orificio hacia arriba se evita que entre en contacto con el suelo.

En goteros diseñados para riego subterráneo, algunos fabricantes incorporan dentro del mismo una pastilla de herbicida que se libera lentamente impidiendo que las raíces se desarrollen cerca del gotero. En estas instalaciones se recomienda, además, la disposición de ventosas en las tuberías terciarias para evitar el efecto de succión

### .Partículas gruesas arrastradas por el agua

El agua de riego puede arrastrar granos de arena, arcillas, restos de seres vivos y pequeños trozos de plástico que se van a acumular en los goteros. Para evitar que lleguen a obturarlos es necesario impedir que esas partículas entren en la instalación. Para ello se debe disponer de un buen sistema de filtrado que garantice la retención de partículas hasta 10 veces más pequeñas que el paso de agua por el gotero.

La capacidad de filtrado de un filtro de anillas o de malla se expresa por el número mesh, que representa el número de orificios que hay en una pulgada lineal (2,54 cm) del filtro. Es decir, cuanto más grande es el número mesh, más pequeño es el paso del filtro. La relación entre el diámetro de los orificios del filtro y nº mesh es la que se ve en la siguiente tabla:

Diámetro orificio (mm)	Nº MESH	Diámetro orificio (mm)	Nº MESH
0,06	250	0,18	80
0,09	170	0,25	60
0,10	150	0,35	42
0,12	115	0,80	24
0,15	100	1,00	16

Así, si un gotero tiene un diámetro mínimo de paso de 1 mm se debería elegir un filtro con un paso de  $1/10 = 0,1\text{mm}$  o 150 mesh.

### Elementos disueltos en el agua.

Según el origen del agua de riego, ésta puede contener sustancias disueltas de origen mineral (carbonatos, compuestos férricos, ácido sulfhídrico, etc) que al variar la temperatura o al aumentar su concentración pueden unirse en partículas que precipitan y quedan adheridas a los goteros. Esto también puede suceder cuando se añaden fertilizantes al agua de riego que son incompatibles entre sí y reaccionan produciendo precipitados.

En las aguas del Aragón lo más habitual es la presencia de cal (carbonato cálcico) en concentraciones variables pero generalmente altas. En las explotaciones con aguas muy calizas se deberían aplicar tratamientos preventivos con ácidos (p.e.: 0,5 litros de ácido nítrico por  $1\text{ m}^3$  de agua de riego durante 30 minutos) a través del equipo de inyección de fertilizantes para evitar que se formen esos precipitados. Si ya se han detectado obstrucciones se debería realizar un tratamiento más severo durante un periodo de tiempo prolongado.



Foto 2: la cal es uno de los principales problemas en las instalaciones de Aragón.

Cuando son otras las sustancias que ocasionan el problema existen otros métodos de prevención como la aireación del agua o la adición de cloro. En cada caso lo más conveniente es analizar una muestra de agua en un laboratorio especializado y consultar a un técnico.

### Organismos que crecen en el agua.

Los microorganismos más habituales en el agua de riego son las bacterias y, sobre todo, las algas microscópicas que se pueden reproducir dentro de las tuberías y goteros generando unas masas gelatinosas. Estos microorganismos se van a desarrollar de una forma más rápida si el agua permanece estancada en balsas, por lo que es muy importante prevenir su aparición en esas instalaciones (Ver: Boletín nº 2, sección: "Consultas").

### Recomendaciones

Para asegurar el buen funcionamiento de una instalación de riego localizado es muy importante prevenir la obstrucción de los emisores mediante los procedimientos indicados en cada caso:

- \* Proteger los goteros ante la entrada de elementos externos.
- \* Utilizar un sistema de filtrado adecuado a nuestra instalación.
- \* Analizar la calidad del agua y realizar tratamientos químicos preventivos.
- \* Evitar la proliferación de microorganismos.

Si la obstrucción no se ha podido evitar a tiempo, muchas veces es preferible sustituir el gotero afectado o pinchar uno nuevo en su lugar que intentar desatascarlo con un punzón. Si es autocompensante y se perfora la membrana, el gotero queda totalmente inservible



Foto 3: al perforar los goteros obstruidos la instalación pierde totalmente su uniformidad ya que no se puede controlar el caudal de cada gotero.

**E**l pívot es una máquina de riego por aspersión que, como su nombre indica, gira sobre un pivote central, comúnmente llamado centro, torre central o base del pívot. A ella se conectan en línea los tramos que conforman la máquina, en número preciso para conseguir la longitud idónea en cada parcela. Es frecuente terminar la instalación con un alero o voladizo final, de diferente longitud, llegando hasta los 25 metros.

Por la geometría de la parcela, el pívot puede ser circular (giro completo) o sectorial.

La torre central, en forma de pirámide y ensamblada con ángulos de acero galvanizado de diferentes medidas, está anclada mediante pernos a una base hormigón suficientemente grande para evitar movimientos y desplazamientos. En esta base central se sitúan varios elementos como: cuello de cisne de acople, filtro de pívot, electroválvula de corte, tubo central de subida, cuadro eléctrico de control, etc., todo ello unido a la tubería enterrada de alimentación de la máquina. Además, soporta normalmente el armario eléctrico de maniobra y el colector de alimentación eléctrica de las torres.

Los tramos o torres intermedias y torre final, se conforman a partir de la tubería de alimentación y soporte de los emisores, formando un conjunto en arco rígido mediante triangulaciones y tensores de acero galvanizado, que se acopla al eje de cada tramo mediante un conjunto de ángulos (patas), que le da estabilidad y permite el desplazamiento. Estas patas hacen de escalera para acceder al cofre de control de cada torre.

El eje soporta el motoreductor eléctrico, las transmisiones, los reductores de rueda, y las ruedas, que dan movimiento a la máquina. Actualmente las ruedas, para evitar atascos, se instalan del tipo "alta flotación".

La unión entre torres se realiza mediante una estructura en forma de cardan que permite unos grados de giro, capaces de absorber las irregularidades del terreno. La unión entre los tubos, realizada con manguitos elásticos, permiten también dicho giro.

Por la parte superior y sujeta a la tubería, discurre la manguera eléctrica de varios hilos que transmite a las torres la fuerza y las diferentes órdenes de arranque, paro y sistema de seguridad.

Desde el cuadro de control se realizan todas las operaciones, con las diferentes opciones que ofrecen, como pueden ser: avance con control de velocidad (de cero a cien por cien), giro a izquierda o derecha, chequeo torre averiada, y de forma automática el paro en posición, auto reverse, control de bomba o hidrante, paro por seguridad ante cualquier fallo como desalineación de alguna torre, patinaje, etc.



### FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

La máquina, para su movimiento, precisa de energía eléctrica. Esta le puede ser suministrada desde la red, o en su defecto, mediante un generador de corriente, normalmente diesel a 1.500 r.p.m.

La alineación de la máquina se consigue con la regulación del recorrido de una leva que hay en cada cofre de torre. Mediante una varilla roscada anclada a la torre siguiente se regula su posición para que mantenga el micro interruptor de arranque-paro en su punto idóneo para este fin. A la orden de arranque, la máquina avanza arrancando la última torre, seguida sucesivamente de las demás y realizando diversos arranques y paradas para mantenerse alineada.

El caudal de agua necesario para riego, puede proceder del hidrante de un sistema a presión en comunidad o de otras fuentes individuales, como acequias, pozos, etc., requiriendo además en estos casos, un bombeo.

El cuadro de control de la máquina suele estar preparado para recibir órdenes y enviar señales, con lo que esta se puede integrar en un sistema automatizado dentro de la finca o de una comunidad.

Tras esta exposición de las características mecánicas de los pivots, hay que resaltar que debido a que durante el riego la máquina avanza lentamente, en terrenos pesados o arcillosos, se va formando una rodera que llena de agua y barro, termina atascándola, por lo que es aconsejable el llenar esta rodera de grava gruesa o de piedra caliza, que una vez asentada, termina con este problema.

### CONFIGURACIÓN DEL RAMAL

El riego se realiza con movimiento circular por lo que es inevitable que en parcelas que no tengan esta forma queden zonas sin regar, esto puede resolverse instalando en el equipo unos dispositivos llamados "de esquina" que se ponen en funcionamiento al pasar por estas zonas, otra solución es instalar en estas esquinas un sistema de cobertura total enterrada.

A la hora de configurar la composición de la máquina, se pueden estudiar diferentes combinaciones, teniendo en cuenta que el coste de metro lineal de voladizo es menor que el metro lineal de torre, podemos variar tanto el número y la longi-

tud de los tramos como el propio voladizo, pero manteniendo siempre la consistencia y seguridad de la máquina frente a condicionantes como pueden ser desniveles acusados, fuertes vientos, pandeos, etc.

Por este razonamiento, en parcelas con grandes desniveles o afectadas de fuertes vientos, lo más aconsejable es formar la máquina con tramos cortos (entre 42 y 48 m), de forma que en los puntos más desfavorables, se pueda mantener una altura mínima para que la estructura de la torre no arrastre sobre los cultivos (maíz, por ejemplo). También en este caso se aconseja no colocar voladizos muy largos, 12 metros máximo, aun a costa de colocar alguna torre más. Esta configuración antes descrita, y para casos de fuertes vientos, también está condicionada al diámetro de la tubería del pivot. Para máquinas de mayor longitud, la tubería aumenta de diámetro, pasando de 4 1/2" a 5 9/16", 6 5/8" y hasta de 8". A mayor diámetro, mayor rigidez y resistencia de la estructura de la torre, con lo que se puede ir a longitudes máximas.

VELOCIDAD %	TIEMPO DE GIRO(h)	ha/riego/hora	l/m <sup>2</sup> /SECT OR	VELOCIDAD (m/h)
100	8,1	3,75	3,49	162,0
95	8,5	3,56	3,67	153,9
90	9,0	3,38	3,88	145,8
85	9,5	3,19	4,11	137,7
80	10,1	3,00	4,36	129,6
75	10,8	2,81	4,65	121,5
70	11,5	2,63	4,99	113,4
65	12,4	2,44	5,37	105,3
60	13,5	2,25	5,82	97,2
55	14,7	2,06	6,34	89,1
50	16,2	1,88	6,98	81,0
45	18,0	1,69	7,75	72,9
40	20,2	1,50	8,72	64,8
35	23,1	1,31	9,97	56,7
30	26,9	1,13	11,63	48,6
25	32,3	0,94	13,96	40,5
20	40,4	0,75	17,45	32,4
15	53,9	0,56	23,26	24,3
10	80,8	0,38	34,90	16,2
5	161,6	0,19	69,8	8,1

En terrenos llanos y poco afectados de vientos y por tanto de pandeos, perfectamente se pueden configurar tramos de hasta 60 metros de longitud y aleros de hasta 25 metros con tubería de 4 ½”.

Cuando el caudal y la presión disponible en la base del pivót es suficiente, se suele acoplar un aspersor de gran caudal o cañón en el extremo del voladizo que incrementa la superficie regada, con alcance medio de unos 15 metros.

