



OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

CONCLUSIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE RIEGO EFICIENTE



# CONCLUSIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE RIEGO EFICIENTE





OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

## CONCLUSIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE RIEGO EFICIENTE

### ¿ Cuantos Hm<sup>3</sup> de agua se destinan al abastecimiento público?

En España se dispuso de 4.783 Hm<sup>3</sup> de agua para el abastecimiento público urbano durante el año 2002, según la encuesta sobre el suministro y tratamiento del agua. De esta cantidad, un 80,6% (3.856 Hm<sup>3</sup>) se distribuyó para el consumo de familias, empresas, consumos municipales, etc. En las redes públicas de distribución se perdió el 19,4% del agua disponible en fugas, roturas, etc

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (Encuestas del agua 2002, datos publicados el 1 de julio del 2004)

### ¿ Cuanto cuesta un m<sup>3</sup> de agua ?

El precio medio se sitúa en 0,81euros/m<sup>3</sup> (año 2002). El precio del abastecimiento de agua alcanzó los 0,61 euros/ m<sup>3</sup> , mientras que el de tratamiento aguas residuales fue de 0,20 euros/ m<sup>3</sup> .

#### Precio medio total del agua

Unidad: euros/m<sup>3</sup>

	2001	2002	Tasa %
Andalucía	0,64	0,69	7,8
Aragón	0,59	0,62	5,1
Asturias (Principado de)	0,55	0,59	7,3
Baleares, Illes	1,45	1,48	2,1
Canarias	1,66	1,67	0,6
Cantabria	0,52	0,55	5,8
Castilla y León	0,45	0,49	8,9
Castilla - La Mancha	0,48	0,52	8,3
Cataluña	0,91	0,98	7,7
Comunidad Valenciana	0,72	0,78	8,3
Extremadura	0,74	0,76	2,7
Galicia	0,60	0,61	1,7
Madrid (Comunidad de)	0,76	0,81	6,6
Murcia (Región de)	1,02	1,08	5,9
Navarra (Comunidad Foral de)	0,59	0,63	6,8
País Vasco	1,09	1,14	4,6
Rioja (La)	0,42	0,44	4,8
Ceuta y Melilla	0,63	0,68	7,9
<b>España</b>	<b>0,76</b>	<b>0,81</b>	<b>6,6</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (Encuestas del agua 2002)



OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

## CONCLUSIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE RIEGO EFICIENTE

### ¿ Cuanta agua consume el sector agrario ?

El agua utilizada en el sector agrario ascendió a 17.115 Hm<sup>3</sup> durante el año 2002. Según la Encuesta del uso del agua en el sector agrario, el consumo de las explotaciones agrarias ascendió a 17.083 Hm<sup>3</sup>. Por tipo de cultivo, los herbáceos acaparan el 38,5% del consumo total. Atendiendo a las técnicas de riego, la de gravedad concentra el 66,5% del gasto total de agua.

Unidad: miles de m<sup>3</sup>

	2001	2002	Tasa %
<b>Por tipos de cultivos</b>			
Herbáceos	6.795.454	6.572.731	-3,2
Frutales	2.766.151	2.598.797	-6,1
Olivar y viñedo	1.142.552	1.049.888	-8,1
Patatas y hortalizas	1.418.472	1.248.250	-12,1
Otros tipos de cultivos	4.540.409	5.613.470	23,6
<b>Total</b>	<b>16.663.038</b>	<b>17.083.136</b>	<b>2,5</b>
<b>Por las técnicas de riego</b>			
Aspersión	2.593.248	2.747.096	5,9
Goteo	1.533.254	1.348.500	-12,1
Gravedad	10.830.286	11.351.175	4,8
Otros	1.706.250	1.636.365	-4,1
<b>Total</b>	<b>16.663.038</b>	<b>17.083.136</b>	<b>2,5</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (Encuestas del agua 2002)

### ¿ Cuanto cuesta un M<sup>3</sup> de agua en el sector agrario ?

El precio medio pagado por el agua en el sector agrario es de 3,3 pesetas/m<sup>3</sup> (Año 1999 )

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (Estadísticas del agua 1999)



OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

## CONCLUSIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE RIEGO EFICIENTE

### Distribución en el uso del agua de riego por cultivos

El 80% de las superficies de regadío en España se utiliza en regar diez cultivos herbáceos básicos, y los diez cultivos leñosos más importantes.

