

Agricultura

Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura

# Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío



MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO



Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

*Agricultura*

Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura

# Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío



## TÍTULO

Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío

.....  
Esta publicación ha sido elaborada y editada por IDAE, y está incluida en el fondo editorial de este Instituto, en la Serie “Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”.

Cualquier reproducción, total o parcial, de la presente publicación debe contar con la aprobación del IDAE.

Depósito Legal: M-42665-2005

ISBN: 84-86850-94-0

**IDAE**

**Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía**

c/Madera, 8

E- 28004 - Madrid

comunicacion@idae.es

www.idae.es

Madrid, octubre 2005

<b>Prólogo</b> .....	5
<b>Introducción</b> .....	7
<b>1 El ahorro energético y las cifras del Plan Nacional de Regadíos</b> .....	9
1.1 Las cifras del Plan Nacional de Regadíos (PNR) .....	9
1.2 La demanda de energía primaria .....	9
1.3 La demanda total agregada en el horizonte 2008 .....	10
1.4 El incremento de consumo energético como consecuencia del PNR ....	11
1.5 Conclusión .....	12
<b>2 Los regadíos eficientes</b> .....	13
2.1 La eficiencia en el uso del agua .....	13
2.2 La eficiencia energética .....	14
2.3 Conclusión .....	14
<b>3 El Servicio de Asesoramiento al Regante (SAR)</b> .....	15
3.1 Fundamento .....	15
3.2 Funciones del SAR .....	16
3.3 Cálculo de necesidades de agua .....	16
3.4 Difusión de la información .....	17
3.5 Conclusión .....	17
<b>4 Nuevas tecnologías al servicio del regadío</b> .....	19
4.1 Programas de Gestión de Regadíos y de Redes de Riego .....	19
4.1.1 Programa ADOR .....	19
4.1.2 Gestión de redes a la demanda. Programa GESTAR .....	20
4.2 Automatización de sistemas de bombeo: variadores de frecuencia ....	20
4.2.1 Bombas a velocidad constante .....	20
4.2.2 Bombas a velocidad variable .....	21
4.3 La importancia de la sectorización en los diseños de redes de riego ...	22
4.4 Conclusión .....	22

<b>5 Medidas operativas propuestas en el regadío</b> .....	23
5.1 Control del agua por la Administración Hidráulica .....	23
5.2 Actuaciones de la Administración de la Comunidad Autónoma competente en regadíos .....	24
5.3 Diseño del regadío .....	25
5.4 Diseño de los sistemas de bombeo .....	25
5.5 Mantenimiento de los sistemas de bombeo .....	27
5.6 Unidad de riego y equipamiento en las parcelas .....	27
5.7 Federación Nacional de Comunidades de Regantes (FENACORE) .....	29
5.8 Estatutos y ordenanzas de las comunidades de regantes .....	29
5.9 Utilización de aplicaciones informáticas de gestión de comunidades de regantes: administración y redes .....	29
5.10 Información y formación a los regantes, guardas y gestores .....	29
5.11 Nuevos proyectos de I+D .....	30
<b>Medidas propuestas para el ahorro en el uso del agua y de la energía</b> .....	31
<b>Bibliografía</b> .....	33

# Prólogo

La energía supone la mitad de la huella ecológica de la Humanidad y por lo tanto es lógico que sea importante la preocupación que existe hoy en día por su relación con el medio ambiente, y a este respecto el problema del cambio climático es trascendental.

Dentro del objetivo básico de conseguir que España cumpla su compromiso del Protocolo de Kyoto, las actuaciones de la política energética en el lado de la demanda de energía tratan de promover el ahorro y la eficiencia energética en los usuarios finales de la energía para reducir la tendencia actual de crecimiento.

En este sentido, IDAE, que es una entidad pública empresarial adscrita a la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, tiene como misión la promoción del ahorro y la diversificación energética mediante el fomento de la eficiencia energética y el uso de fuentes de energías renovables y respetuosas con el medio ambiente.

Una de las actividades más significativas del IDAE es la difusión y comunicación de tecnologías eficientes, mediante instrumentos de promoción como publicaciones, realización de seminarios, jornadas informativas,...

El consejo de Ministros de 8 de Julio de 2005 ha aprobado el Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4), que recoge las actuaciones concretas y los mecanismos que se van a articular para conseguir los objetivos fijados en la estrategia.

*El objetivo de este Plan de Acción es reducir en un 8,5% el actual consumo de energía primaria, el 20% de las importaciones de petróleo y la emisión a la atmósfera de 32,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.*

Como una de las primeras medidas en favor del ahorro y la eficiencia energética, el Plan prevé la realización de medidas de formación e información de técnicas de uso

eficiente de la energía en la agricultura, con el fin de introducir y concienciar a los agentes del sector sobre la importancia del concepto de eficiencia energética.

Es necesario ahorrar energía para disminuir los costes de producción, pero también para controlar y disminuir las contaminaciones que se producen con la actividad agraria.



Por todo lo anterior, y siendo conscientes de que el agricultor y el ganadero son los principales protagonistas, el IDAE, siempre contando con la colaboración del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, está realizando una serie de acciones en materia de formación, información y difusión de técnicas y tecnologías de eficiencia energética en el sector. Una de estas acciones es el desarrollo de una línea editorial en materia de eficiencia energética en el sector agrario mediante la realización de diversos documentos técnicos, como el que se presenta, donde se explican los métodos de reducción del consumo de energía en las diferentes tareas agrícolas.

En este sentido, ya se han publicado, los cuatro primeros documentos de esta línea editorial:

- Tríptico promocional: “Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”
- Documento especial (coeditado con el MAPA): “Consumos Energéticos en la Operaciones Agrícolas en España”
- Documento nº 1: “Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola”
- Documento nº 2: “Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío”

Además se encuentra en elaboración el documento: “Ahorro y Eficiencia Energética en Instalaciones Ganaderas”, que completa la primera parte de la línea editorial.

Desde IDAE trabajamos activamente para la mejora de la eficiencia energética y pensamos que la agricultura debe incorporar en su desarrollo y gestión, la eficiencia energética como un criterio básico para su viabilidad. Así se permitirá reducir la emisión de contaminantes y la dependencia externa de la energía, y mejorarán la competitividad de nuestras instalaciones frente a otros que no los apliquen.

# Introducción

Ningún país europeo, ni siquiera los mediterráneos, cuenta con una superficie semiárida superior a los dos tercios, como España, ni tanta extensión de regadíos dentro de ella. Si además se analizan las lluvias o las evapotranspiraciones, es fácil observar que nuestro país dispone de menos y más irregulares recursos, lo que obliga a gestionarlos mejor. A pesar de que ningún país tiene una extensión tan grande sometida a esa excepcionalidad hidrológica, *el consumo de agua en España es similar a la media europea e incluso inferior al de California*, un ejemplo habitual de elevada eficiencia.



La Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España en el ámbito de los regadíos, se analiza en el marco general legal en el que se insertan los regadíos españoles.

Según el Plan Nacional de Regadíos, aprobado por el Real Decreto 329/2002, de 5 de abril, *“el regadío es una pieza fundamental del sistema agroalimentario español”. El regadío aporta más del 50 % de la producción final agraria, ocupando solamente el 13 % de la superficie agrícola útil de nuestro país. Una hectárea de regadío produce, por término medio, unas 6 veces lo que una hectárea de secano y genera una renta cuatro veces superior, que además es más segura, permite diversificar producciones y aporta una elevada flexibilidad.*



El propio Plan Nacional de Regadíos es, en sí mismo, un plan orientado al objetivo perseguido de disminuir la intensidad energética, entre otros ligados a la conservación del medio rural y a la consolidación del sistema agroalimentario. Por lo tanto procede realizar un análisis

del mismo en aquellos aspectos relacionados con el agua y con la energía, y que sean susceptibles de aportar ideas y acciones coherentes con el Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4).