### EQUIPOS DE RIEGO

Las máquinas se equipan con diferentes tipos de emisores. En ocasiones colocados sobre el tubo superior, siendo estos aspersores de impacto de baja presión o Sprays, siempre con regulador de presión. Esta disposición arriba supone que la distribución del agua está más afectada por el viento y por el propio choque sobre la estructura de la máquina.

La tendencia es equipar las máquinas con bajantes (drops) para situar el emisor en la altura idónea en función del cultivo, con lo que se mejora la distribución frente al viento, se evitan riesgos de helada sobre la estructura, etc. Estos bajantes pueden ser

metálicos o flexibles. Este último sistema permite ir enrollándolo en la estructura conforme va creciendo el cultivo. En cuanto a los emisores empleados, pueden ser del tipo quad-spray, spray, i-wob, rotator, etc., todos ellos adecuados para trabajar en rangos de baja presión si es preciso, y seleccionados en función del diámetro a mojar, la pluviometría, tipo de terreno, etc.

### CAUDALES

Para las necesidades y cadencias de riego en época de máxima demanda de un cultivo de verano como puede ser maíz, la dotación necesaria para una máquina de tamaño medio (15 a 20 ha. regadas) sería de 1,2 l/s.ha. Este caudal se distribuye a lo largo de la máquina en virtud a la carta de riego establecida, variando la pluviometría en función del tipo de terreno, pendientes, etc, siendo lo habitual un recorrido al 40% que supone un tiempo de riego de 20 horas diarias, en el que la pluviometría sería de 8,72 l/m<sup>2</sup>. El cálculo de la pluviometría en función de la velocidad depende del modelo del Pívot, existen tablas que las relacionan.

## Amueblamiento de parcela/ Aspersión/ cobertura enterrada.

**E**n el artículo anterior se han comentado las particularidades de los Pívots, en éste artículo definiremos la cobertura total enterrada.

Si nos decimos por la instalación de cobertura total enterrada frente el uso de los pivots obtenemos:

#### Como desventajas:

- Mayor coste de instalación por hectárea (salvo en los casos de pivots pequeños y esquinas equipadas) .

- Mayor dificultad para la realización de labores agrícolas.
- Mayor afección de la calidad del riego por el viento, etc.

#### Como ventajas:

- √ Uso en parcelas con una conformación irregular.
- √ Desniveles acusados dentro de la misma
- √ Sectorización para determinados y diferentes cultivos



Foto (1): Detalle afección del viento

- ✓ No se precisa energía eléctrica
- ✓ Menor dependencia de personal técnico para el mantenimiento
- ✓ Cobertura ya de la totalidad de la parcela

### Diseño:

A la hora de diseñar el equipamiento de la parcela, se habrá de tener en cuenta la disposición de las calles de trabajo de aspersores, de forma que se consiga la mayor longitud de trabajo posible, además, estas calles deben estar orientadas en perpendicular al sentido del viento dominante en la zona.

Una vez decidido el marco idóneo entre aspersores (15 x 18, 18 x 18, 18 x 21 a tresbolillo) y el arranque de la parcela, se procederá a dimensionar los sectores en que se divida el riego en la misma. Esta división se hará en función del caudal instantáneo disponible en el hidrante (solicitar a la Comunidad de Regantes el caudal asignado a la parcela). Un exceso en el caudal demandado en su sector, supondría una pérdida de presión y por lo tanto, de la calidad del riego.

Los cálculos hidráulicos para el diseño y diámetro de las tuberías primarias y secundarias se harán teniendo en cuenta caudal y presión disponible en el hidrante, la distancia a los diferentes sectores y los desniveles a favor o en contra que puedan existir en la parcela.

Tanto presiones en boquilla de aspersor por debajo de la considerada como ideal, como diseños no adecuados, repercuten negativamente en la uniformidad y calidad del riego por aspersión en cobertura total enterrada.

### Montaje de la instalación:

**Replanteo:** marcar los puntos donde irá colocado el aspersor y los puntos de corte inyectado.

**Rayado:** servirá de guía y referencia, tanto del equipo de inyección de polietileno, como para la excavación de hoyos y zanjas

**Inyección de polietileno:** Con un tractor oruga de unos 200 CV y 20 TN de peso en adelante, provisto de reja y atalajes adecuados, se procederá a la inyección del tubo de polietileno. Previa-

mente, si la dureza o existencia de piedra en el suelo lo exige, se labrará con antelación para asegurar que el tubo quede a la profundidad deseada.

**Apertura de hoyos.-** Normalmente se realiza con una máquina excavadora "mixta".

**Reparto de materiales.-** Una vez abiertos los hoyos, se repartirán las "cañas" portaaspersores y los dados de hormigón de anclaje, así como las tuberías de PVC, reducciones, collarines, válvulas, desagües, etc., procurando dejarlos de forma que no entorpezcan la excavación de las zanjas.

**Apertura de zanjas.-** Una vez repartido el material, se procederá a la apertura de las zanjas, tanto de la tubería general como de las tuberías secundarias.



Foto (2): Arquetas alineadas.

**Montaje de "cañas".-** Si se emplea el sistema de replanteo descrito mediante GPS, el montaje de las cañas se simplifica, no necesitando ayudas para alineación de las mismas, visibilidad a través de taludes de tierra, etc., quedando ya alineada a todas las caras en el momento de su colocación y fijación con el dado de anclaje.

**Montaje de tuberías.-** A criterio de cada instala-

dor, previamente a la colocación de las tuberías generales, se colocaran los micro-tubos de mando o cable eléctrico, según el caso, y a continuación se montarán las tuberías y las válvulas de sector en su emplazamiento, las tuberías secundarias y los collarines de conexión para las tuberías terciarias, en este caso de PE Ø32. Si es posible, es interesante arrancar el montaje de la tubería general conectada ya a los elementos del cabezal o hidrante.

**Limpieza de tuberías y colocación de aspersores.-** Una vez limpias las tuberías, para lo que se habrá sacado agua por los desagües y soportes de aspersores, ya se podrán montar los aspersores.

### Ejecución y materiales más usuales:

**Cabezal de entrada.** Cada Comunidad, según su normativa particular, establece la forma de automatizar la apertura y cierre del riego por parte del usuario. En unos casos se autoriza a actuar sobre el hidrante y en otros casos se aconseja instalar una válvula hidráulica que hará las veces de válvula maestra. A continuación, especialmente en las coberturas, se suele instalar un filtro de malla de paso suficiente (2 mm.) para retener piedras u otras partículas que pudieran obstruir las toberas de los aspersores.

Últimamente, en algunos proyectos y dentro de la configuración del hidrante, se contempla la colocación de un filtro de mayor superficie filtrante que el habitual caza-piedras, que puede sustituir al filtro de salida del que se hablaba anteriormente. A la salida del filtro, y si hay desniveles en contra, se



Foto (3): cabezal de entrada sin válvula maestra.



Foto (4): cabezal de entrada con válvula maestra.



Foto (5): desagües sector

**Pruebas.** Instalado ya el sistema de mando de la parcela, sea manual o automático, se procederá a probar la instalación con presión, así como el buen funcionamiento del citado sistema de mando.

colocará una válvula de compuerta o mariposa que facilite las labores de limpieza de las mallas. En el cuello de cisne de unión a la tubería, se colocarán tomas de  $\frac{3}{4}$ " aproximadamente para la fertirrigación.

**Excavaciones:** Todas las tuberías generales deberían de quedar enterradas como mínimo a un metro sobre la generatriz superior de la tubería. Cuando se trate de tuberías secundarias de los sectores, esta profundidad irá relacionada con la profundidad de inyectado del polietileno de Ø 32, (entre 80 y 90 cms.) de forma que, colocado el collarín con su té de latón, el polietileno empalmado quede horizontal.

Todas las zanjas se rasantearan y las tuberías de PVC, micro tubos y cable se tapan a mano. En el caso de cables, sobre el tapado de mano, se colocará una cinta de baliza para su detección en caso de excavación.

**Tuberías:** El polietileno para inyectar será de PN 6 atm y alta densidad, con 2 mm de espesor máximo. Las tuberías de PVC serán PN 6 y unión por junta elástica, excepto la de Ø 50 que lo será encolado. En los sectores, se respetarán los diámetros de colocación del collarín como se indica en los planos. Al final de cada secundaria de sector se colocará un desagüe elevado de Ø 50 mm en PVC y codo de 90° de salida, protegido por un tubo de hormigón de 20.

**Collarines:** Los collarines para alimentación del polietileno de riego serán de fundición con salida a 1", con tornillos de acero inox o acero 8,8. La te de 32-1"-32 de unión al tubo de PE será de latón y escamas autoblocantes.

**Válvulas hidráulicas:** Las válvulas hidráulicas serán de cámara simple o doble, de disposición en línea para la automatización de los hidrantes. Las válvulas de los sectores, con el fin de reducir el tamaño de la arqueta, serán en ángulo o en línea y disposición vertical. Se colocarán elevadas mediante un tallo de PVC de 10 atms o piezas de calderería, de diámetro suficiente para los caudales que se manejen. Se pueden emplear bridas y portabridas de PVC, con tornillos de calidad 6,8 cincada o bicromatada colocando arandelas en la parte de la brida de PVC. Para la salida de la válvula,

cuando solo hay una bajante, se realizara en el mismo diámetro y timbraje de la subida, independientemente del diámetro de salida del sector. Cuando se sale a ambos lados de la válvula, tanto la Te de salida, como los tallos de bajada, serán del mismo diámetro que el inicio de los sectores. Todo el conjunto se hormigonará, rebasando el hormigón la parte inferior y superior de las piezas de PVC. Se protegerá con un tubo de hormigón como arqueta, apoyado en el hormigón de anclaje.



Foto (7): detalle tubos aspersores.

El diámetro del tubo variara Ø 600 a Ø 1000 dependiendo del caso. Sobre el tubo se colocará una tapa de chapa galvanizada.

**Ventosas:** En el caso de que se hubiera de colocar alguna ventosa en la red, se acoplará con un collarín a la misma y se colocará en un punto próximo a un aspersor o arqueta de válvula, de forma que entorpezca lo menos posible las labores.

**Aspersores:** Los aspersores se soportarán sobre tubo galvanizado de 3/4" calidad, DIN 2440, UNE EN 10240 en dos tramos de 2 y 1 metros ó de 2 y 0,5 m, utilizando manguitos HG de 3/4" maleables. La unión al polietileno se hará mediante una te de latón de 32-3/4"-32 roscada, embadurnando la rosca y unos 3 cms del tubo con pintura de protección. Sobre el tubo se colocará una funda de polietileno de Ø 32 y un ml como protección, y se anclara con un dado de hormigón de 20 x 20 cms. En los aspersores de las orillas se colocará una chapa de protección con el fin de no regar caminos, fincas colindantes, etc.