CULTIVO O GRUPO DE CULTIVOS	Superficie		Consumo de agua	
	(ha)	(%)	(hm <sup>3</sup> /año) <sup>(1)</sup>	(%)
<b>CULTIVOS HERBÁCEOS. AÑO 2000</b>				
Maíz	400.800	13	4.400	16
Cereales invierno (trigo + cebada)	491.000	14	2.050	8
Ailfaifa	191.800	6	2.700	10
Hortícolas extensivos (Patata, tomate)	66.400	2	590	2
Industriales (Remolacha, algodón)	176.800	6	2.000	7
Arroz	116.000	4	2.030	8
Girasol	81.000	3	500	2
<b>TOTALES</b>	<b>1.463.300</b>	<b>46</b>	<b>14.186</b>	<b>53</b>
<b>CULTIVOS LEÑOSOS. AÑO 2000</b>				
Cítricos (Naranja+mandarino+limonero)	281.300	8	3.200	12
Viñedo	204.300	6	370	1
Olivar	408.000	13	650	2
Frutales extensivos (Melocotonero + manzano + Peral + Albaricocquero)	145.100	5	1.000	3
Almendro	44.100	1	145	1
<b>TOTALES</b>	<b>1.100.000</b>	<b>34</b>	<b>5.400</b>	<b>20</b>

Fuente: Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural

### ¿ Cuanta agua consume un m<sup>2</sup> césped ?

La cantidad optima de agua necesaria varia según las condiciones de evapotranspiración (clima, temperatura, suelo ) y tipo de césped (Agrostis, Ray-grass inglés, Festuca...). Las necesidades hídricas contempladas todas las variables pueden oscilar entre 4 litros/m<sup>2</sup>/día y 8 litros/m<sup>2</sup>/día, veamos un ejemplo de cálculo de necesidades hídricas y repercusión económica tomando como referencia la provincia de Madrid , el mes de Julio y una superficie de riego de 1000 m<sup>2</sup> .

**Ejemplo:** La ETP en la provincia de Madrid en el mes de Julio es de unos 160 mm/mes (160 l/m<sup>2</sup> y mes), equivalentes a 5,16 mm y día (5,16 l/m<sup>2</sup> y día).



OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

## CONCLUSIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE RIEGO EFICIENTE

### Premisas de partida:

- ETP: 5,16 m/m
- Precio m<sup>3</sup> = 0,81 €
- Eficiencia riego (aspersión): 85 %
- Superficie = 1000 m<sup>2</sup>
- ETP corregida: 5,16 m/m x 1,15 = 6 m/m.
- Mes: Julio
- Días de riego: 31 días

• Resultado = 1000 m<sup>2</sup> x 6 l/m<sup>2</sup> x 31 días = 186.000 l/mes, es decir 186 m<sup>3</sup>.

• Coste = 186 m<sup>3</sup> x 0,81 € = 150,66 €

### ¿ Cuales son los problemas más comunes asociados al riego ?

- A) Estrés hídrico, es decir falta de agua.
- B) Generación de despilfarros hídricos como consecuencia de la simultaneidad de riego en días de lluvia.
- C) Problemas de uniformidad provocados por la acción del viento.
- D) Generación de escorrentías superficiales cuando la intensidad del riego es superior a la capacidad de infiltración del suelo, o por precolación profunda (exceso de riego). La escorrentía superficial puede producir importantes procesos de erosión del horizonte superficial del suelo en parcela con pendiente y la percolación profunda puede arrastrar los abonos y productos fitosanitarios y movilizar las sales del subsuelo, lo que puede causar un deterioro de la calidad de las aguas de retorno del regadío.
- E) Desajustes entre el aporte hídrico y las necesidades de la planta, provocando un aumento de materia verde y creación de medio propicio para el desarrollo de enfermedades.