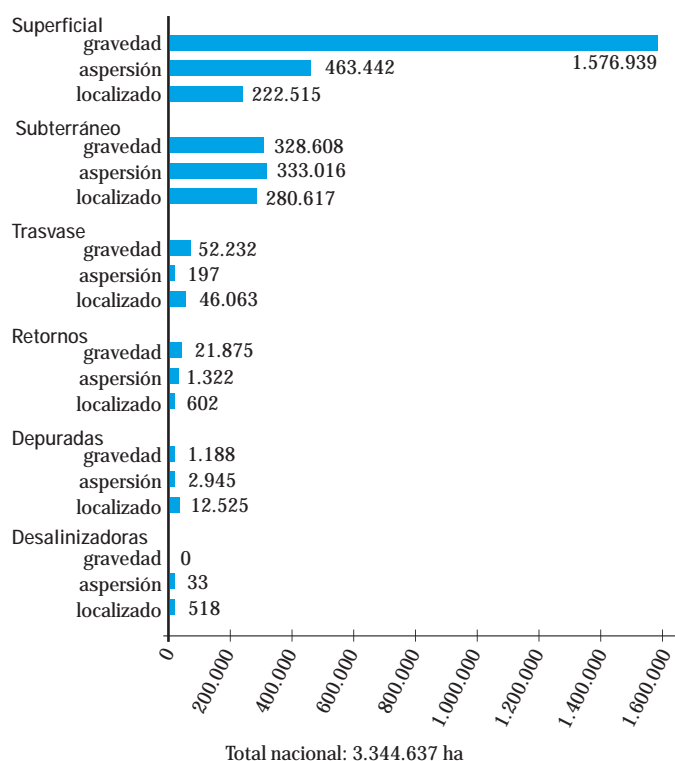
# 1 El ahorro energético y las cifras del Plan Nacional de Regadíos

La reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario para cualquier economía y con más razón en España donde la intensidad energética aumenta cada año a un ritmo elevado.

## 1.1 Las cifras del Plan Nacional de Regadíos (PNR)

La estructura de las superficies regadas según el origen predominante del agua y su sistema de riego se concretan en el esquema adjunto obtenido del PNR sobre datos del año 1997.

Superficie regada (ha) según origen predominante de agua y sistema de riego



## 1.2 La demanda de energía primaria

Las cifras del PNR sirven para dar una visión del peso relativo del regadío en la demanda de energía del sector agrario. La energía eléctrica supone del orden de la mitad de esta demanda: 613 ktep.

Estos datos se resumen en el cuadro adjunto:

### Demanda de energía primaria (ktep) en la agricultura en 1995

	Gasóleo	Eléctrica riego	Total	% sobre España
Secano	1.349	0	1.349	1,33
Bombeos regadío	224	613	837	0,83
Labores regadío	424	-	424	0,41
Pesca	853	0	853	0,83
Otros	100	0	100	0,10
<b>Total</b>	<b>2.950</b>	<b>613</b>	<b>3.563</b>	<b>3,5</b>

Los bombeos y las labores de regadío totalizan 1.261 ktep, es decir, tanto como el secano en su conjunto. No es de extrañar por tanto que las acciones de ahorro y eficiencia energética previstas en el Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4), incidan principalmente sobre la maquinaria agrícola de un lado, y sobre el regadío de otro.

### 1.3 La demanda total agregada en el horizonte 2008

La demanda actual de agua de riego estimada es de 23.298 hm<sup>3</sup>/año. El incremento de la demanda debida a los nuevos regadíos es de 1.233 hm<sup>3</sup>/año. El incremento de recursos adicionales para dotar adecuadamente a cada cuenca es de 1.298 hm<sup>3</sup> (existen 694.323 ha ligeramente infradotadas y 1.129.320 ha infradotadas).

### Demanda Nuevos Regadíos PNR al horizonte 2008

Com.	Nuevos Regadíos (ha)			Total	
	Ejecución	Sociales	Privados	ha	hm <sup>3</sup> /año
Andalucía	23.803	4.000	0	27.803	146
Aragón	26.393	20.967	0	47.360	278
Asturias	0	0	0	0	0
Baleares	0	2.250	0	2.250	9
Canarias	0	4.500	0	4.500	31
Cantabria	0	2.500	0	2.500	0
Castilla-La Mancha	11.910	17.000	0	28.910	148
Castilla y León	43.555	6.400	0	49.955	264
Cataluña	4.652	6.200	0	10.852	17
Extremadura	16.450	6.950	0	23.400	139
Galicia	0	2.500	0	2.500	0
Madrid	0	0	0	0	0
Región de Murcia	0	0	0	0	0
Navarra	6.894	2.887	0	9.781	43
País Vasco	0	5.000	0	5.000	16
La Rioja	4.708	5.272	0	9.980	40
Comunidad Valenciana	0	0	0	0	0
Sin regionalizar	0	0	18.000	18.000	102
<b>Total</b>	<b>138.365</b>	<b>86.426</b>	<b>18.000</b>	<b>242.791</b>	<b>1.233</b>

Si se le resta la disminución de la demanda provocada por la implantación del plan de mejora (938 hm<sup>3</sup>) se necesitan, para ese horizonte, 24.891 hm<sup>3</sup>.

Se concretan las cifras en el cuadro siguiente, por Comunidades Autónomas:

### **Demanda futura de riego (hm<sup>3</sup>) al horizonte 2008**

Comunidad Autónoma	Demanda actual	Incremento de nuevos regadíos	Disminución demanda programa Mejora	Recursos adicionales	Demanda futura al Horizonte 2008
Andalucía	5.025	146	46	444	5.569
Aragón	3.225	278	131	125	3.497
Asturias	25	0	0	1	26
Baleares	136	9	3	7	149
Canarias	210	31	9	30	262
Cantabria	15	0	1	1	15
Castilla-La Mancha	2.267	148	126	133	2.422
Castilla y León	3.352	264	177	141	3.580
Cataluña	2.219	17	96	20	2.160
Extremadura	1.695	139	85	160	1.909
Galicia	619	0	14	3	608
Madrid	268	0	11	10	267
Región de Murcia	1.231	0	49	72	1.254
Navarra	514	43	26	42	573
País Vasco	40	16	0	7	63
La Rioja	342	40	25	11	368
Comunidad Valenciana	2.115	0	139	91	2.067
Sin regionalizar	0	102	0	0	102
<b>Total</b>	<b>23.298</b>	<b>1.233</b>	<b>938</b>	<b>1.298</b>	<b>24.891</b>

### **1.4 El incremento de consumo energético como consecuencia del PNR**

Según los datos extraídos del PNR, el incremento de consumo se evalúa en 759 GWh desglosados según el siguiente cuadro:

Programas	Consumo (GW h)
Programa de consolidación y mejora de regadíos	450
Regadíos en ejecución	157
Regadíos potenciales	95
Regadíos privados	57
<b>Total</b>	<b>759</b>

Cabe destacar que más del 50% del incremento de consumo se atribuye a los programas de consolidación y mejora de regadíos que son, a la vista de los datos, los que requieren una intervención más energética a la hora de mejorar la eficiencia.

## 1.5 Conclusión

El Plan Nacional de Regadíos prevé un incremento de unas 364.000 ha de la superficie destinada al riego (242.000 ha en el horizonte 2008) y la modernización de regadíos existentes (el 50% al horizonte 2008) mediante procesos de consolidación y mejora en 1.129.000 ha y 1.140.000 ha respectivamente.

Es evidente que las nuevas hectáreas van a suponer una mayor demanda de energía y que la modernización de sectores con riego actual por gravedad, que van a pasar a riego a presión (aspersión, microaspersión, goteo), va a precisar la construcción de nuevas estaciones de bombeo, con el consiguiente incremento del consumo energético, con cifras por ha de magnitud similar a las de los nuevos regadíos <sup>(1)</sup>.

Se trata en definitiva de compatibilizar la creación o reestructuración de los sistemas regables con el uso

apropiado de los recursos agua y energía a través de la gestión racional de los distintos sistemas de riego, combinando el incremento de la eficiencia de los sistemas de riego (13) con diseños de instalaciones realizados con criterios de ahorro y eficiencia energética.

Este tipo de desarrollo “sostenible” del regadío implica un trabajo orientado hacia el análisis de la situación actual (¿estamos derrochando energía?) y la búsqueda de medidas que ayuden a conseguirlo.

Se pretende frenar la tendencia actual de crecimiento desmesurado en el uso de la energía con medidas concretas y urgentes. Para lo cual, en primer lugar se define el concepto de regadío eficiente, posteriormente se detallan las actuaciones que deben llevar a cabo los Servicios de Asesoramiento al Regante (SAR) y el papel de las nuevas tecnologías al servicio del regadío, concluyendo con una lista de recomendaciones y propuestas para la mejora de la eficiencia energética.

<sup>(1)</sup> En los regadíos proyectados por Riegos de Navarra, S.A., la media es de unos 1.500 kWh/ha, con una desviación típica de 0,893 kWh/ha.

## 2 Los regadíos eficientes

### 2.1 La eficiencia en el uso del agua

Existe en general un elevado grado de consenso sobre las medidas que pueden aplicarse para conseguir un uso eficiente del agua en los regadíos (5). Las más importantes son las siguientes:

- Introducción de nuevas tecnologías de riego más eficientes.
- Creación de Servicios de Asesoramiento al Regante (SAR).
- Formación a los regantes en las nuevas tecnologías y aspectos ambientales.
- Uso de tarifas binomias (volúmenes-superficies) con penalizaciones por excesos.
- Colocación de sistemas de control del agua en alta.
- Mejora de las regulaciones internas (en balsas y/o en los propios canales).
- Mejora de las redes de transporte y distribución.
- Mejora de los sistemas de gestión administrativa en las Comunidades de Regantes.
- Mejora de los sistemas de explotación de embalses con evaluación en tiempo real de las necesidades de agua de los cultivos.