Los aspersores pueden ser de latón o de plástico, en función del presupuesto, y de tamaño y características suficientes para el riego en el marco elegido.

Los aspersores quedarán perfectamente alineados a todas las caras.



Foto (6): detalle normalización.

**Piezas metálicas:** los cuellos de cisne, tanto de salida de hidrantes, como de subida a válvulas de sector si fueran metálicas, serán de calderería de acero o fundición, granallado y recubierto de resina epoxi y secado al horno, con su correspondiente anclaje de hormigón en la parte inferior.

**Piezas en la red:** Todos los codos, tes, etc, de la red, sean de PVC o metálicos se anclaran y recurrirán debidamente con hormigón.

**Automatización:** La automatización del sistema se encomendará a un controlador de riego. En el caso de que solo haya de gobernar la válvula maestra y el cambio de sectores, será suficiente con un controlador de pila a 9 voltios, de los muchos que hoy día existen en el mercado. Si además de esas funciones, se ha de fertirrigar de forma automática, limpiar filtros, arrancar motobombas diesel, etc., se precisará de un controlador que sea capaz de realizar estas funciones. Como estos equipos se alimentan normalmente con una batería de 12 voltios, será necesaria también la instalación de una pequeña placa solar y su correspondiente regulador de carga. Ambos equipos pueden activar solenoides de tipo lacht (impulso), de menor consumo que los de activación continua.

Todo el conjunto de controlador, panel de solenoides y panel de válvulas manuales de tres vías, se

colocara de forma ordenada, bien en un pedestal o en un soporte de acero en la pared de la caseta si la hay, con todos los elementos numerados a la vista y recogiendo los drenajes en un conducto común fuera de la caseta de control.

Los microtubos de mando de PE Ø 5,5 x 8 mm, una vez extendidos, se macearan cada unos dos metros con cinta, y se colocaran en una orilla de la zanja, separados de la tubería de PVC, vigilando especialmente que en el tapado a mano no le caigan piedras encima que pudieran dañarlos en un futuro. Se contempla que al menos dos tubos de reserva recorran todas las válvulas.

**Fertirrigación:** La fertirrigación se realizará mediante una bomba inyectora, hidráulica o eléctrica (con ayuda de un pequeño generador o de una batería de 12 voltios) y el reparto del fertilizante si fuera necesario a diferentes puntos, se realizará mediante tubería de PE de Ø 32 y 10 atm., también accionada por el controlador de riego o de forma manual.

**Garantía:** Para toda la instalación, se concertará una garantía mínima de un año a contar a partir de las pruebas de la misma.

## Automatización del riego.

**E**l objeto de automatizar una red de riego es conseguir la telegestión y el telecontrol del riego en hidrantes, válvulas motorizadas en la red, nivel de embalses, caudalímetros, presostatos, etc mediante un programa de PC a través de un ordenador central y una red de unidades concentradores y terminales remotos de campo.

En una red de riego es posible automatizar:

- ✓ Inicio programas de riego
- ✓ Arranque y parada de bombas de impulsión
- ✓ Niveles de embalses
- ✓ Hidrantes, apertura/cierre, registro instantáneo de caudal, acumulado de consumos
- ✓ Válvulas motorizadas
- ✓ Presión de la red
- ✓ Caudales

- ✓ Bombas fertilizantes
- ✓ Limpieza de filtros
- ✓ Electroválvulas
- ✓ Riego a nivel de parcela a partir de hidrante
- ✓ Cualquier otro elemento que fuese necesario controlar

**Con sistemas automatizados conseguiremos:**

- ♣ Mayor eficiencia de riego
- ♣ Ahorro tanto de agua y energía como de mano de obra
- ♣ Detección de fallos que previenen la rotura de otros componentes de la instalación
- ♣ Control del agua consumida

La elección del nivel de automatización debe hacerse siguiendo criterios técnico-económicos, según las características de la explotación y las preferencias del agricultor.

Los **componentes** de los sistemas de gestión y control son:

- ✓ Unidad central de control: PC y programa de telegestión
- ✓ Unidades concentradoras
- ✓ Terminales remotos
- ✓ Sistema de comunicación
- ✓ Caudalímetros
- ✓ Sondas de nivel
- ✓ Presostatos
- ✓ Transductores

La comunicación entre las unidades de control y las de campo puede realizarse mediante:

**Sistemas de control monocable.** Desde el centro de control se tiende un cable bifilar, que recorre todos los terminales remotos, abarcando distancias máximas de 10 Km. Para mayores distancias es

preciso instalar estaciones concentradoras/repetidoras con alimentación autónoma mediante baterías y paneles solares.

Por este cable, normalmente protegido mediante fleje de acero, pantalla antiparasitaria y cubierta de PE, se suministra la energía de alimentación a los terminales remotos y se envían las diferentes órdenes y señales que aquellos se encargan de codificar y ejecutar.

**Sistemas de control vía radio.** Usando tecnología de radiofrecuencia para la comunicación entre el centro de control y las unidades remotas. Cada terminal remoto dispone de una antena y la alimentación es por baterías de litio desechables o baterías recargables con un pequeño panel solar. Este sistema tiene la ventaja de poder trabajar con frecuencias libres.

**Línea telefónica.** Usando comunicaciones en serie.

**Combinación de monocable y vía radio.**



Figura 1 Ejemplo de automatización vía radio

La elección del sistema de comunicación está condicionada por factores económicos, orográficos o estructurales.

Así por ejemplo, cuando el tendido puede realizarse junto con otras obras de infraestructura, puede resultar interesante el uso de las líneas monocable.

Cuando la unidad de control tenga que conectarse a varios periféricos dispersos y con obstáculos a la propagación de las ondas, podría resultar más económico el enlace por radio, con un alcance de hasta unos 20 Km., o una combinación de enlace radio y líneas físicas. A la vez, la utilización de la

radio puede implicar un incremento considerable del consumo eléctrico por terminal remoto.

### Características a exigir a un sistema de telecontrol.

Para su correcto funcionamiento es preciso que cumpla los siguientes requisitos:

- **Robustez** de los elementos que se van a instalar ya que el medio donde van a trabajar es hostil para los elementos que lo componen (cambios de temperatura, de humedad, polvo, tormentas, etc.)
- **Seguridad** de los elementos de comunicación y procesos de funcionamiento del sistema.
- **Antivandalismo**, protegiendo convenientemente u ocultando los equipos.
- **Sistema de alimentación autónoma**, bien a través del cable o con pilas, baterías, placas solares, etc.
- **Mantenimiento sencillo y económico**, que pueda ser realizado a un primer nivel por los responsables de la supervisión, manejo y conservación de las instalaciones de riego, con la previa formación y capacitación de ese personal.
- **Fácil** de adaptar a posibles modificaciones o ampliaciones.

• **Uso de estándares comerciales**, facilitando la sustitución por averías, de elementos por otros iguales o de otras marcas existentes en el mercado, impidiendo la dependencia absoluta de un único fabricante, aspecto a tener en cuenta también en el programa de gestión del sistema.

### Automatización del riego en parcela:

Para poder automatizar el riego en una parcela es necesario que la apertura y cierre y la sectorización en su caso, se realice a través de válvulas hidráulicas que se puedan pilotar con válvulas solenoide.

Actualmente se dispone en el mercado gran diversidad de equipos de control para automatización del riego a nivel de parcela: Es posible automatizar las funciones más básicas, como puede ser la apertura y cierre de válvulas hidráulicas para cambio de sectores o posturas de riego. Para esta función es suficiente con pequeños equipos alimentados con pilas, que controlan válvulas solenoide de tipo Lacth o impulso de muy bajo consumo. Estos equipos son capaces de gobernar válvulas maestras o motobombas, cambiar sectores y realizar varios arranques por día.

También es posible tener un control total de la instalación a nivel de parcela-cultivo, con equipos capaces de efectuar limpiezas de filtros, control de la fertirrigación, inicio, paro o interrupción de programas de riego por sondas de humedad, temperatura, por teléfono móvil a través de mensajes (SMS) etc.

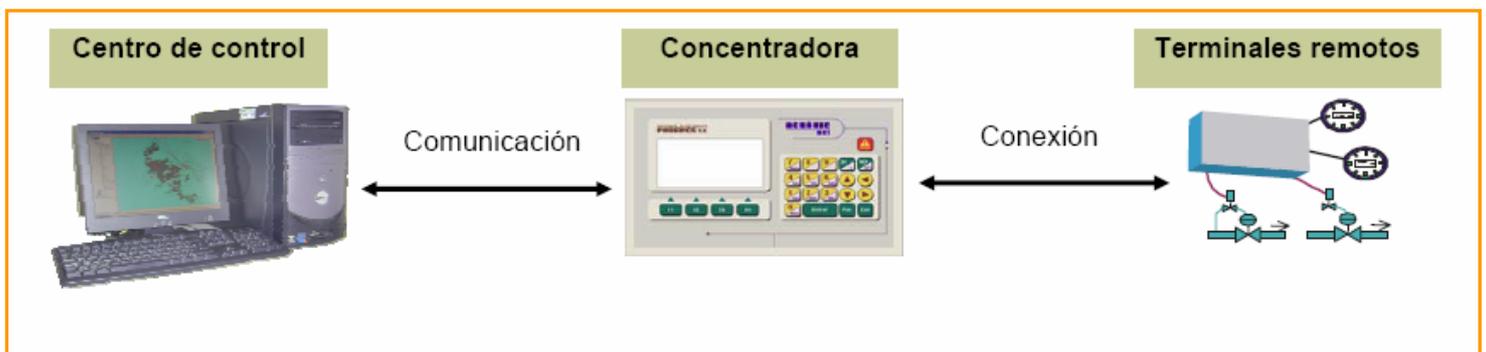


Figura 2: control del sistema.

**A**dor es un programa de ordenador para la gestión de Comunidades de Regantes. Este programa forma parte de un proyecto CSIC-DGA cuyo objetivo es desarrollar herramientas para mejorar el uso del agua en el regadío. Desde la Oficina del Regante (SIRASA) se difunde este programa y se participa en el desarrollo del mismo en gran medida. Además, en el desarrollo de Ador han participado numerosas entidades, tal y como puede verse en los títulos de crédito del programa:



Una de las características más importantes de Ador es que puede ser utilizado por todos los tipos de Comunidades de Regantes, tanto las que tienen un nivel de gestión básico como las que poseen una gestión del agua muy detallada y compleja. Desde la Oficina del Regante se asesora y proporciona el programa a las Comunidades que deseen instalarlo. Hay que destacar que es un programa de libre uso y que, por lo tanto, la adquisición del mismo no supone coste alguno para la Comunidad. En resumen, las características básicas de Ador son las siguientes:

1. Completas bases de datos de usuarios y parcelas.
2. Creación de usos (agrícolas, ganaderos, industriales y urbanos) en las parcelas, pudiéndose darse todas las combinaciones posibles tanto en número como en tipo de uso. En los usos agrícolas pueden darse de alta cultivos y hasta variedades.