En resumen, empeoramiento de la calidad paisajística y generación de impactos negativos medioambientales.



OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

## CONCLUSIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE RIEGO EFICIENTE

### ¿Cómo resuelve el prototipo los problemas más comunes asociados al riego ?

- ✍ Calculando óptimamente y de forma continua las necesidades hídricas del cultivo a través del método Penma (Evapotranspiración).
- ✍ Tomando decisiones en función de las condiciones climáticas reales.
- ✍ Priorizando el uso de aguas pluviales para labores de riego frente al uso de agua de boca.
- ✍ Optimizando el control y gestión total de los dispositivos de riego (puestas en OFF / ON vía GPRS).
- ✍ Reduciendo el tiempo de respuesta ante imprevistos gracias a la captación on-line de decisiones, resultados, alarmas...

### Ventajas tecnológicas y resultados esperados de la innovación

La ventaja tecnológica más relevante del prototipo integrado es la capacidad de retroalimentación del sistema a través de la información procedente del suelo (sonda humectación), necesidades hídricas de las plantas según ciclo vegetativo (ET) y las condiciones climáticas (estación de clima). Analizada esta información el sistema es capaz de generar diferentes planes de riego en función de necesidades y condiciones climáticas todo ello bajo criterios de eficiencia. De igual modo destaca la eliminación del cableado, el uso de internet como nexo de unión entre el usuario y el prototipo ofreciendo la posibilidad de configurar una red telemétrica según necesidades y el uso de energías alternativas para el transporte de agua de riego. Estas características dotan al sistema de un interesante grado de escalabilidad y flexibilidad a un coste razonable.

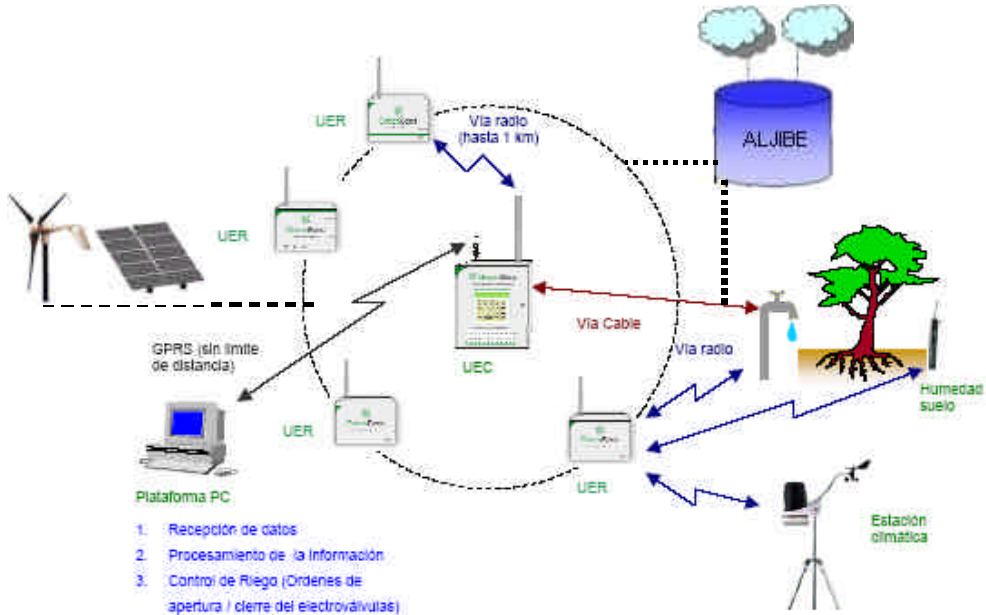
Las ventajas tecnológicas descritas combinadas con una adecuada lógica de funcionamiento orientada al uso eficiente del agua (reutilización pluviales, aportes hídricos según necesidades y ciclo vegetativo...) van a permitir importantes ahorros de agua ( entre 35 % y 50 %) , minimizar el estrés hídrico, homogenizar la distribución del riego, minimizar impactos ambientales ( contaminación difusa), mitigar el desarrollo de enfermedades... , en resumen mejorar el medio ambiente a un coste razonable.



OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

## CONCLUSIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE RIEGO EFICIENTE

### Tecnología aplicada y lógica de funcionamiento



Los productos tecnológicos participantes:

- Unidades estaciones remotas (UER)
- Estaciones concentradoras (UEC) de las comunicaciones de última generación (vía radio y GPRS)
- Programadores locales integrados en las UEC
- Estación central a través de un servidor.

### Unidad Estación Remota (UER)

Unidad remota para el control de 8 electroválvulas y la adquisición de datos de clima y suelo:

- **Clima:** temperatura ambiental, humedad relativa, radiación solar, etc.
- **Suelo:** humedad del suelo y temperatura del suelo.



OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

### **Unidad Estación Concentradora (UEC)**

La estación concentradora es una unidad de enlace entre la estación central (servidor) y las estaciones remotas. Estas estaciones se encargarán de la gestión y control de las estaciones remotas y de la comunicación con la estación central (servidor). En la estación concentradora están integrados el programador de electroválvulas y la consola del programador que permite controlar la apertura o el cierre de 24 electroválvulas.



### **Estación Meteorológica**

La estación meteorológica compacta forma un conjunto de sensores integrados que combina pluviómetro de cazoletas, sensor de presión atmosférica, sensor de temperatura y humedad, anemómetro de viento (dirección y velocidad), sensor de radiación solar en un solo kit.



### **Sonda de humedad de suelo**

Sonda capacitiva para lectura del contenido volumétrico de agua en suelo. La relación se presenta en relación 0 – saturación, ésta depende del tipo de suelo y puede oscilar entre el 30% y el 50 %. La sonda permite conocer la capacidad real de retención hídrica del suelo, con lo que obtenemos la influencia real en los riegos aplicados.





OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

### Estación Central

La estación central está formada por la plataforma PC y un receptor (modem GPRS ). La plataforma PC está basada en un ordenador PC (con sistema operativo Windows 98, NT, 2000 o XP) y el software de Programación y Gestión de Riego. Sus características principales son :

- Dispone de 3 tipos de programación:

**Manual:** Permite seleccionar manualmente la apertura o el cierre de electroválvulas.

**Automático:** Permite actuar inteligentemente el riego según el calendario de riego propuesto por el sistema obtenido a partir de los parámetros climáticos ( temperatura de ambiente, precipitación, etc.) y la ecuación Penma.

**Opción Servidor Web:** control mediante navegador con la posibilidad de restringir las monitorizaciones para cada usuario.

- Registro de históricos configurable.

- Control para evitar riego innecesario ( interrumpirá el riego cuando llueva o cuando la humedad de suelo supere a un nivel de saturación).

-Alarmas y eventos.

### Unidad remota control de aljibe

Electroválvula que permite la apertura y cierre del aljibe. Los valores off/on se configuran desde la EC.