Estas medidas para mejorar la eficiencia en el uso del agua son, como puede apreciarse, unas de matiz administrativo y de gestión y otras de matiz más técnico, y todas ellas, se pueden implementar en beneficio, finalmente, del ahorro y de la eficiencia energética si se proyectan y aplican de manera adecuada, tal y como se explica en los apartados posteriores.



## 2.2 La eficiencia energética

La disminución del consumo energético se considera que puede realizarse mediante dos aspectos:

a. Por la *disminución de consumos de agua* como consecuencia de un mejor conocimiento de las necesidades a través de los Servicios de Asesoramiento al Regante y por la reestructuración o modernización con cambio de sistema de riego. Tiene mayor efecto en los regadíos en los que se considera la posibilidad de un cambio del sistema de riego (puede pasar la eficiencia de 0,4 hasta 0,75) y los que se encuentran con escaso porcentaje de revestimiento de sus redes en la actualidad (pueden mejorar la eficiencia de 0,4 a 0,6). No obstante, en el caso de modernizaciones que lleven aparejado un cambio de sistema de riego el ahorro de agua, si se produce, puede compensarse con un mayor consumo de energía para los riegos a presión, ya que requieren de media una potencia instalada del orden de 2,0 kW por hectárea.

b. Por la *correcta adecuación del sistema de bombeo*, tanto en los nuevos regadíos como en la modernización, en lo referente a los siguientes conceptos:

- Introducción de variadores de frecuencia para funcionamiento de bombas en régimen variable.
- Mejora de rendimientos en los equipos de impulsión.
- Automatización de los sistemas de mando, maniobra y control.
- Posibilidad de construcción de depósitos operativos, en casos determinados.
- Diseño de redes optimizadas energéticamente.
- Mejora del factor de potencia.
- Elección de la tarifa más adecuada.



La mejora de la eficiencia energética de los regadíos que dependen de aportes externos de energía lleva consigo unas inversiones que minoran, en principio, los costes de explotación de los agri-

cultores pero, y sobre todo, tienen un efecto positivo sobre el medio ambiente en cuanto disminuyen la necesidad de producción energética.

## 2.3 Conclusión

La modernización de los regadíos (4) tiene un techo a alcanzar que se concreta en los cambios hacia sistemas de riego automatizables, con control de la aplicación del abonado y fitosanitarios, en unas estructuras productivas mejoradas con procesos de Concentración Parcelaria. Las consecuencias directas para el agricultor son una mejora de sus condiciones de trabajo, mayor disponibilidad de tiempo, y una mejora de sus resultados económicos.

La sociedad, en su conjunto, se beneficiará de la mejora ambiental derivada de la modernización y, en particular, del ahorro energético que se produce en relación con los regadíos tradicionales con bombeo.

A pesar de las dificultades, debe tenderse a la realización de las obras de modernización de los regadíos tradicionales, preferiblemente con cambio a sistema de riego a presión que, junto a la asistencia técnica proporcionada por el Servicio de Asesoramiento al Regante, constituyen los dos elementos básicos para el manejo eficaz de los recursos hídricos disponibles. El correcto diseño y empleo posterior de las instalaciones puede proporcionar una liberación de caudales con fines ambientales, y en particular puede contribuir a disminuir la sobreexplotación de acuíferos por el ahorro de agua producido y, en definitiva, a un ahorro energético por menores necesidades de bombeo.



# 3 El Servicio de Asesoramiento al Regante (SAR)

## 3.1 Fundamento

Los Servicios de Asesoramiento al Regante se crean con el ánimo de fomentar un manejo conservacionista de los regadíos, y de dar soporte técnico real a los aspectos energéticos y ambientales de los mismos.

Para ello es preciso aplicar una serie de medidas correctoras, que normalmente se resuelven en la fase de diseño de los proyectos. Sin embargo, resulta sumamente importante tener en cuenta también otra serie de medidas preventivas y correctoras durante la fase de utilización de las obras en base a racionalizar la explotación de las parcelas en regadío y el uso de las instalaciones.



Los objetivos de minimización de impactos durante esta fase pueden conseguirse siguiendo unas normas lógicas (aunque no siempre conocidas por los usuarios) en la práctica del riego: utilización racional del agua, control en el aporte de fertilizantes, fitosanitarios y pesticidas, laboreo de suelo tendente a evitar la erosión, etc.



Principales SAR



Para conseguir estos objetivos se hace cada vez más necesario que los nuevos regantes cuenten con un asesoramiento técnico como medida correctora en los Planes de Vigilancia Ambiental, con objeto de minimizar las posibles afecciones causadas por la práctica del riego. Estas medidas se encaminan principalmente en dos direcciones:

- Mantenimiento y conservación de las instalaciones en orden a la disminución de consumos energéticos y de costes.
- Explotación de las parcelas de regadío, su manejo y control.

Para la consecución de este propósito va a ser primordial el *asesoramiento técnico especializado y cercano*, articulado a través de los Servicios de Asesoramiento al Regante (SAR) implantados en distintas Comunidades Autónomas, que dé a conocer estas medidas a los usuarios del regadío y que clarifiquen de qué forma se han de poner en práctica.

### 3.2 Funciones del SAR

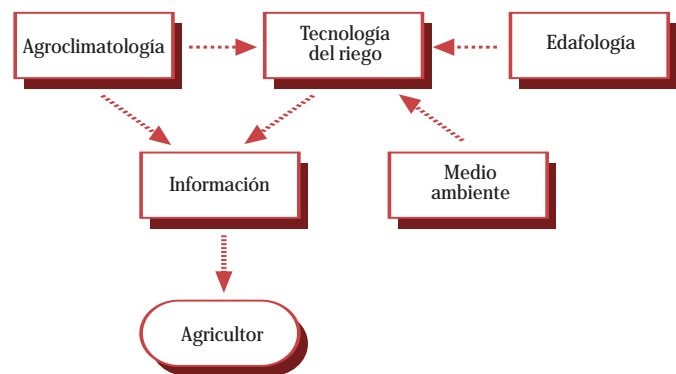
Una herramienta fundamental para racionalizar, desde el punto de vista ambiental, la explotación de las parcelas en riego y el uso de las instalaciones puede encontrarse en las funciones informativa y de control del Servicio de Asesoramiento al Regante, siempre que éstas se integren dentro de los Planes de Vigilancia Ambiental (10).

Las principales actividades a desarrollar por el SAR dentro de este marco de actuación se resumen en el siguiente cuadro:

### Principales actividades del SAR

Formación e Información	Seguimiento y control
Empleo adecuado de fertilizantes y agroquímicos	Calidad de las aguas superficiales y subterráneas
Recomendaciones semanales de riego	Prácticas de riego
Mantenimiento de las instalaciones	Niveles de salinidad en el suelo
Manejo del suelo para limitar la erosión	Evaluación de sistemas de riego
Divulgación de técnicas conservacionistas	Análisis del consumo energético
Formación regantes	Estudio de tarifas de riego
Formación guardas	

La información de los SAR va dirigida a los usuarios del agua de riego que, o bien son individuales o bien se constituyen en Comunidades de Regantes, las cuales pueden, si su dimensión lo permite, disponer de su propio Servicio de Asesoramiento.



Se considera de sumo interés que en la formación de los regantes se establezcan módulos demostrativos de fertirrigación, por la incidencia que su correcto manejo tiene en la disminución de la contaminación difusa.

### 3.3 Cálculo de necesidades de agua

Se considera el núcleo básico de cualquier SAR la difusión de las necesidades de agua.