3. Asignación de un propietario para cada parcela, que puede tener varios usos. A cada uso se le asigna también un arrendatario, pagador de agua y de gastos que pueden ser totalmente diferentes entre sí.
4. Esquema de la red de riego intuitivo y que sirve para conocer exactamente el camino que recorre el agua para llegar a cada uso.
5. Completo módulo de gestión de agua que contempla riegos por petición-concesión tanto por superficie como presurizados, vales prepago, toma de lecturas de contadores y combinaciones-variaciones de los mismos.
6. Emisión de vales, creación de turnos de riego y gran número de listados de consulta.
7. Importación-exportación de hojas de cálculo y archivos \*.csv en los que se introducen las lecturas de los contadores instalados en cada hidrante. Esto permite que, en las Comunidades sin telecontrol, el guarda pueda introducir los datos en un ordenador de bolsillo y luego volcarlos a Ador. También posibilita el intercambio de dichos ficheros con los sistemas de telecontrol que los crean.
8. Módulo de facturación con posibilidad de realizar derramas proporcionales a la superficie, al consumo (penalizaciones por exceso) y personalizadas para cada regante. Opción de facturar a la vez consumos de agua de riego y derramas.

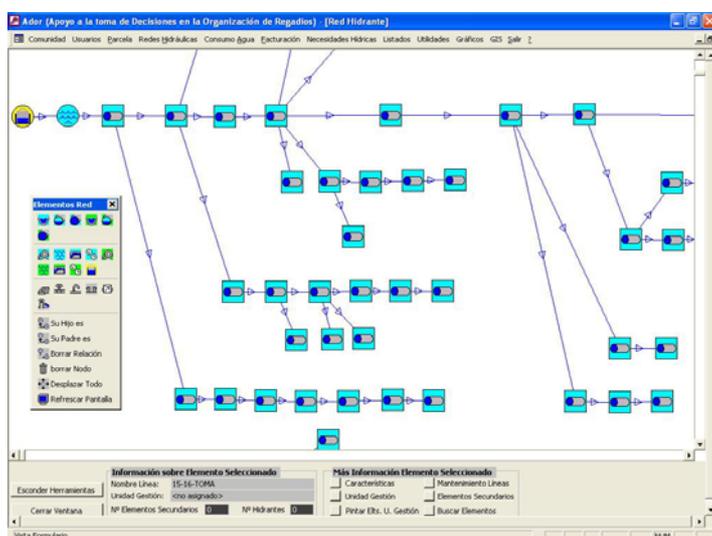
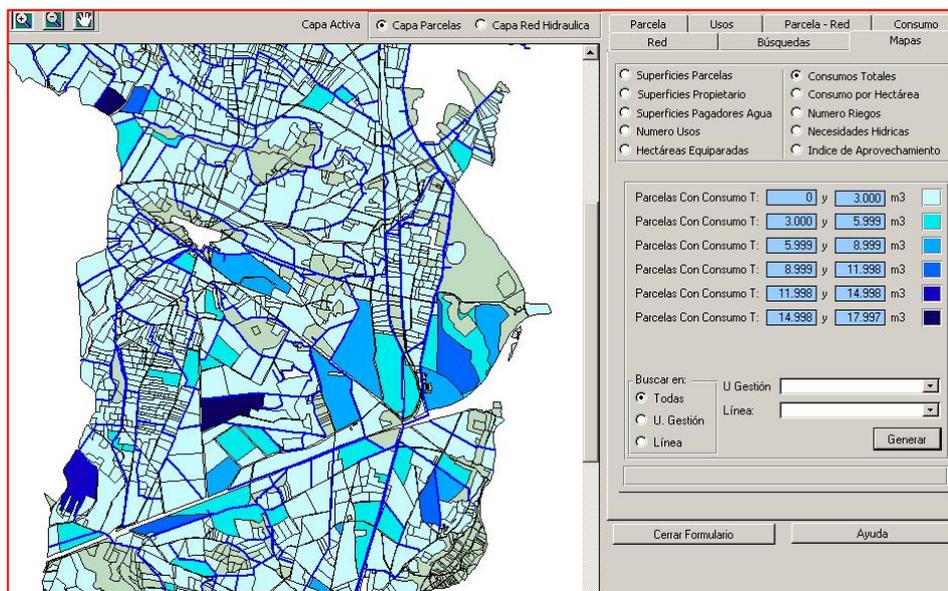


Figura 1: esquema de red de riego

9. Exportación de los datos de una facturación a varios programas de contabilidad, emisión de recibos de norma 19 y 34. Posibilidad de realizar facturas de abono.

10. Módulo GIS con capa parcelas y red hidráulica para poder visualizar y modificar los datos introducidos en el programa.



## Cómo preparar la campaña de riego.

Las Comunidades de Regantes que utilizan el programa Ador para la gestión del agua deben, durante el invierno, poner al día los datos de la Comunidad para modificar usuarios, parcelas, superficies y todo lo necesario antes de comenzar la nueva campaña. Una vez comiencen a introducir nuevas peticiones o lecturas en el programa, cualquier cambio en usuarios o parcelas resultará mucho más costoso.

En Ador, todos los datos se encuentran relacionados entre sí, de forma que no pueda haber fallos en la base de datos. Mientras se encuentran establecidas estas relaciones, no es posible eliminar algunos de sus elementos. Por ejemplo, no es posible eliminar un usuario que esté dado de alta como pagador de alguna parcela, ya que es ese caso no se podría cobrar a nadie dicha superficie. Para “limpiar” las relaciones de la base de datos y poder actualizar usuarios y parcelas, se han de seguir estos pasos:

1. Exportar todas las facturaciones del ejercicio anterior. De esta forma, la base de datos de trabajo quedará preparada para poder hacer todos los cambios necesarios (Ver figura). Los pasos a seguir para exportar una facturación al histórico se detallan en el manual, concretamente en el anejo de la versión 1.2.7.

Al exportar la facturación, los datos que en ella se

encuentran y que corresponden al año anterior (en la figura 2007) se trasladan a otra carpeta llamada “Histórico”. De esta forma, la base de datos de trabajo queda “limpia” de peticiones, concesiones, lecturas de contador y gastos especiales, los cuales se almacenan en el histórico. Así, pueden cambiarse fácilmente los datos de las parcelas ya que en el Ador de trabajo diario no habrá ninguna relación con otros elementos que interfiera en los cambios.

Todas las facturaciones exportadas al histórico podrán ser consultadas siempre que se desee y realizar copias de facturas y listados con los datos de la Comunidad en ese momento. Por lo tanto,



una exportación al histórico no implica ninguna pérdida de datos.

2. Las facturaciones pueden exportarse antes o después de la emisión de los recibos de las Norma 19 y de la exportación a contabilidad.

3. Una vez preparada la base de datos pueden realizarse los cambios necesarios.

4. Si se modifica el propietario de una parcela, hay que tener en cuenta si se desean modificar también el pagador de agua, de gastos y el arrendatario.

5. Si se modifican las superficies de las parcelas, es importante volver a seleccionar el hidrante que riega el uso desde el formulario "Usos Agrícolas":

go". Estos listados nos proporcionarán los hidrantes que no están unidos a ninguna parcela y los usos que no están conectados a un hidrante. **Hay que tener en cuenta que a un uso que no se encuentre conectado al hidrante no se le podrán hacer peticiones ni concesiones de agua ni tampoco asignar consumos de lecturas de contadores. Tampoco será posible el asignar a estos usos determinados gastos especiales.**

9. Una vez modificadas todas las parcelas y superficies es posible recalcular, o volver a establecer los parámetros de cálculo de los votos de cada uno de los usuarios para que este valor se actualice en su ficha. Esto puede hacerse desde el menú "Comunidad/ Gestión Votos Usuarios/ Calcular Votos". Si se va a establecer de nuevo la configuración del cálculo de votos habría que dirigirse al menú "Comunidad/ Gestión Votos Usuarios/ Configurar Votos".

10. Una vez todos los cambios se hayan realizado, se podrá comenzar a introducir los datos de la nueva campaña sin ningún problema ni dificultad.

Si se tiene alguna duda sobre cómo realizar cualquiera de las operaciones anteriormente citadas, sólo será necesario consultar el manual del programa (disponible en la página web de la Oficina del Regante) dónde se explican todos los pasos a seguir de forma detallada.

6. Antes del verano, la actualización o modificación de los cultivos existentes en las parcelas ayudará a planificar mejor la distribución del agua de riego, además, permitirá poder realizar al final de campaña informes exhaustivos sobre los consumos reales de cada cultivo dentro de la Comunidad de Regantes.

7. Este es un buen momento para revisar también la red de riego de la Comunidad para comprobar o modificar nombre de hidrantes, líneas, cambiar parcelas a otra línea de riego o todo lo que se considere necesario en este aspecto.

8. Como comprobación final podrían obtenerse los listados de supervisión de la red de riego. "Listados/ Red de Riego/ Supervisión Red de Rie-



ADOR es capaz de gestionar tanto comunidades con riego a presión como con riego por superficie



En aquellas campañas de riego en las que la disponibilidad de agua no es suficiente para abastecer a todos los usos de un año normal, las Comunidades de Regantes deben gestionar el volumen disponible repartiéndolo de forma equitativa entre todos los usuarios.

En Ador se han contemplado herramientas para realizar ese control de forma que es posible conocer en cada momento el consumo que de cada usuario en su explotación, el volumen que le queda para llegar al cupo o si lo ha sobrepasado. En ese último caso, además, es posible penalizar al usuario infractor en su factura de forma proporcional al exceso de consumo que ha tenido en sus parcelas.

### ¿Qué se necesita?

Para que con Ador se puedan gestionar cupos es imprescindible tener un control del volumen que utiliza cada usuario. Este volumen se puede controlar mediante vales prepagados, peticiones de concesiones de agua (tanto para Comunidades de riego a manta como a presión) o la toma periódica o automática de lecturas de contadores. Con todos estos sistemas de introducción de consumos que Ador tiene habilitados se genera la información sobre el volumen consumido por cada uno de los usos de las parcelas de la Comunidad y de sus partícipes.

### ¿Qué información puede obtener el gestor?

El módulo de gestión de cupos proporciona información muy útil tanto para el gestor de la Comunidad como para el usuario.

Para el gestor de la Comunidad resultan de gran utilidad los listados de cupos. Ador permite obtener tres listados de los usuarios de la Comunidad. En el primero aparecen los usuarios que ya han consumido todo el cupo, en el segundo los que se encuentran próximos a completarlo y en el tercer listado se muestran los usuarios a los que aún les queda bastante agua para llegar al límite. Estos listados se configuran desde:

#### ■ Listados/ Listado Consumos (cupos)

Para configurar el listado se pueden seleccionar las siguientes opciones:

1. Consumos ya facturados en este ejercicio o en otros anteriores.
2. El valor del cupo se configura cada vez que se desea visualizar el listado, lo que posibilita adaptar el listado a la evolución de la cifra a lo largo de la campaña..
3. Puede seleccionarse cualquier tipo de usuario (propietario, pagador de agua, de gastos o arrendatario) y el cupo se ajustará a las superficies o consumos que le correspondan a cada uno.
4. La cercanía al cupo a partir de la cual ya se entra en el listado de usuarios próximos a finalizar el cupo. Por defecto aparece un 20 % pero se puede variar.
5. Las fechas para las cuales se tendrán en cuenta los consumos para el cupo.
6. La posibilidad de incluir o no las superficies en precario.
7. La posibilidad de ordenar la aparición de usuarios alfabéticamente o por consumo.