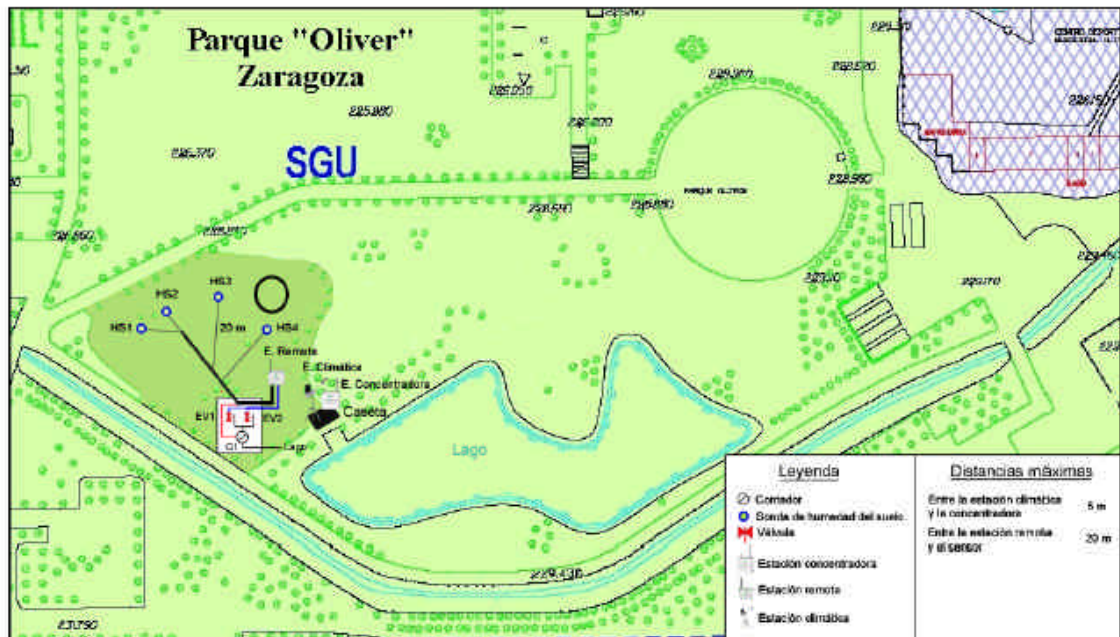




OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

## CONCLUSIONES TÉCNICAS EN MATERIA DE RIEGO EFICIENTE

### EJEMPLO DE DISPOSICIÓN DE DISPOSITIVOS EN ZONA DE ACTUACIÓN



#### Descripción lógica de funcionamiento (modalidad automática)

La lógica de funcionamiento desarrollada permite gestionar eficientemente el riego según el horario de riego obtenido a partir de los parámetros climáticos (humedad relativa, temperatura, presión, etc.) y de los parámetros previos obtenidos a través de la ecuación de Penman. (necesidades hídricas)

La LF se desarrolla en dos fases: en la primera de ellas se realiza un análisis continuo de las condiciones exteriores ( temperatura, precipitación, velocidad y dirección del viento ) a través de la estación climática (EC). En la segunda fase la EC contrasta los resultados de las estimas de riego (necesidades hídricas) ofrecidas por la ecuación de Penma. De forma continua, vía cable o radio según convenga la estación de clima y la (UER) envían señales a la estación central (EC), seguidamente los valores son procesados y en función del resultado (ecuación Penma y

sensores) se activa el ciclo de conexión ó el ciclo de desconexión. Estas decisiones de conexión y desconexión de riego son llevadas a cabo por las (UER).





OPTIMIZAGUA  
LIFE03 ENV/E/000164

### **Ciclo conexión (modalidad automática)**

En condiciones normales (ausencia de restricciones impuestas) la Estación Central (EC) activará el ciclo de riego siempre que los valores aportados se ajusten a la siguiente lógica:

El resultado de la ecuación de Penma haya proyectado la necesidad de realizar un aporte hídrico, los registros de temperatura (riesgo de helada, evaporización excesiva, efecto lupa), viento (velocidad y dirección) y precipitación (ausencia de lluvia), sean idóneos. Cuando estas condiciones coincidan, la Estación Central (EC) solicitará información respecto a la cantidad de recurso hídrico disponible en aljibe, si existe recurso hídrico almacenado tomará primero de él y comenzará la actividad de riego; si éste resultase insuficiente finalizará la actividad del riego con recursos hídricos procedentes de la red de riego habitual. De forma continua la sonda de humedad informará a la EC el valor real de retención hídrica del suelo, con lo que en todo momento se conocerá la influencia real en los riegos aplicados y su ajuste con las estimaciones realizadas bajo la ecuación de Penma.

### **Ciclo desconexión (modalidad automática)**

En condiciones normales (ausencia de restricciones impuestas ) la estación central (EC) activará la desconexión del riego, siempre que:

La sonda de humectación corrobore que el registro es el mínimo requerido (nivel de saturación); de igual modo se producirán desconexiones en el instante que cualquiera de las variables establecidas (temperatura, viento, humectación o precipitación) no respeten la lógica preestablecida.