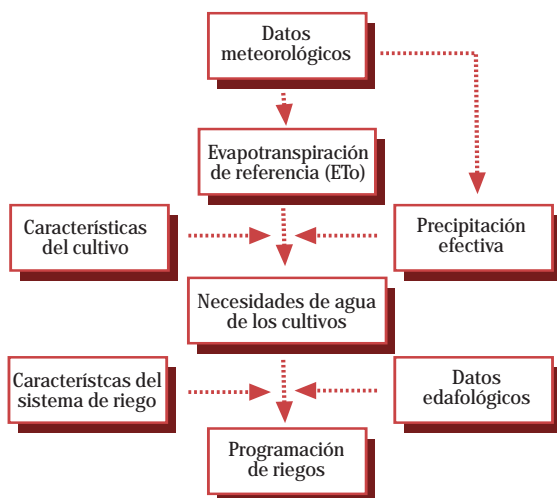
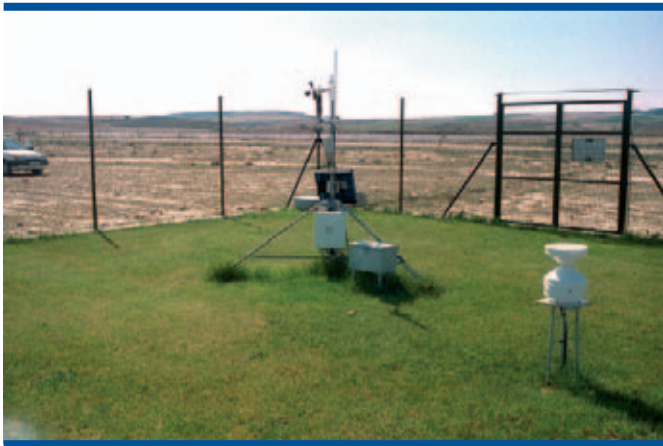
Aunque existen sistemas clásicos como el tanque evaporimétrico, apropiado para fincas particulares o experimentales pero de difícil automatización, se tiende hacia la utilización de sistemas más complejos y

para ello se considera como metodología más adecuada la denominada “programación de riegos” (3), procedimiento que tiene como finalidad el que el regante aplique a sus cultivos la cantidad de agua necesaria en el momento apropiado.

Si se pretende calcular las necesidades de agua de los cultivos con un grado correcto de precisión, resulta fundamental contar con una red de estaciones agrometeorológicas automáticas (8) que sean representativas de las diferentes zonas de riego.

Se recomienda una estación cada 5.000 ha de promedio, aunque en función de la orografía pueden alcanzarse superficies mayores del orden de 10.000 ha.

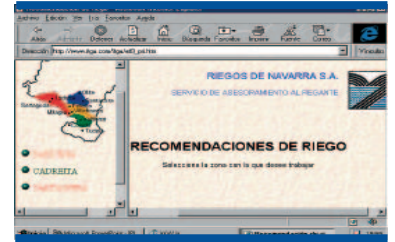
Las recomendaciones de riego efectuadas pueden posteriormente controlarse mediante sondas TDR, métodos gravimétricos y otros más sofisticados, así como por la evolución general y respuesta del cultivo.



### 3.4 Difusión de la información

Lo habitual es que el Servicio de Asesoramiento al Regante facilite recomendaciones de riego con periodicidad semanal.

Los regantes pueden obtener la información a través de diversos medios de comunicación: diarios, emisoras de radio y TV, así como en las propias comunidades de regantes, cooperativas y ayuntamientos.



Es aconsejable que estas recomendaciones puedan ser consultadas también por INTERNET tal y como se hace en varias Comunidades Autónomas (1).

### 3.5 Conclusión

No se concibe un programa de ahorro y eficiencia energética que no incluya entre sus acciones la implantación de los Servicios de Asesoramiento al Regante. El manejo de los regadíos desde el punto de vista hidráulico, energético y medioambiental lo exige. Estos Servicios de Asesoramiento al Regante deben estar coordinados con la red SIAR (11) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que informa en tiempo real de las necesidades de agua de los cultivos.

A su vez, estos datos han de servir para que la Administración Hidráulica pueda planificar los desembalses con información fiable, o controlar extracciones en acuíferos de forma que se evite su sobreexplotación.



## 4 Nuevas tecnologías al servicio del regadío

Las nuevas tecnologías (9) han introducido en el mundo del riego enfoques que hace unos años se consideraban impensables. Los programas informáticos de gestión de regadíos y de redes de riego, la mejora energética de los bombeos que suministran caudal y presión a las zonas regables, la posibilidad de consultar en Internet las dosis de riego para cada cultivo y zona climática así como disponer de la información en tiempo real de los cultivos existentes en las zonas regables, son algunas de las cuestiones que las nuevas tecnologías han contribuido a desarrollar en plenitud.

### 4.1 Programas de Gestión de Regadíos y de Redes de riego



Son aplicaciones informáticas de apoyo a las Comunidades de Regantes y que sirven a su vez como fuente de

información para futuros proyectos. La instalación la puede realizar el Servicio de Asesoramiento al Regante así como su seguimiento y mantenimiento.

Con estas herramientas informáticas se puede hacer realidad la aplicación de tarifas binomias y progresivas con las penalizaciones por superación de determinados niveles de consumo de agua por cultivo.

Este tipo de actuación se ha comprobado que es muy efectivo en el control de las zonas con recursos limitados, ya que permite el control de los consumos reales por cultivos, su relación con las recomendaciones de riego y el grado de seguimiento que se hace de las mismas, así como el análisis energético de las instalaciones proyectadas y su incidencia en el precio final del agua.

#### 4.1.1 Programa ADOR

El programa ADOR, financiado por el Plan Nacional de I+D y los fondos FEDER de la UE, se ha creado para ayudar a la gestión del agua en las comunidades de regantes y facilitar la toma de decisiones en la modernización de regadíos y en la planificación de las campañas

de riego. Fundamenta su trabajo en una extensa base de datos capaz de dinamizar los procesos de gestión facilitando además la facturación a través del control de consumos de agua y de energía, entre otros.

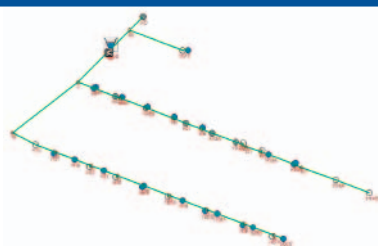
El programa puede ser usado en comunidades de regantes que tengan cualquier tipo de sistema de riego (superficie, aspersión o goteo) y cualquier tipo de red de distribución (canales o tuberías).

En la actualidad el programa se desarrolla y difunde con la colaboración de la Oficina del Regante del Gobierno de Aragón (ver referencia electrónica).

#### 4.1.2 Gestión de redes a la demanda. Programa GESTAR

GESTAR es un paquete de simulación hidráulica de redes presurizadas orientado al diseño, análisis y gestión de regadíos, que se conjuga con una “interface” gráfica que permite el empleo cómodo y eficiente de tales recursos.

Esta herramienta posibilita planificar una óptima explotación del regadío y previene multitud de problemas operativos, puesto que anticipa inmediatamente la respuesta de la red ante múltiples estados de demanda, supuestos o verificados, y detecta las causas que originan las disfunciones.



Datos de salida del programa.

## 4.2 Automatización de sistemas de bombeo: variadores de frecuencia

En la búsqueda de la optimización energética y en síntesis, existen dos maneras de satisfacer una demanda de riego a presión, independientemente del grado de automatismo de la estación: con bombas funcionando a velocidad constante o bien con bombas funcionando a velocidad variable.

### 4.2.1 Bombas a velocidad constante

En el caso de la velocidad constante donde los grupos motobombas sirven un caudal determinado a una presión fija, se puede proyectar una balsa de regulación situada a la altura de bombeo precisa, que sea capaz de acumular los excedentes no consumidos en la red y que sea capaz de dar la presión necesaria al caudal demandado cuando no funcionen los grupos de bombeo. Se le suele exigir, por criterios económicos, estar muy cerca de la zona de riego y se utiliza para comandar, según su grado de llenado, el equipo de impulsión de la estación de bombeo a través de una señal de radio. Siempre se proyectan estas balsas operativas a la cola de la red, comunicada con ella por una única tubería de entrada/salida.

*El balance energético del bombeo a velocidad constante no es, ni conceptual ni técnicamente, óptimo.*

Basta con analizar el esquema básico de riego con balsa: se están regando parcelas cuya necesidad de presión para riego por aspersión se cifra en torno a los 50-70 m (incluida la altura geométrica) con agua acumulada a unos 100 ó 120 m de altura, aunque haya sido bombeada en hora valle.

Se entiende que el balance es todavía peor en los hidrantes situados cerca de las estaciones de bombeo y en aquellos diseñados para riego por aspersión y que en un futuro cambien a riego por goteo, tendencia que se ha venido observando en los últimos años. En resumen, se debe entender que *eleva agua a una altura fija para tener que perder presión en el regulador del hidrante a la hora de regar, no supone, ni de lejos, un planteamiento energético correcto.*

Salvo que la balsa o depósito operativo sirva como elemento de acumulación y regulación, en cuyo caso su construcción tiene una justificación diferente, conceptualmente, de los diseños con embalses operativos, podemos decir además que:

- No son estrictamente necesarios para automatizar una estación de bombeo.
- Su estanqueidad, generalmente encomendada a materiales plásticos, necesita un seguimiento ade-

cuado, por parte de las Comunidades de Regantes, que a veces no se lleva a cabo.

- Encarecen la red, debido a las grandes reservas de timbraje necesarias para transitorios hidráulicos superiores a los bombeos con variador de frecuencia.
- El balance energético es incorrecto.
- No permiten la sectorización de las redes de las que se habla en un apartado posterior.
- Son unos bombeos muy rígidos a futuro.
- Al tener que construirlos aprovechando alturas existentes pueden dejar ciertas zonas, interesantes a transformar, sin presión suficiente.
- Por su emplazamiento, se dejan sin las conducciones hidráulicas necesarias para transportar los excesos de agua debidos a falsas maniobras por lo que se producen arrastres y erosiones de consecuencias, muchas veces, graves.