### ¿Qué información puede obtener el usuario?

Los usuarios pueden reclamar a la Comunidad conocer en cada momento su expediente total de riegos o de volumen consumido. En estos expedientes se informa al usuario de:

- ♣ Riegos que ha dado a cada una de las parcelas (en Comunidades sin contadores).
- ♣ Volúmenes que ha consumido en cada hidrante (en Comunidades con contadores).

- ♣ Superficies y cultivos regados.
- ♣ Consumos medios por superficie en cada parcela/hidrante y cultivo.
- ♣ Cuadro resumen final en el que se informa de:

A. Consumo total entre las fechas seleccionadas (m<sup>3</sup>).

B. Superficie total (ha).

C. Consumo medio por superficie (m<sup>3</sup>/ha).

D. A elegir: Cupo o consumo medio de la Comunidad (m<sup>3</sup>/ha).

E. Si se ha seleccionada un cupo, se muestra el agua que le queda al usuario o si ya ha sobrepasado el cupo.

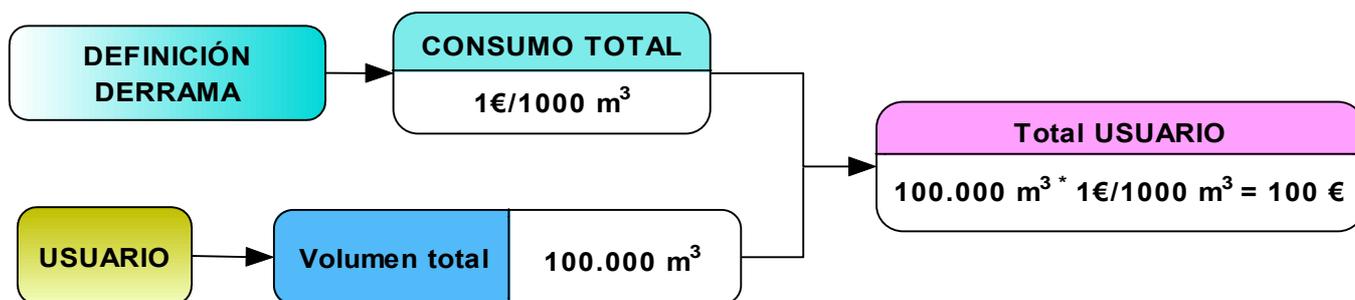
Para obtener estos expedientes hay que seleccionar:

- ▣ Listados/ Consumos/ Consumos Usuarios Línea Parcela Cultivo
- ▣ Listados/ Consumos/ Consumo Contadores Usuario Cultivo

En este caso también es posible seleccionar el usuario, las fechas y el cupo de referencia para que se adapte a las necesidades de cada Comunidad de Regantes.

### ¿Qué otras aplicaciones tiene el control de cupos?

El módulo de facturación de Ador permite diseñar derramas en función del consumo. Así, cuando se han fijado unos cupos máximos de consumo, los usuarios que los hayan sobrepasado pueden ser penalizados a través de una derrama pudiendo llegar, incluso, a distinguir distintos cupos en función de los cultivos. Estas derramas pueden ser de tres tipos:



Esquema ejemplo nº 1.

1. Proporcional al volumen total: Esta derrama, la más sencilla, permite diseñar un gasto especial marcando un precio por 1000 m<sup>3</sup> de agua total consumida por cada usuario dentro del intervalo de fechas establecido.

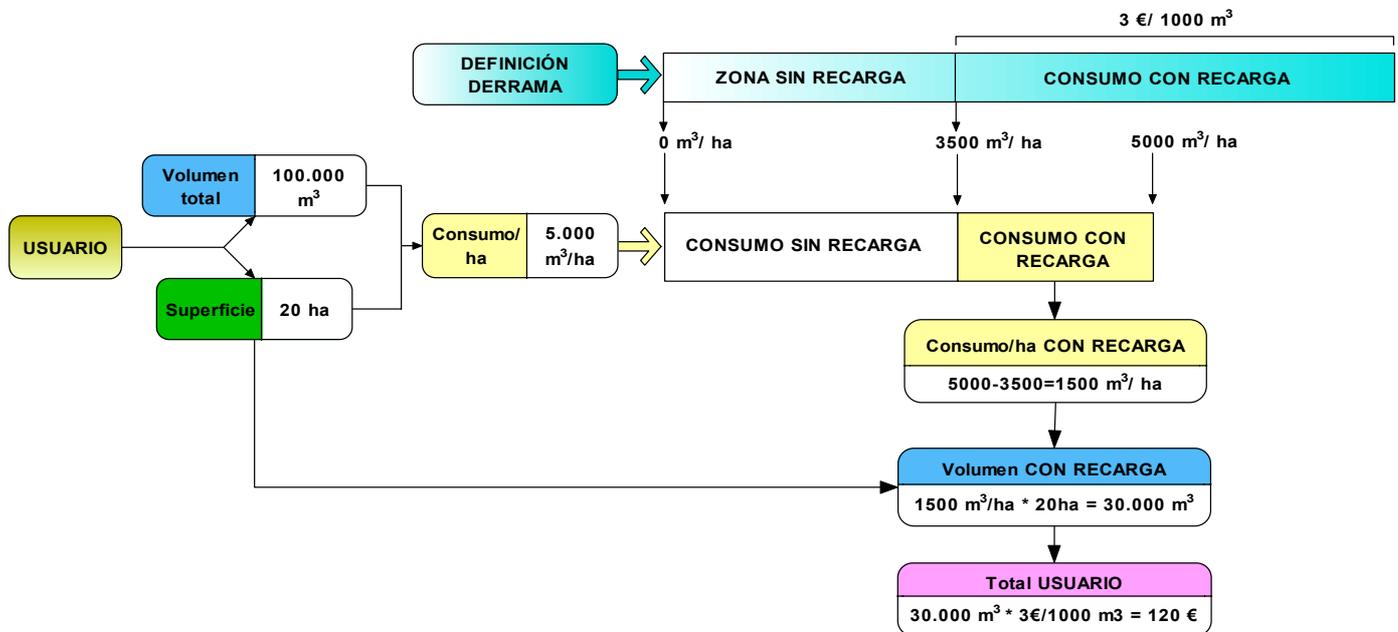
**Ejemplo:** Un usuario tiene un consumo total en la campaña de riego de 100.000 m<sup>3</sup> y su superficie regable es de 20 ha. Desde la Comunidad de Regantes se desea emitir una derrama que grave con 1 € cada 1000 m<sup>3</sup> consumidos. Así, este usuario deberá pagar a la Comunidad:

$$100.000 \text{ m}^3 * 1\text{€}/1000\text{m}^3 = 100 \text{ €}$$

2. Proporcional al volumen a partir de un límite de consumo por hectárea: Con esta opción es posible diseñar una derrama que sólo la pagarán los usuarios que se hayan excedido de un límite en m<sup>3</sup> de agua consumidos por hectárea. Este volumen excedido se abonará a un precio predefinido por 1000 m<sup>3</sup> de agua de riego.

**Ejemplo:** Un usuario tiene un consumo total en la campaña de riego de 100.000 m<sup>3</sup> y su superficie regable es de 20 ha. Desde la Comunidad de Regantes se desea emitir una derrama que grave con 3 € cada 1000 m<sup>3</sup> consumidos por encima del cupo establecido, que es de 3500 m<sup>3</sup>/ha. Así, en primer lugar se calcula el consumo por hectárea de cada usuario, siendo en este caso de 5000 m<sup>3</sup>/ha. Así, la diferencia con el cupo es de 1500 m<sup>3</sup>/ha. Como este usuario tiene 20 ha, ha de pagar recargo por un volumen total de 30.000 m<sup>3</sup> (1500 m<sup>3</sup>/ha \* 20 ha). Si el precio por 1000 m<sup>3</sup> es de 3€, el regante tendrá que abonar:

$$30.000 \text{ m}^3 * 3\text{€}/1000\text{m}^3 = 90 \text{ €}$$

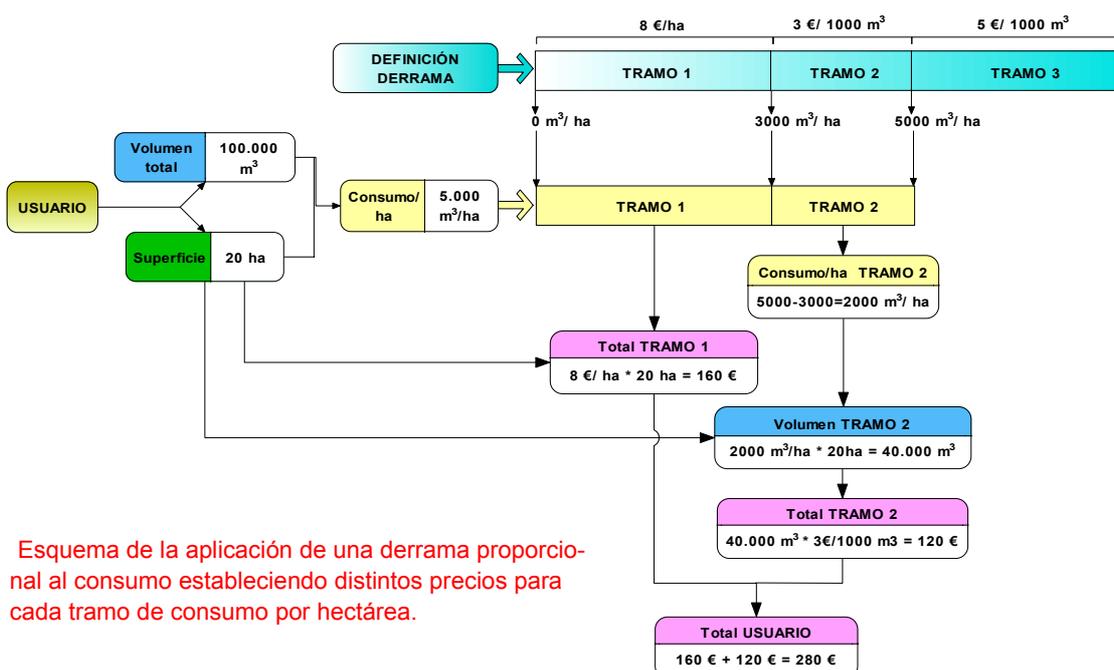


3. Proporcional al volumen definiendo tramos de consumo por hectárea: Este tipo de derrama, la más compleja, permite al gestor de la Comunidad diseñar distintos tramos de consumo (en m<sup>3</sup>/ha) y facturar cada tramo de forma independiente, pudiendo definir si se desea que sea proporcional al volumen (€/1000 m<sup>3</sup>) o a la superficie que riega el usuario (€/ha). Además, los tramos pueden ser definidos para todos los usos o de forma independiente para cada cultivo.

Así, se calcula el consumo por hectárea del usuario (5000 m<sup>3</sup>/ha). Como sobrepasa el límite del primer tramo (hasta 3000 m<sup>3</sup>/ha) se le asigna el gasto correspondiente (160 €). El consumo del usuario llega también al límite del TRAMO 2 (5000 m<sup>3</sup>/ha). El consumo que se le ha de facturar es de 2000 m<sup>3</sup>/ha (5000-3000 m<sup>3</sup>). Dado que tiene 20 ha, el volumen a facturar en el TRAMO 2 serán 40.000 m<sup>3</sup> resultando un total de 120 € (40.000 m<sup>3</sup>\* 3 €/1000 m<sup>3</sup>). El total que el usuario ha de pagar en esta derrama será de:

**Ejemplo:** Un usuario tiene un consumo total en la campaña de riego de 100.000 m<sup>3</sup> y su superficie regable es de 20 ha. Desde la Comunidad de Regantes se desea emitir una derrama por tramos de consumo tal y como se representan en la tabla inferior:

$$160 \text{ € (TRAMO 1)} + 120 \text{ € (TRAMO 2)} = 280 \text{ €}$$



Esquema de la aplicación de una derrama proporcional al consumo estableciendo distintos precios para cada tramo de consumo por hectárea.

**E**l módulo GIS de Ador es una de las utilidades del programa más vistosas y apreciadas por los usuarios. Esta utilidad se basa en las operaciones que se pueden hacer sobre un “mapa” en el que están representadas las parcelas y las líneas de riego de las Comunidades de Regantes.

Para poder hacer uso de esta utilidad, únicamente se han de aportar la cobertura de parcelas y la de red de riego de la Comunidad en formato “shp”. Los datos que se mostrarán en Ador serán los que se hayan introducido previamente en la base de datos del programa. Así, cuantos más datos sobre consumos de agua, cultivos y parcelas se hayan introducido en Ador, más partido se le podrá sacar al visualizador.

Las utilidades más importantes del módulo GIS son las siguientes:

### 1. Consultas y modificaciones de datos de las parcelas y los usos:

Desde la capa parcelas, es posible pulsar sobre una de ellas y conocer todos los datos que hay en la base de datos sobre la misma. Así, se podrá ver y modificar si se desea el propietario, los usos, pagadores de agua, gastos y arrendatario y los cultivos. Estas modificaciones son posibles porque desde el GIS se accede a los formularios de Ador de “Modificar Parcela”, “Modificar Usuarios”.

### 2. Consultas y modificaciones de datos de las líneas:

Desde la capa de la red hidráulica, se podrán consultar y modificar los datos de las características de la línea, los hidrantes que tiene asignados y las relaciones entre dichos hidrantes y las parcelas y sus usos. También se podrán resaltar en el plano las parcelas que son regadas por una determinada línea, las líneas de la misma Unidad de Gestión que la parcela y, por último, las parcelas que se riegan dentro de esta Unidad. Aparece en este módulo una opción que nos indica de forma conjunta los datos de la parcela seleccionada, sus usos y la línea y Unidad de Gestión.

### 3. Consultas sobre el consumo de agua

Desde la capa de parcelas, es posible acceder a las lecturas de contador de dicha superficie o, en su defecto, a las peticiones y concesiones de agua que tienen asignadas. Asimismo, aparece un cuadro resumen con el total de agua consumida por la parcela seleccionada.

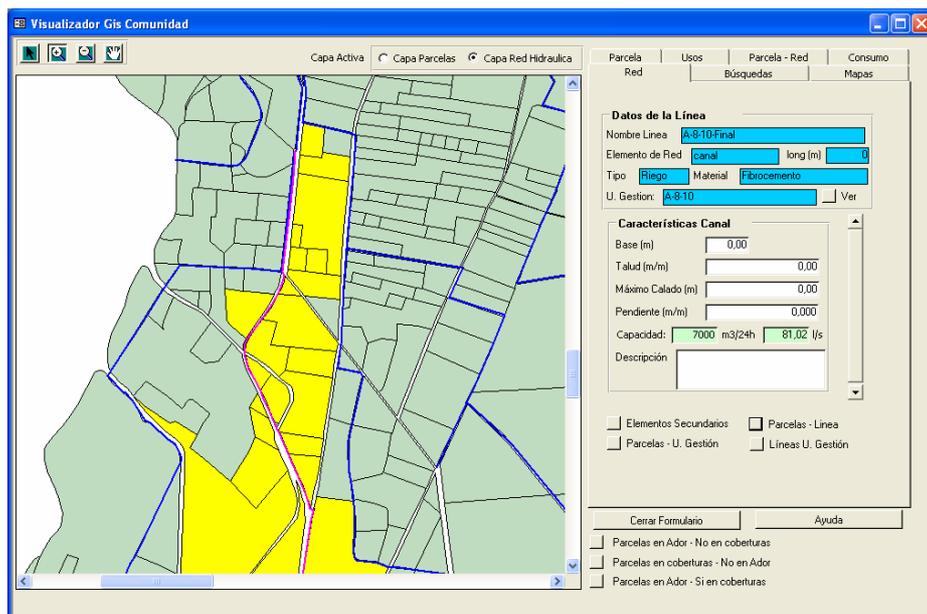
### 4. Búsquedas

Una de las opciones más interesantes del GIS es la posibilidad de realizar búsquedas en toda la Comunidad o en una parte de la misma (Unidad de Gestión o Línea). Así, es posible marcar todas las parcelas de determinados propietarios (hasta 6 a la vez). También pueden remarcarse las parcelas de un mismo Pagador de Agua. De esta forma se pueden tener datos sobre la distribución de la propiedad de la Comunidad de Regantes.

Otra de las búsquedas que más valor presenta es la de los cultivos, ya que permite colorear de forma distinta los cultivos más importantes de la zona regable. De la misma forma se pueden ver representados los distintos sistemas de riego, tipos de suelo y parajes.

Ni que decir tiene que la utilidad y veracidad de la información que aparezca en estos planos de la Comunidad, vienen condicionada por la mayor o menor cantidad de datos introducidos en el programa. Así, si sistemáticamente se introducen los cultivos, se podrán obtener mapas

de éstos para cada una de las campañas de riego.



Dentro de la utilidad de búsquedas, es posible también remarcar las parcelas en las que hay datos de alta usos que no son agrícolas (pudiendo diferenciar por tipo de uso) y las parcelas con riego en precario.

## 5. Mapas

La utilidad más completa del módulo GIS de Ador son los mapas. En éstos, se colorea todo el plano de la Comunidad de Regantes con distintos tonos en base a unos rangos de valores. Estos rangos pueden ser calculados por el programa o, en algunos casos, definidos por el usuario para que dichas categorías se ajusten mejor a los valores que se deseen resaltar dentro del tema elegido. Los mapas que pueden confeccionarse son los siguientes:

**Superficies Parcelas:** Se colorean las parcelas en tonos más oscuros cuanto mayor es la superficie de la misma.

**Superficies Propietario:** Se colorean las parcelas en tonos más oscuros cuanto mayor es la superficie total del propietario de la misma.

**Superficies Pagadores Agua:** Se colorean las parcelas en tonos más oscuros cuanto mayor es la superficie total de la que paga el agua el pagador de la misma.

**Número Usos:** Aparecen de color más oscuro las parcelas que tienen mayor número de usos.

**Hectáreas equiparadas:** Sólo colorea las parcelas con usos no agrícolas de forma que quedan en colores más oscuros las que tienen usos con un mayor número de hectáreas equiparadas.

**Consumos totales:** Se marcan con tonos más oscuros las parcelas que han registrado un mayor con-

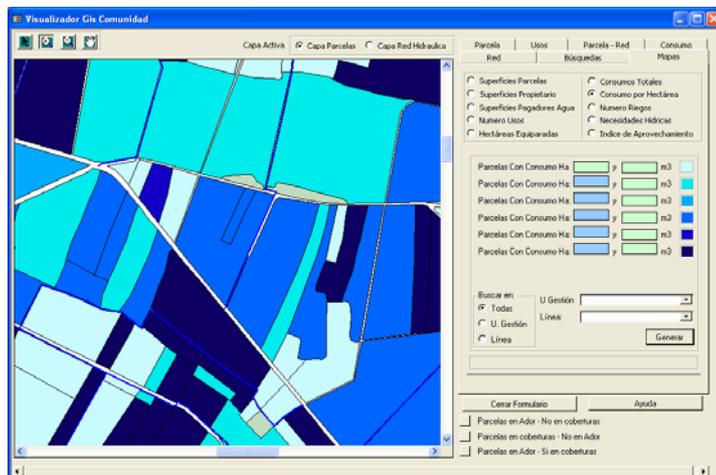


Imagen 2: ejemplo de un mapa de consumos por hectárea.

sumo de agua durante la campaña en curso. En esta opción, el usuario puede definir los valores de cada uno de los rangos de forma que el mapa no quede distorsionado por valores muy extremos. Algo muy similar sucede con la opción de consumos por hectárea. Estos dos tipos de mapas dan una idea muy exacta de cómo se está haciendo el uso del agua en la Comunidad de Regantes. Si estos mapas se complementan con los de cultivos en cada parcela, se podrán obtener datos sobre eficiencias muy interesantes tanto para los gestores como para los regantes.

**Número de Riegos:** Marca de color más oscuros las parcelas con un mayor número de concesiones de agua.

## ■ Consultas

### Tratamientos preventivos para la aparición de algas y bacterias en balsas de riego.

**D**urante esta campaña, hemos recibido varias consultas de propietarios de instalaciones de riego en las que la proliferación de algas y, en menor medida, bacterias habían provocando graves problemas en las instalaciones de riego, sobre todo de goteo.

Cuando aguas con un determinado contenido en materia orgánica permanecen estancadas durante varios días en balsas o depósitos al aire libre, la radiación solar y el aumento de la temperatura del agua favorecen el desarrollo de algas y bacterias.

Si este desarrollo no se controla pueden introducirse en la red de riego colmatando los filtros y sobre todo los emisores (goteros, microaspersores,...). Los tratamientos para eliminar el problema una vez que se ha infestado la instalación son muy costosos y poco efectivos. En algunos casos la única solución ha sido desmantelar la instalación y montar una nueva, por lo tanto lo recomendable es prevenir el problema y evitar que aparezca.



Foto 1: En las paredes de las balsas es frecuente encontrar acumulaciones de algas verdes.



Foto 2: En instalaciones en las que un mal funcionamiento de los equipos de riego suponen una gran inversión, como invernaderos, se protegen los depósitos de agua con mallas.