- Debido a su emplazamiento no suelen disponer de energía eléctrica por lo que no puede llevarse a cabo la instalación de una válvula motorizada para cerrar la conducción de bajada en caso de una avería de la red por la noche, con el consiguiente peligro de inundaciones debidas a su vaciado.
- Desde el punto de vista ambiental y estético sus afecciones pueden ser relevantes, dependiendo de la zona donde se ubiquen.
- Mantienen la presión en la red y permiten un cierto riego diurno con agua barata.
- Se adecuan a los condicionantes del sistema eléctrico.

#### 4.2.2 Bombas a velocidad variable

El sistema de automatización de velocidad variable utiliza un variador de frecuencia<sup>(2)</sup> que, actuando sobre las bombas necesarias del sistema, consigue servir a

la red el caudal demandado en cada momento a una presión determinada.

Este sistema de automatización de bombeo, tan en boga hoy en día, empezó a utilizarse en la década de los 80, cuando ya se construyeron algunas estaciones de bombeo con ese sistema.

Desde entonces hasta hoy la electrónica ha evolucionado de manera impresionante y mucho más en el campo de los semiconductores, con el consiguiente aumento de la oferta de aparatos, su mejor conocimiento, la disminución de tamaño y, fundamentalmente, la caída de su precio. Motivos todos ellos que estimulan, aún más, su utilización.

Si este sistema ha funcionado de manera satisfactoria en los bombeos donde ha sido necesaria su instalación, los variadores han mejorado sus prestaciones y son mucho más baratos frente a la construcción de un depósito: no encontramos ningún motivo para no instalarlos, aunque en la zona exista la posibilidad de construir una balsa.

De hecho si se hubieran proyectado en muchos regadíos bombeos con variadores de nueva generación se habrían eliminado depósitos prefabricados, muy caros de construir y con dificultad para conducir las aguas aliviadas en falsas maniobras. Hubieran sustituido, sin duda, a los bombeos con calderines acumulativos.

Hubieran equilibrado las difíciles decisiones en la planificación a la hora de apostar por uno de los dos sistemas y se habría desechado la construcción de balsas con ciertos problemas de afecciones ambientales o donde se han proyectado riegos de invierno con demandas muy variables y grandes interrupciones estacionales.

Pero, fundamentalmente, donde abren un horizonte cerrado por el sistema clásico y hasta ahora no abordado en los proyectos de riego es en el campo de la sectorización y en el de la presión variable.

<sup>(2)</sup>El variador de frecuencia es un aparato electrónico capaz de variar la frecuencia de entrega de la red eléctrica, lo que hace que la respuesta del motor sea variable, y su consumo eléctrico se adapte a las necesidades de cada momento.

### 4.3 La importancia de la sectorización en los diseños de redes de riego

El variador de frecuencia en combinación con los aparatos que se instalan siempre, sea cual sea el sistema elegido, en las estaciones de bombeo (autómatas, caudalímetros,...) proporciona una potente herramienta de optimización de recursos ya que el sistema puede funcionar de manera mucho más inteligente y suministra, con gran rendimiento global, *caudal y presión variable*.

Es decir, en cada momento las bombas no sólo dan el caudal demandado en la red sino que, además, lo suministran, si se sabe proyectar el sistema correctamente, siguiendo su curva de resistencia: *a la presión necesaria en cada instante*.

Incluso, si los hidrantes están dotados de algún sistema de envío de información a la estación de bombeo puede suprimirse la necesidad de mantener una presión mínima en la red que al descender envía la señal por telecontrol a la estación de bombeo para su arranque.

Con la frecuencia variable ya resulta viable *sectorizar* el bombeo, es decir, construir dos (incluso tres) sistemas de bombeo independientes en cada transformación.

Se entiende que esto no puede hacerse con balsas, pues sería necesario construir dos o tres a diferentes alturas. La sectorización, donde se deba realizar, permite instalar, compartiendo instalaciones fijas, bombeos a diferentes rangos de alturas y caudales de manera independiente, bien porque existan zonas a goteo junto a otras de aspersión, o bien porque coexistan en el proyecto zonas con desniveles relativos muy importantes.

Con este planteamiento, contando con los programas de gestión de redes descritos y con los automatismos en parcela, diseñar redes a la demanda se convierte en un lujo innecesario, siendo más razonable proyectar redes para *“riego ordenado”* a mitad de camino entre los turnos y la demanda.

### 4.4 Conclusión

El funcionamiento de las redes de distribución diseñadas con criterios de “riego ordenado”, unido a la posibilidad de conocer en detalle los caudales demandados en tiempo real por los cultivos, gracias a la combinación de estaciones agroclimáticas automáticas e Internet, permite ya, y permitirá cada vez más en el futuro, gestionar el agua eficazmente desde los puntos de vista económico y ambiental, especialmente si se dota a las Comunidades de Regantes de programas informáticos de gestión administrativa y de gestión de redes, adaptados al tamaño y características específicas de cada Comunidad de Regantes.

Si a lo anterior se une que en las estaciones de bombeo los variadores de frecuencia inducen ahorros energéticos adicionales y por tanto menor uso de recursos fósiles, se configura una situación en la que las nuevas tecnologías contribuyen cada vez más eficazmente al desarrollo de una agricultura de regadío respetuosa con el medio ambiente y que actúa con criterios propios de sector industrial en los aspectos económicos y de rentabilidad.

Como puede suponerse, las necesidades de formación de los agricultores, en este contexto, se incrementan notablemente, siendo necesario disponer de técnicos en divulgación para ir acercando al agricultor a las nuevas tecnologías, que le permitirán ser más competitivo y hacer un uso más racional de los recursos hídricos y energéticos disponibles, acoplando las demandas del recurso agua a los consumos de referencia que se establezcan a través del Plan Nacional de Regadíos, o bien a través del Plan Hidrológico Nacional, en concordancia con los Servicios de Asesoramiento al Regante que se encuentran especialmente sensibilizados en fomentar una gestión eficaz y sostenible del agua como recurso escaso.



## 5 Medidas operativas propuestas en el regadío

Se recopilan en este apartado una serie de medidas y acciones que pretenden constituir un catálogo de posibles acciones orientadas al ahorro y eficiencia energética en el regadío. No pretende ser un catálogo exhaustivo, sino una exposición de ideas obtenidas de las reflexiones de los anteriores apartados y de las normas comunes de buen diseño que, cada una de ellas, a buen seguro, precisarán de un desarrollo posterior más detallado.



### 5.1 Control del agua por la Administración Hidráulica

- Colocación de módulos para control en alta del recurso en la toma principal y en las derivaciones más importantes. Imposibilidad de derivar más agua de la concedida que pueda provocar un efecto de abundancia y derroche en el usuario agrícola.
- Introducción de sistemas de telegestión de zonas regables y de canales.
- Regulaciones dinámicas de canales y regulaciones internas de los sistemas de distribución de agua: balsas laterales de canales, balsas de cola, que permitan absorber las ineficiencias del sistema, sin pérdida del recurso.
- Control de las necesidades de agua de las zonas regables dominadas por infraestructuras públicas, en base a las recomendaciones de los Servicios de Asesoramiento al Regante y en base a los datos de la red SIAR.
- Ajuste de los desembalses para riego a las necesidades reales del sistema, tanto por el conocimiento y previsión de necesidades de agua que el SAR puede suministrar, como por la situación real de los



embalses y canales suministrada en tiempo real a través de sistemas de telegestión.

- Favorecer el ahorro de agua mediante la implantación de tarifas vinculadas con el consumo real de agua, abandonando el sistema actual de pago de un canon por hectárea regada.

## 5.2 Actuaciones de la Administración de la Comunidad Autónoma competente en regadíos

- Obligatoriedad de llevar a cabo una auditoría energética de las Comunidades de Regantes que opten a ayudas autonómicas y estatales, que permita, por un lado discriminar qué Comunidades de Regantes pueden percibir las, por ser energéticamente eficientes, o por si no lo son y hay que mejorar su eficiencia, para poder determinar el grado de mejora de la eficiencia conseguido.
- Llevar a cabo un Plan de Actuaciones de Mejora de los Rendimientos Energéticos de las Comunidades de Regantes (PAMRECOR), con la posibilidad de establecer, de acuerdo con la Administración Central, unos importes mínimos de ayudas para su realización, mejorables por cada Comunidad Autónoma en función de sus intereses.
- Condicionar la financiación de las modernizaciones y de los nuevos regadíos a la aprobación previa por las Comunidades de Regantes beneficiadas de tarifas binomias que permitan sancionar los excesos de consumos sobre las cifras que establezca como de referencia el SAR (6).
- Aplicar ayudas a las instalaciones en parcela de manera diferente según sea la eficiencia del sistema de aplicación escogido, y condicionar una parte significativa de la ayuda a la asistencia a cursos de formación a los regantes y posterior control por el SAR de consumos reales en relación con los de referencia de acuerdo con el espíritu de la Directiva Marco de Aguas 60/2000.
- Impulsar la utilización de variedades que permitan adelantar la época de siembra y floraciones. Igualmente deberían realizarse ensayos y la adecuada difusión sobre el “ranking” de variedades productivas de un mismo cultivo en relación con el factor agua.