### ¿Cómo se detecta el problema?

Las algas microscópicas al desarrollarse forman unas masas gelatinosas de color verde que enturbian el agua. Son fáciles de detectar en el fondo y las paredes de la balsa aunque en el agua no hayan provocado una invasión. Las bacterias también forman masas gelatinosas pero de color blanco-transparente y suelen detectarse sobre todo a la salida de los goteros ya que son capaces de desarrollarse en el interior de las tuberías cuando el agua está estancada durante un tiempo.

### Métodos de prevención

Para evitar la aparición de algas y bacterias o para estabilizar su presencia a niveles no dañinos se puede actuar de varias formas:

**Control físico:** Si la balsa es de pequeño tamaño es muy conveniente cubrirla con malla de sombreo que impida pasar la luz y, de paso, que caiga suciedad u objetos arrastrados por el aire. También es conveniente vaciar el depósito una vez al año y eliminar los restos de algas o suciedad que quedan pegados en las paredes y el fondo.

**Control biológico:** Se puede recurrir a la suelta de peces en el interior de la balsa que se alimentarán de las algas controlando su expansión. También se pueden utilizar microorganismos digestores que compiten por el uso de la materia orgánica del agua o que producen enzimas que destruyen la pared celular de las algas provocando su muerte.

**Control químico.** Los compuestos más frecuentemente utilizados son, para bacterias, el cloro en forma de hipoclorito sódico (lejía) y, para algas, el sulfato de cobre o permanganato potásico. Este último además tiene la ventaja de no dejar residuos tóxicos en el agua.

El sulfato de cobre y el permanganato potásico se suelen aplicar en las balsas en dosis de entre 2 y 3 gr/m<sup>3</sup> de agua embalsada en tratamientos periódicos que en verano deberían ser semanales.

La lejía normal se comercializa generalmente con 50 g de cloro activo por litro. Los productos comercializados para uso en agua de riego se suelen suministrar con 100 g de cloro activo por litro de producto. A esta concentración se suele aplicar en proporción de entre 15-50 cm<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de agua a la semana, tanto en la balsa (para prevención de aparición de algas) como en la red de riego (para las bacterias). La cantidad es variable dependiendo de las condiciones de pH y de calidad de agua. En cada caso, el propio regante debería inspeccionar si el tratamiento aplicado es efectivo o debe variar la dosis. Se debe tener precaución de no mezclar la lejía con fertilizantes ácidos ya que se puede desprender cloro gaseoso que es muy venenoso.

Los tratamientos correctivos se pueden hacer con estos mismos compuestos pero a mayores dosis y teniendo en cuenta la toxicidad que pueden provocar en los cultivos o en animales que vayan a consumir esa agua.

## Necesidades de riego de los cultivos en campañas anteriores.

En campañas anteriores de riego, gracias a las sugerencias y recomendaciones de los usuarios, se han introducido en el módulo de Necesidades Hídricas de la página web varias novedades.

Con ellas se pretende mejorar el servicio ofrecido y la información que los regantes pueden obtener desde la dirección:

<http://oficinaregante.aragon.es>.

Las novedades más destacadas son las siguientes:

### Resumen de las Necesidades Hídricas de los cultivos de cada usuario.

Cuando un usuario entra en el módulo de necesidades hídricas, verá bajo aquellos cultivos que se han guardado como una Configuración de Cultivo independiente, la opción de ver directamente las necesidades de estos cultivos en una tabla resumen. (ver imagen 1). De esta forma se puede hacer una consulta rápida de las Necesidades Hídricas de nuestros cultivos para esta semana y además imprimirlo en una tabla.

Nombre	Kc	ET <sub>0</sub>	ET <sub>c</sub>	PE	NH <sub>0</sub>	NR <sub>0</sub>	NR <sub>A</sub>
ALFALFA	0,4	17,9	7,1	27,6	0	0	
ALFALFA SASO	0,4	17,9	7,1	27,6	0	0	
BROCOLI AFRIDA	0,25	18,6	4,6	59,1	0	0	
CEBADA MONTE	0	18,6	0	59,1	0	0	

ET<sub>0</sub>: Evapotranspiración de referencia, Um<sup>2</sup> semana.  
 Kc: Coeficiente de cultivo semanal.  
 ET<sub>c</sub>: Evapotranspiración de cultivo Um<sup>2</sup> semana.  
 PE: Precipitación efectiva, Um<sup>2</sup> semana.  
 NH<sub>0</sub>: Necesidades hídricas netas, Um<sup>2</sup> semana.  
 NR<sub>0</sub>: Necesidades de riego brutas, Um<sup>2</sup> semana.  
 NR<sub>A</sub>: Necesidades de riego por árbol, Varbol  
 1 Um<sup>2</sup>= 10 m<sup>3</sup>/ha

Imagen 1: resumen de las necesidades hídricas de todos los cultivos en un mismo usuario.

### Necesidades de riego en campañas anteriores.

Desde la página de consulta de las necesidades semanales de cada uno de nuestros cultivos, es posible acceder a las necesidades que tuvo ese mismo cultivo en la misma semana de campañas anteriores. De esta forma es posible comparar las dosis de riego en varias campañas y descubrir diferencias entre éstas. (Imagen 2):

>> Cálculo de las Necesidades de Riego para el cultivo **Manzano Tardío** en la semana 12/09/2006 - 18/09/2006 en (Ejea de los Caballeros).

Estas recomendaciones representan un valor de referencia. Las características del suelo y el manejo de cada explotación podrían hacer variar las cantidades de agua a aplicar

Resultados del Cálculo:

- Kc:	0,71
- ET <sub>0</sub> Semanal (Evapotranspiración de referencia semanal):	17,9 l/m <sup>2</sup>
- ET <sub>c</sub> Semanal (Evapotranspiración del cultivo semanal):	12,7 l/m <sup>2</sup>
- Precipitación Semanal:	36,8 l/m <sup>2</sup>
- Precipitación Efectiva:	27,6 l/m <sup>2</sup>
- *Necesidades Hídricas Netas:	0 l/m <sup>2</sup>
- *Necesidades de Riego Semanales:	0 l/m <sup>2</sup>
- *Necesidades de Riego por Árbol:	0
	l/árbol

▶ Brotación: 21/03/2006  
 ▶ Aclareo Fisiológico: 01/07/2006  
 ▶ Cosecha: 10/10/2006  
 ▶ Caída de Hojas: 30/10/2006  
 ▶ Marco de plantación (6 x 6)  
 ▶ Sistema de riego: Localizado  
 ▶ Eficiencia: 90 %

Imagen 2: posibilidad de ver las necesidades hídricas de los cultivos en campañas anteriores.

### Necesidades de riego para un mismo cultivo en otra estación agro-meteorológica.

Al consultar los valores ofrecidos para un cultivo en una estación determinada se puede comprobar cómo varía la recomendación para otra estación manteniendo las mismas características de cultivo. Así, si nuestras parcelas se encuen-

tran en el área de influencia de más de una estación podemos aplicarles dosis de riego intermedias entre las que nos indiquen las estaciones que vayamos seleccionando. (Imagen 3)

### Incorporación de nuevos cultivos.

Se han introducido en la página de la Oficina del Regante ocho nuevos cultivos. Su incorporación

se debe sobre todo a la información aportada por los propios usuarios de la web que han logrado que, en la actualidad, se puedan consultar las necesidades de riego de 26 cultivos.

Teniendo en cuenta los distintos ciclos mostrados para algunos de ellos, se obtienen cuarenta y seis combinaciones de cálculo diferentes.

ESPECIE	INTERVALO DE SELECCIÓN DE FECHA (En función de la estación)	
	SIEMBRA-PLANTACIÓN	COSECHA-RECOLECCIÓN
BRÓCULI	Del 09/08 al 03/09	Del 19/11 al 09/12
COLIFLOR OTOÑO	Del 30/07 al 19/08	Del 20/11 al 10/12
COLIFLOR INVIERNO	Del 09/09 al 19/10	Del 30/01 al 24/02
CEBOLLA	Del 29/01 al 19/03	Del 04/08 al 29/08
BORRAJA PRIMAVERA	Del 04/04 al 04/05	Del 14/07 al 03/08
BORRAJA OTOÑO	Del 14/08 al 10/09	Del 19/11 al 09/12
ESPÁRRAGO	Ciclo continuo	
CÉSPED	Ciclo continuo	
PRADERA POLÍFITA CORTES	En función de la altura de la planta	
PRADERA POLÍFITA CICLO CONTINUO	Ciclo continuo	
ALFALFA CICLO CONTINUO	Ciclo continuo	

**>> Cálculo de las Necesidades de Riego para el cultivo Alfalfa (con cortes) en la semana 14/09/2006 - 20/09/2006 en (Ejea de los Caballeros).**

Estas recomendaciones representan un valor de referencia. Las características del suelo y el manejo de cada explotación podrían hacer variar las cantidades de agua a aplicar

Altura: (cm) 30  
Sistema de riego: Aspersión  
Eficiencia: 80 %

**Resultados del Cálculo :**

- ET<sub>0</sub> Semanal (Evapotranspiración de referencia semanal): 20,6 l/m<sup>2</sup>
- Precipitación Semanal: 12,6 l/m<sup>2</sup>
- Precipitación Efectiva: 9,4 l/m<sup>2</sup>
- Kc: 0,9
- ET<sub>c</sub> Semanal (Evapotranspiración del cultivo semanal) mínima: 18,5 l/m<sup>2</sup>
- Necesidades Hídricas Netas semanales: 9,5 l/m<sup>2</sup>
- Necesidades de Riego Semanales: 11,9 l/m<sup>2</sup>

Imagen 3: es posible comparar las necesidades de nuestros cultivos en varias estaciones a la vez.