Reducciones porcentuales de las necesidades de agua para esas nuevas variedades se aplicarán directamente a los costes energéticos y contribuirán a una mejor conservación del recurso.

- Impulsar la investigación sobre riegos deficitarios y funciones de producción de los cultivos de mayor consumo de agua de forma que sea posible recomendar por el SAR reducciones de las cantidades de agua a aplicar en determinados periodos “no críticos” que lleven consigo reducciones de producción económicamente asumibles por la disminución de costes de explotación inducidos al regar con menor cantidad de agua y menor coste de energía.
- Impulsar la agricultura de conservación en los regadíos (siembras directas, mínimo laboreo) reduciendo consumo de combustibles fósiles por ese concepto.
- Creación de una auténtica especialización en las escuelas de Capacitación Agrícola para formar guardas de riego que puedan asumir la complejidad tecnológica de los regadíos.

Siendo el guarda el controlador del sistema de riego, una actuación formativa y especializada sobre él resultaría beneficiosa en términos de costes de explotación y de racionalización del coste de energía.

- Fomentar el acercamiento de las industrias agroalimentarias a las zonas regables para potenciar los regadíos de los que se sirve y para disminuir los costes de transporte asociados, con la doble ventaja de reducir costes de producto y mejorar también la eficiencia energética del conjunto.



## 5.3 Diseño del regadío

- La *utilización de herramientas de simulación* como GESTAR posibilita planificar una óptima explotación del regadío y previene multitud de problemas operativos, puesto que anticipa inmediatamente la respuesta de la red ante múltiples estados de demanda, supuestos o verificados, y detecta las causas que originan las disfunciones. GESTAR dispone de abundantes aplicaciones tanto en la fase de diseño, como en la posterior gestión de las redes de riego.
- Elegir con criterios de eficiencia energética el tipo de *suministro de energía* para los elementos de impulsión de una zona regable. El técnico debe ponderar y estudiar una serie de factores, a saber:
  - Suministro en alta o baja tensión.
  - Horas de funcionamiento anual de la instalación.
  - Potencia máxima estimada de la instalación.
  - Posibilidad de automatización de la instalación.
  - Periodos horarios de funcionamiento de la instalación.
  - Costumbres del regante.
  - Posibilidad de cambiar las costumbres de riego.
  - Existencia de lugares para balsas.
- La *posibilidad de automatización del riego* es otra de las cuestiones que el proyectista tiene que concretar ya que va a permitir, entre otras ventajas, el funcionamiento de la instalación durante las horas de menor costo, lo que va a repercutir en un menor coste de la energía.

En definitiva un dimensionado de la red efectuado con las actuales herramientas de diseño y control, considerando criterios de eficiencia energética, junto a la elección de la tarifa adecuada y una programación racional del riego, de acuerdo con los periodos horarios de mínimo costo pueden conducir a ahorros en los costes energéticos del orden de 50-60% lo que justifica plenamente una mayor inversión inicial en cuestión de equipos, automatismos, *telegestión* y, desde luego, en el seguimiento de las recomendaciones de riego del SAR.

## 5.4 Diseño de los sistemas de bombeo

- Al realizar un diseño de una red de transporte de agua, si se toman *condiciones de partida* alejadas de las más adecuadas conducirá inevitablemente a soluciones, que aunque técnicamente aceptables, se alejen de la óptima, independientemente de que el proceso de optimización sea el adecuado. De suma importancia resulta adecuar la *potencia contratada* a la máxima demandada por la instalación que habrá sido estudiada, en sus aspectos energéticos e hidráulicos con los criterios del apartado anterior.
- En el diseño de aquellas instalaciones de riego que vayan a utilizar la *electricidad* como fuente de energía para el accionamiento de los diferentes elementos mecánicos (bombas, inyectores, ventiladores, etc.), resulta fundamental el *conocimiento de las características del suministro, tipos de tarifas y condiciones* que ofrece la compañía suministradora.
- *El uso de las bombas como elemento regulador, sin el apoyo de los variadores de frecuencia plantea inconvenientes* ya que una bomba cuanto más caudal suministra menor presión proporciona, mientras que la red cuando demanda poca agua también solicita menor presión.





- *Se puede conseguir que la estación de bombeo cambie su curva proporcionando menor presión cuando proporciona menor caudal, mediante el empleo de bombes de velocidad variable. Cuando la bomba gira a una velocidad inferior, su curva característica se modifica proporcionando menor caudal y menor presión y, en definitiva, un menor consumo energético adaptado a la demanda real.*
- *Aparte de estas cuestiones básicas de partida se acompaña otro conjunto de recomendaciones que, a título general, conviene conocer para mejorar la eficiencia energética de las estaciones de bombeo:*

Diseño de las bombas y motores de forma que se consigan altas eficiencias de partida, para lo cual deben analizarse las curvas de altura y caudal de las bombas con sumo cuidado, así como las posibles combinaciones de soluciones que permitan el fraccionamiento del caudal adecuado a cada circunstancia.

Evitar el sobredimensionamiento de las instalaciones de bombeo mediante un estudio agronómico riguroso y realista. Se considera de utilidad disponer de estudios de prospectiva sobre futuros cultivos.

Supresión de bombas de reserva en impulsiones como norma general. En muchos casos no se usan de forma adecuada. Es preferible un bombeo con velocidad variable que permita escalones de bombeo tan ajustados como sea necesario.

En bombes a realizar en campos de pozos diseñar el sistema de forma que prime el bombeo de los pozos más eficientes o con menor coste de energía en su conjunto.

Estudio económico de la aplicación de las diferentes tarifas eléctricas para riego disponibles.

Contratación de la potencia adecuada a los requerimientos del sistema. Puede ser necesario en los primeros años una contratación de menor potencia a consecuencia del progresivo desarrollo de la zona.

Establecer en las estaciones de bombeo líneas de bombeo de diferente presión si la zona regable admite sectorizaciones independientes por la topografía de la zona o por el sistema de riego elegido para cada zona.

Empleo de variadores de frecuencia en el accionamiento de los motores para lograr curvas altura/caudal en las bombas acordes con las necesidades.

Diseñar los sistemas de bombeo con variadores de frecuencia considerando que las presiones de consigna no deben ser fijas y dependientes de la ubicación de la toma más desfavorable, sino que dependan del caudal demandado en cada momento, controlado a través de un automático que está programado previamente con una curva parabólica de presiones/caudales (curva resistiva de la red).

Diseñar sistemas de bombeo que sean capaces de iniciar su funcionamiento no tanto en base a la cota de presión necesaria para la parcela más desfavorable topográficamente sino en base a una señal de telemando que advierte al automático qué hidrante o grupo de hidrantes ha comenzado a funcionar.

Dar preferencia a las estaciones de bombeo diseñadas para funcionar a intemperie. De esa forma se evita consumir energía para disipar la energía calorífica generada en los equipos de bombeo.

Separar los elementos que generan calor en las estaciones de bombeo de los propios motores y bombas, ubicando los transformadores en edificios independientes.

Diseñar Estaciones Intemperie para disminuir las necesidades de climatización de las estaciones de bombeo utilizando, si no fuera posible, métodos de ventilación naturales apoyados puntualmente por sistemas de extracción de calor fiables.

Establecer dispositivos del tipo de batería de condensadores, para disminuir la energía reactiva.

Diseño de elementos de filtrado de limpieza automática, con el fin de evitar consumos excesivos por pérdidas de carga en los mismos.

Diseñar las instalaciones de bajo mantenimiento posterior y que sea sencillo y fácilmente comprensible por los guardas de riego.

## 5.5 Mantenimiento de los sistemas de bombeo

La asociación europea de fabricantes de bombas Europump creó en 1997 un grupo de trabajo denominado Enersave con el que se pretendía optimizar los sistemas de bombeo, de manera que se redactó una normativa común bajo la expresión “Cost-Effective Pumping”, o lo que es lo mismo Bombeo Rentable, durante el ciclo de vida de las bombas que establece la necesidad de programar una buena estrategia de mantenimiento preventivo de los equipos de bombeo y una vigilancia de cualquier comportamiento irregular de los mismos.