## Cómo consultar las necesidades hídricas acumuladas durante el año.

Desde la página de consulta de las necesidades de riego semanales de cada uno de nuestros cultivos, es posible acceder a las necesidades hídricas del cultivo desde su inicio hasta la semana actual. (Imagen 1)

Aparece una tabla en la que se visualiza las dosis de riego recomendadas semana tras semana y el total de la campaña. (Imagen 2)

**>> Cálculo de las Necesidades de Riego para el cultivo Trigo en la semana 13/03/2007 - 19/03/2007 en (Luna).**

Estas recomendaciones representan un valor de referencia. Las características del suelo y el manejo de cada explotación podrían hacer variar las cantidades de agua a aplicar

Fecha Siembra: 01/12/2006  
Fecha madurez fisiológica: 20/06/2007

Sistema de riego: Superficie  
Eficiencia: 70 %

**Resultados del Cálculo:**

- Kc: 1,09
- ET<sub>0</sub> Semanal (Evapotranspiración de referencia semanal): 16,4 l/m<sup>2</sup>
- ET<sub>c</sub> Semanal (Evapotranspiración del cultivo semanal): 17,9 l/m<sup>2</sup>
- Precipitación Semanal: 0 l/m<sup>2</sup>
- Precipitación Efectiva: 0 l/m<sup>2</sup>
- Necesidades Hídricas Netas: 17,9 l/m<sup>2</sup>
- Necesidades de Riego Semanales: 25,6 l/m<sup>2</sup>

Imagen 1: Es posible consultar las Necesidades del cultivo desde su inicio hasta la semana actual

**>> Cálculo de Necesidades de Riego Totales de la Campaña 2007 de Trigo en Luna.**

Estas recomendaciones representan un valor de referencia. Las características del suelo y el manejo de cada explotación podrían hacer variar las cantidades de agua a aplicar

Semana del día ...	... al día	ET <sub>0</sub>	Kc	ET <sub>c</sub>	PE	NH	NR
01/12/2006	04/12/2006	3,2	0,74	2,4	0,3	2,1	3,0
05/12/2006	11/12/2006	7,4	0,74	5,5	6,4	0	0
12/12/2006	18/12/2006	3,9	0,74	2,9	0,7	1,2	1,7
19/12/2006	25/12/2006	5,0	0,74	3,7	0,4	3,2	4,7
26/12/2006	01/01/2007	4,8	0,74	3,5	0,3	3,2	4,5
02/01/2007	08/01/2007	8,2	0,74	6,1	0,4	5,6	8,0
09/01/2007	15/01/2007	5,1	0,74	3,7	0,4	3,3	4,7
16/01/2007	22/01/2007	6,1	0,75	4,6	3,3	1,3	1,5
23/01/2007	29/01/2007	6,6	0,80	5,3	3,6	1,7	2,4
30/01/2007	05/02/2007	5,1	0,84	4,3	5,5	0	0
06/02/2007	12/02/2007	10,9	0,89	9,7	13,6	0	0
13/02/2007	19/02/2007	13,3	0,93	12,4	7,9	0	0
20/02/2007	26/02/2007	10,2	0,98	10,0	6,1	3,3	4,8
27/02/2007	05/03/2007	15,7	1,02	16,1	0,8	15,5	22,1
06/03/2007	12/03/2007	19,3	1,07	20,7	10,9	9,8	14,0
13/03/2007	19/03/2007	16,4	1,09	17,9	0	17,9	25,6
<b>Total</b>		<b>141,9</b>		<b>129,5</b>	<b>60,9</b>	<b>68,6</b>	<b>98,1</b>

ET<sub>0</sub>: Evapotranspiración de referencia, l/m<sup>2</sup> semana.  
Kc: Coeficiente de cultivo semanal.  
ET<sub>c</sub>: Evapotranspiración del cultivo, l/m<sup>2</sup> semana.

Imagen 2 : posibilidades de ver las necesidades de riego totales.

## Prevención de roturas por heladas en sistemas de riego a presión.

**D**urante los meses de invierno en los que, generalmente, las instalaciones de riego no están en funcionamiento, el agua que queda dentro de las tuberías se acumula en las partes bajas de las redes y elementos singulares. En esos puntos, si no se realiza un correcto vaciado, el agua puede llegar a congelarse y al dilatarse romper las paredes de las tuberías, válvulas y otros elementos. Es un fenómeno que preocupa sobre todo a las personas que ya lo han sufrido alguna vez. Por eso son frecuentes en esta época las consultas acerca de qué precauciones tomar.

En las redes de riego colectivas, las roturas más frecuentes se producen en los hidrantes y en válvulas hidráulicas de la propia red en los que el agua puede quedarse alojada en las cámaras. En estos casos se recomienda vaciar completamente la instalación a través de los desagües de la red e inspeccionar los hidrantes asegurándose de que no queda agua en los puntos bajos. También es conveniente, en las zonas más expuestas al hielo, proteger las paredes de las arquetas con algún elemento aislante que amortigüe el descenso de temperaturas.

En los sistemas de riego en parcela, los problemas más frecuentes aparecen cuando la helada se produce durante un riego. En ese caso, mientras el agua circula por la red no hay riesgo de congelación pero en cuanto sale a la superficie se hiel depositándose sobre el cultivo o sobre las superficies que moja.

Así, se recomienda que en las instalaciones de riego en parcela se evite programar riegos en fechas con riesgo de heladas (salvo que se trate de riegos antihelada). Además es aconsejable inspeccionar los elementos más sensibles de la instalación como los solenoides y microtubos de los automatismos y las válvulas situadas a la intemperie.



*Foto 1: si la helada se produce durante el riego el hielo se acumula sobre el hielo y el cultivo.*



*Foto 2: Si el hielo se acumula sobre un pivot, el peso puede deformar la estructura mientras la máquina sigue en funcionamiento.*

**C**omunidades de Regantes son Corporaciones de Derecho público, adscritas al Organismo de Cuenca. Se les concede autonomía interna para su gestión (dentro de los límites que marca la Ley) a través de las Ordenanzas y Reglamentos propios, que deben ser redactados por los regantes y posteriormente ser sometidos a su aprobación definitiva por la Confederación Hidrográfica que corresponda.

A grandes rasgos el procedimiento que se debe seguir y la documentación que se debe presentar para constituir una comunidad de regantes es la siguiente:

### PROCEDIMIENTO

Por la persona que los regantes designen, ó en su defecto, el Alcalde de la población en cuyo término radique la mayor parte del aprovechamiento:

▣ Convocatoria a Junta General, publicada en el Boletín Oficial de la Provincia y en Ayuntamientos, mediado quince días al menos, con el fin de constituir la Comunidad, nombrar la comisión encargada de redactar los Estatutos y Censar los participantes con superficies regables y caudales a utilizar.

▣ En el plazo de dos meses, el Presidente de la Comisión, convocará nueva Junta General con el fin de aprobar el proyecto de Estatutos redactado, publicando la convocatoria en el Boletín Oficial de la Provincia y tablones de anuncios de los Ayuntamientos.

▣ Después que sean aprobados los proyectos de los Estatutos, se depositarán éstos en el local de la Comunidad o en el Ayuntamiento, durante un plazo de treinta días, para que puedan ser examinados por los interesados y se puedan presentar reclamaciones, a cuyo efecto se anunciará en el Boletín Oficial de la Provincia y en los tablones de anuncios de los Ayuntamientos.

### DOCUMENTACIÓN A APORTAR

♣ Solicitud del Presidente de la Junta de la Comunidad de Regantes dirigida al Presidente de la Confederación Hidrográfica que corresponda.

♣ Un ejemplar de cada anuncio publicado en el Boletín Oficial de la Provincia

♣ Certificación de las actas de las Juntas celebradas.

♣ Certificado del resultado de la exposición pública, señalando expresamente si ha habido o no reclamaciones. Si las ha habido, la Comunidad deberá adjuntar informe sobre las mismas.

♣ Relación de usuarios, con superficie aportada, nº de polígono y de parcela de cada finca y su superficie individual así como la superficie total de toda la comunidad.

♣ Plano y croquis de la situación de los aprovechamientos y superficie regable, más otro detalle de las tomas.

♣ Tres ejemplares de los Estatutos Aprobados.

♣ Inventario de la Comunidad de Regantes.

♣ Número de propietarios partícipes.

♣ Tipos de cultivos usuales y superficie aproximada de cada uno.

SEGÚN ARTÍCULO 201 R.D. 849/86 REGLAMENTO  
DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO,  
LEY DE AGUAS 29/85



## Curso General de Guardas de Comunidades de Regantes.

Desde el año 2006 SIRASA por medio de la Oficina del Regante organiza el “**CURSO GENERAL DE GUARDAS DE COMUNIDADES DE REGANTES**”.

Muchas de las Comunidades de Regantes de Aragón han modernizado su sistema de riego mediante instalaciones colectivas de captación, bombeo y distribución del agua a través de redes de riego a presión. El ritmo modernización es cada vez más mayor, por esta razón es necesario conseguir que los responsables de la gestión y el mantenimiento de las instalaciones tengan los conocimientos necesarios para hacer un uso eficiente de las mismas.

El objeto de este curso es dar a conocer a los responsables de la gestión, del control y mantenimiento de las instalaciones de la red de riego, los elementos principales que conforman la instalación, su manejo y el mantenimiento que debe realizarse para asegurar su buen funcionamiento.

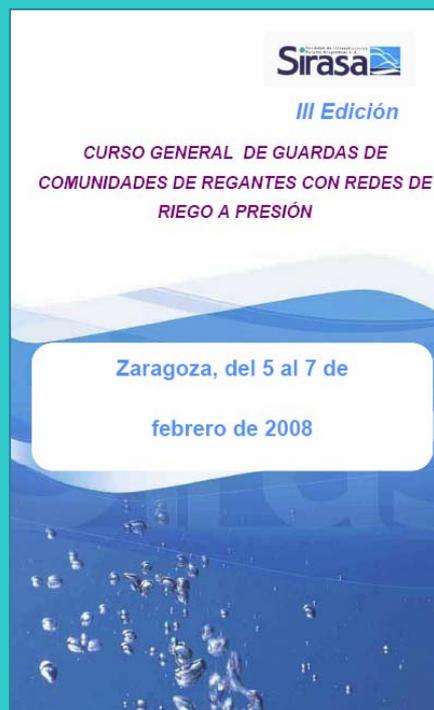
Este año 2008, la III Edición se celebró del 5 al 7 de febrero, con éxito de participación y alto grado de satisfacción por parte de los alumnos.

40 personas provenientes de 20 Comunidades de Regantes han asistido a las distintas ponencias que se han desarrollado a lo largo de las tres jornadas que ha durado el curso.

Los temas que se han expuesto se han centrado principalmente en aspectos de manejo de elementos tecnológicos utilizados en redes de riego a presión. Así se ha hablado de equipos de bombeo, filtros, válvulas hidráulicas, impermeabilización de embalses y sistemas de telecontrol de regadíos. En las jornadas se ha incidido además en aspectos de manejo de los sistemas de riego a presión y de gestión de este tipo de Comunidades a través del programa Ador.

El curso se ha completado con una visita técnica a la estación de bombeo de la Comunidad de Regantes de San Pedro de Castellflorite, a los embalses de la Comunidad de Regantes de Miguel Servet de Villanueva de Sigena y al embalse recientemente construido de la Comunidad de Regantes de Pomar de Cinca, en estas visitas se han podido conocer las particularidades de manejo de muchos de los instrumentos descritos en el curso.

La buena valoración por parte de los asistentes animan a continuar con estas actividades ampliando temas para las siguientes ediciones.



**Edita:** Sociedad de Infraestructuras Rurales Aragonesa, S.A.( SIRASA). Pza. Antonio Beltrán Martínez , 1, 9ª planta. Oficinas H.I,J,K, . 50.002 Zaragoza. **Compone:** Oficina del Regante.



**UNION EUROPEA**  
**Fondo Europeo Agrícola de**  
**Desarrollo Rural**

**GOBIERNO DE ARAGON**  
Departamento de Agricultura  
y Alimentación