Para ello se podría establecer las siguientes rutinas:

- Recopilación de estrategias de mantenimiento propuestas en la documentación técnica de las bombas.
- Inspección diaria del funcionamiento de la bomba: para poder ver si se dan irregularidades en forma de ruidos extraños durante el funcionamiento, cambios en la temperatura de trabajo, goteos a través de la empaquetadura, o pérdida de prestaciones (altura y caudal). También comprobación del estado del filtro en la aspiración de la bomba.
- Inspección anual: fuera de la campaña de riego comprobación de aspectos tales como el alineamiento de la bomba y el motor y las tolerancias en los prensaestopas. Asimismo, deben reponerse los niveles de lubricante, limpiar los filtros de aire y el ventilador del motor.

Aprovechar a revisar el nivel de desgaste de las piezas críticas, es decir, desgaste en cierres mecánicos, situación de anillos de desgaste, desgaste en el eje o en los manguitos. Y en la medida de lo posible, ha de investigarse el motivo del desgaste.

También es conveniente revisar el estado del motor, especialmente el bobinado y los aislamientos.

- Inspección cada 5 años: desmontaje completo de la bomba en todas sus piezas, procediendo a la revisión y limpieza de las mismas.



## 5.6 Unidad de riego y equipamiento en las parcelas

Es conveniente reflejar algunas normas de aplicación general que permitan diseñar los equipamientos en las parcelas, donde se produce realmente el consumo, con unas orientaciones básicas para el diseño (2): alcanzar un coeficiente de uniformidad en el riego no inferior al 85% en aspersión y al 95% en goteo, mediante diseños de redes interiores y de emisores de riego adaptados al cultivo y al suelo. Para ello se deberán tener en cuenta, entre otros, los siguientes criterios:

- Seleccionar el *sistema de riego mejor adaptado al cultivo y al tipo de suelo* y que sea más eficiente en cada caso concreto.
- *Migrar de sistemas de aspersión a goteo* cuando sea posible dado el menor consumo de energía en este sistema.
- *Diseño interior de las parcelas en riegos a presión que minimicen los requerimientos de energía*, estableciendo criterios de partida de variación de presión y/o caudal entre aspersores o goteos que garanticen la uniformidad del riego sin gravar en exceso el coste de la componente energética (12).

- *Análisis de las pérdidas de carga en hidrante* de forma que éste se encuentre en la zona óptima de trabajo para el caudal de diseño y las pérdidas de carga sean razonables.



- *Ubicar las tomas de riego o hidrantes de forma preferible en puntos altos* de la parcela a regar para abaratar el diseño interior.
- *Migrar sistemas de riego gravedad a riego por goteo* en base a bombes accionados por energía solar fotovoltaica.
- En *riego por aspersión* la presión requerida en la acometida del hidrante desde la red de distribución a cota de terreno, es de  $5,5 \text{ kg/cm}^2$  incrementados o disminuidos en el máximo desnivel entre el hidrante y cualquier punto de la superficie regada desde éste, y es posible reducir esta presión disponible hasta los  $4,5 \text{ kg/cm}^2 \pm$  el desnivel citado con el ahorro energético consiguiente.
- En *riego por goteo* se pueden diseñar parcelas en el entorno de 5 a 10 ha con  $4 \text{ kg/cm}^2$  de presión antes de hidrante.  
Se puede disminuir ese valor a  $3 \text{ kg/cm}^2$ , con un ligero incremento de coste de 30 euros/ha por incremento de sección en la tubería principal. Lógicamente una reducción de  $1 \text{ kg/cm}^2$  tiene una importancia grande ya que se disminuye la energía necesaria en un 25%.
- Estos datos confirman la *necesidad de analizar las presiones básicas de diseño* con sumo cuidado analizando en profundidad las características de los goteos en su doble vertiente, energética (selección de flujo laminar o turbulento, coeficientes de descarga y coeficientes de variación) y agronómica (tipo de suelo, caudal litros/hora, nº de goteros por planta).

- *Se recomienda la elección de goteros de Coeficiente de Variación (CV) inferior al 5%* ya que este parámetro es un indicador estadístico de la calidad de fabricación de los emisores y para valores superiores se produce una disminución indeseable de la uniformidad.
- *Se recomienda la elección de goteos poco sensibles a las obturaciones* que son función del mínimo diámetro de paso y de la velocidad de circulación del agua en el emisor.

Las obturaciones incrementan la pérdida de carga, por un lado y además inducen falta de uniformidad, cuestiones ambas que conducen a un mayor consumo de energía.

- *Mantenimiento de los sistemas de filtrado* en parcela en condiciones adecuadas combinado con limpiezas periódicas con ácido y/o sustitución programada de goteros usados por nuevos goteros tras varias campañas, en función del riesgo de obstrucción (por calidad química del agua, obstrucción física o ambas).
- *Las unidades de riego modernas deben tener por tanto sistemas de riego a presión de gran eficiencia y altamente automatizados*, con programador de riego que permita elegir cuándo y qué cantidad de agua hay que aplicar, y también determinar la cantidad de nutrientes que ésta debe contener. Se puede ahorrar una gran cantidad de agua cuando los regantes tienen este control del agua y pueden programar los momentos de riego para que coincidan mejor con las necesidades de sus cultivos de acuerdo con el SAR.
- Finalmente, para poder realizar un manejo eficiente, *el regante deberá disponer de formación sobre el funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones de riego y sus componentes y necesitará información sobre las necesidades de riego de los cultivos, sus necesidades de abonado y las técnicas de fertirrigación adecuadas*. Los cursos de formación al respecto, impartidos por el SAR, se revelan fundamentales, solos o en combinación con una adecuada política de incremento de subvenciones para la instalación en parcela cuando se asista a estos cursos de formación.

Además la facturación del agua consumida se efectuará, de acuerdo con las Ordenanzas de la Comunidad de Regantes, con tarifas binomias y con penalizaciones por excesos.

## 5.7 Federación Nacional de Comunidades de Regantes (FENACORE)

- A FENACORE le corresponde un papel impulsor en el establecimiento de un sistema de auditorías energéticas para sus asociados.
- Una vez concluidas las auditorías energéticas debería convertirse en impulsor del ya mencionado “Plan de Actuaciones de mejora de los rendimientos energéticos en las Comunidades de Regantes”.
- Igualmente, debería servir de cauce para establecer un marco negociador de tarifas eléctricas con las compañías existentes, dentro del marco de liberalización actual, en el que se tuvieran en cuenta las especificidades del regadío y su compatibilidad con el esquema productivo del sector eléctrico.

## 5.8 Estatutos y ordenanzas de las comunidades de regantes

Las Comunidades de Regantes se rigen mediante estatutos y ordenanzas que ellas mismas redactan y aprueban siendo luego sancionadas por la propia Confederación. En ellas sería conveniente incorporar los siguientes conceptos:

- La inclusión en estos estatutos y ordenanzas de normativa que fomente un uso racional del agua y de la energía, como puede ser la tarificación del uso del agua por bloques. Esta medida incentiva el correcto uso ya que el exceso se penaliza con infracciones acordes al grado del exceso cometido o bonificaciones por menores consumos (7).
- La obligatoriedad de control en baja del recurso con contadores individuales y un sistema de contraste del agua consumida a nivel general, es decir, la colocación de un sistema de medición en alta general y en ramales de cierta entidad.

## 5.9 Utilización de aplicaciones informáticas de gestión de comunidades de regantes: administración y redes

Estas aplicaciones informáticas son las herramientas que permiten llevar a cabo las tareas de control administrativo o de gestión de redes y están orientadas también a la excelencia en el uso de agua y de ener-

gía. Los programas de Gestión Administrativa para pequeñas redes o para grandes redes (ADOR) se revelan imprescindibles para la evaluación ex - post de los regadíos, que el SAR se encargará de incorporar a los manuales de diseño de futuros proyectos de riego.

## 5.10 Información y formación a los regantes, guardas y gestores

La entrega de obras nuevas o modernizadas a las Comunidades de Regantes no debe hacerse sin que al menos:

- El guarda reciba un curso de formación básica sobre las instalaciones que incluya la documentación técnica para un adecuado mantenimiento.
- El gestor de la Comunidad de regantes esté formado en el manejo de programas de gestión administrativa.
- Los regantes hayan recibido la formación básica sobre la interpretación de las recomendaciones del SAR, sobre necesidades de abonado de los cultivos para aplicar a través de la fertirrigación.

Se considera de sumo interés que en los módulos de formación profesional se instaure una nueva especialidad para la formación de capataces y guardas de riego.



## 5.11 Nuevos proyectos de I+D

Se trata de dar un enfoque de los regadíos y su vertiente energética desde nuevas ópticas que, si bien han sido empleadas en algunas instalaciones, no han alcanzado la mayoría de edad y la difusión que serían deseables:

- Uso de sistemas eólicos aislados para producción de energía eléctrica en estaciones de bombeo existentes, por un lado, y para nuevas actuaciones de transformación por otro. En estos casos la existencia de depósitos de acumulación puede ser necesaria para acumular energía en horas de viento y que sirva para regar en momentos de carencia de viento.
- Una variante de lo anterior sería la producción de energía en horas punta a partir del agua almacenada en los depósitos de acumulación que, en este caso, no se dimensionarían sólo para racionalizar los bombeos sino para llevar a cabo esa nueva misión que se les encomienda. Esta energía eléctrica producida con microturbinas podrá ser vendida a la red o empleada en procesos industriales asociados a los regadíos y/o a la transformación de los productos agrarios: secado de forrajes, energía de procesos.
- Uso de la energía solar fotovoltaica para sistemas aislados, tanto para bombeos de Comunidades de Regantes como de particulares que encuentren dificultad de suministro de electricidad por lejanía a las líneas eléctricas.

# Medidas propuestas para el ahorro en el uso del agua y de la energía

## Administración hidráulica

- ✓ Ajuste de los desembalses de agua a las necesidades reales de riego de los cultivos.
- ✓ Colocación de módulos para el control del agua demandada.

## Formación de regantes

- ✓ El regante debe disponer de formación sobre el funcionamiento y el mantenimiento de las instalaciones de riego e información sobre las necesidades de agua de los cultivos.

## Comunidad de Regantes

- ✓ Implantación de tarifas progresivas que sancionen los excesos de consumos e incentiven el uso racional del agua y de la energía.

## Diseño

- ✓ Fomento de instalaciones eficientes para aplicación de riego en parcela.
- ✓ Evitar el sobredimensionamiento de los bombeos, empleando sistemas de telegestión y variadores de frecuencia que permitan lograr caudales y presiones acordes con la necesidad real.
- ✓ Es esencial que los motores y bombas seleccionados sean aquellos de mayor rendimiento para el rango caudal/presión con el que se va a trabajar.

## Mantenimiento

- ✓ Programar una buena estrategia de mantenimiento, ya que la pérdida de rendimiento provocará unos altos costes de consumo energético.

## Prevención

- ✓ Impulsar un “Plan de actuaciones de mejora de los rendimientos energéticos en las Comunidades de Regantes”.



## 5.11 Nuevos proyectos de I+D

Se trata de dar un enfoque de los regadíos y su vertiente energética desde nuevas ópticas que, si bien han sido empleadas en algunas instalaciones, no han alcanzado la mayoría de edad y la difusión que serían deseables:

- Uso de sistemas eólicos aislados para producción de energía eléctrica en estaciones de bombeo existentes, por un lado, y para nuevas actuaciones de transformación por otro. En estos casos la existencia de depósitos de acumulación puede ser necesaria para acumular energía en horas de viento y que sirva para regar en momentos de carencia de viento.
- Una variante de lo anterior sería la producción de energía en horas punta a partir del agua almacenada en los depósitos de acumulación que, en este caso, no se dimensionarían sólo para racionalizar los bombeos sino para llevar a cabo esa nueva misión que se les encomienda. Esta energía eléctrica producida con microturbinas podrá ser vendida a la red o empleada en procesos industriales asociados a los regadíos y/o a la transformación de los productos agrarios: secado de forrajes, energía de procesos.
- Uso de la energía solar fotovoltaica para sistemas aislados, tanto para bombeos de Comunidades de Regantes como de particulares que encuentren dificultad de suministro de electricidad por lejanía a las líneas eléctricas.



# Bibliografía

1. EDERRA, I. y GOÑI, M.: “*Evaluación en campo de las recomendaciones de riego del Servicio de Asesoramiento al Regante para el cultivo del maíz en Navarra*”. Comunicación presentada en el XIX Congreso Nacional de Riegos en Zaragoza. 2001.
2. ESQUÍROZ, O. y PUIG, J.: “*Optimización económica de instalaciones de riego en parcela*”. Comunicación presentada en el XIX Congreso Nacional de Riegos en Zaragoza. 2001.
3. FAO : “*Crop evapotranspirations. Guidelines for computing crop water requirement*”. FAO irrigation and drainage papers. 2000.
4. HORTA, M.A.: “*El cambio de sistema de riego: ventajas económicas y ambientales*”. Pamplona. Navarra Agraria nº 111, pág 42-49. 1998.
5. HORTA, M.A.: “*Modernización de los regadíos tradicionales, aspectos medioambientales, económicos y legales*”. Pamplona. Ponencia presentada en el Congreso Nacional de Comunidades de Regantes (Zaragoza). 1998.
6. HORTA, M.A.: “*Economía y gestión del agua en España, Proyecto de Ley de Infraestructuras Agrícolas en la Comunidad Foral de Navarra y directrices en materia de gestión de agua*”. Comunicación presentada en el Congreso Nacional de Economía Agraria, Pamplona. 2001.
7. HORTA, M.A.: “*Efectos de la Directiva Marco en la normativa: el caso de Navarra*”, Pamplona. Ponencia presentada en el XXII Congreso Nacional de Riegos en la Rioja. 2004.
8. HORTA, M.A.: “*Uso de las estaciones agroclimáticas para el control y fomento del ahorro de agua de riego en la Comunidad Foral de Navarra*”, Pamplona. Ponencia presentada en las Jornadas del Instituto Nacional de Meteorología. 2004.

9. HORTA, M.A. y FERNÁNDEZ J.M.: *“Nuevas tecnologías al servicio de la agricultura de regadío”*. Pamplona. Navarra Agraria nº 119, pág 44-51. 2000.

10. SANZ, A.: *“La evaluación ambiental de las actuaciones en regadío: estado de la cuestión”*. Pamplona. Comunicación presentada en el XX Congreso Nacional de Riegos en Ciudad Real. 2002.

11. TRAGSATEC : *“Instalación de la red de estaciones agroclimáticas”*. Plan Nacional de Regadíos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación – Secretaría General de Agricultura y Alimentación – Dirección General de Desarrollo Rural. 2002.

12. URRUTIA, J.: *“Obtención de una curva de uniformidad de riego por aspersión en función del viento, en la zona regable de El Ferial en Bardenas Reales (Navarra)”* Riegos de Navarra S.A. Comunicación presentada en el XVIII Congreso Nacional de Riegos de Huelva. 2000.

13. ZAPATA, N.: *“Estudio del uso del agua en la Comunidad de Regantes de la Acequia Bayunga, antes y después de la modernización”*. Riegos de Navarra, S.A. Pamplona. 2002.

## Referencias electrónicas

Centro Regional de Estudios del Agua (CREA).  
Universidad de Castilla-La ManchaCastilla.  
<http://crea.uclm.es/~siar/index.php>

Instituto de investigación y formación  
agroalimentaria y pesquera (IFAPA)  
<http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/publico/>

Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo  
Agroalimentario. IMIDA.  
<http://www.imida.es>

Instituto Técnico Agronómico Provincial, S.A. (ITAP)  
<http://www.itap.es/ITAP-SARA/1saradescripcion.htm>

Instituto Tecnológico Agrario. Junta de Castilla y León  
<http://www.jcyl.es/inforiego>

Red de Asesoramiento al Regante (redarex). Consejería  
de Agricultura y Medio Ambiente. Junta de Extremadura  
<http://agralia.juntaex.es/REDAREX/>

Oficina del Regante – Departamento de Agricultura y  
Alimentación – Gobierno de Aragón  
<http://oficinaregante.aragon.es/>

Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. IVIA.  
Generalitat de Valencia  
<http://www.ivia.es/estacion/>

Servei Asesorament de Catalunya del Àrea de  
Tecnología Agroalimentación Frutícola del Centro  
Udl-IRTA (Inst.tecnlg.)  
<http://www.ruralcat.net/ruralcatApp/index.html>

NEIKER, A.B. Instituto Vasco de Investigación y  
Desarrollo Agrario.  
<http://www.neiker.net>

Consejería de Agricultura del Gobierno de Islas Baleares  
<http://www.caib.es>  
<http://agriculturaipesca.caib.es>

Riegos de Navarra S.A.  
<http://www.riegosdenavarra.com>

Títulos publicados de la serie  
*Ahorro y Eficiencia Energética  
en la Agricultura:*

Nº Especial: *Consumos Energéticos en las Operaciones Agrícolas en España.* 2005

Tríptico promocional: *Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura.* 2005

Nº 1: *Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola.* 2005

Nº 2: *Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío.* 2005

**IDA** Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía

c/ Madera 8, 28004 - Madrid  
Tel: 91 456 49 00 Fax: 91 523 04 14  
comunicacion@idae.es  
www.idae.es



P.V.P.: 6 € (IVA incluido)