

PROYECTO REGADIOX

Reducción de la demanda energética en agricultura



Experiencias demostrativas sobre la gestión sostenible del uso del agua de riego para reducir el gasto energético

Marta Goñi Labat, Joaquín Puig Arrastia, Idoia Ederra Gil.

INTIA

Desde los años 90 se ha venido impulsando la implantación de riegos presurizados en general y de aspersión en particular, debido a la alta eficiencia de estos sistemas en la aplicación del agua de acuerdo con la Directiva Marco del Agua. Una parte importante de las zonas con implantación de sistemas de riego a presión son dependientes de la energía.

El coste económico que supone este consumo en aquellos regadíos dependientes de energía es cada vez mayor; de hecho los costes energéticos han ido aumentando de manera constante durante los últimos años, por lo que las medidas de ahorro que se pueden adoptar para reducir su consumo son claves para aumentar la rentabilidad de las explotaciones de los sistemas de regadío preservando su viabilidad a futuro.

Por otra parte, el cambio climático sigue siendo una preocupación a nivel mundial para gobiernos, empresas y ciudadanos. Actualmente se está demandando mayor información en cuanto a las emisiones que producen cierto tipo de actividades, eventos e incluso el propio día a día de una persona a pie y es el cálculo de la huella de carbono quien puede dar respuesta a todas esas cuestiones.

La sección de Proyectos y Obras Privados de INTIA, encargada de las instalaciones de riego en parcela, está estudiando estos dos aspectos claves (reducción de demanda energética y huella de carbono) dentro del proyecto europeo Life RegadiOX en su acción B5. En este artículo trataremos la reducción de la demanda energética.

PROYECTO LIFE REGADIOX

El programa LIFE es el principal instrumento financiero de la Unión Europea de apoyo a la aplicación, actualización y desarrollo de la política y normativa comunitarias en materia de medio ambiente. Dentro de este programa se enmarca el Proyecto Life RegadiOX, propuesto desde el sector agrario en Navarra, integrado por tres entidades navarras muy involucradas en la agricultura FUNDAGRO, UPNA e INTIA.

La acción B5 del Life RegadiOX “Experiencias demostrativas sobre la gestión sostenible del uso del agua de riego, para reducir el gasto energético y las emisiones de GEI” e está siendo desarrollada por la sección de Proyectos y Obras Privados de INTIA, y en este artículo se van a presentar los primeros resultados de las experiencias encaminadas a la reducción energética.

OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es conocer y demostrar las relaciones existentes entre variantes de diseño, de implantación y de explotación del sistema de riego en parcela y el consumo energético. Asimismo valorar la eficiencia en la aplicación de agua y el coste económico de cada variante.

El desarrollo de esta acción se ha dividido y estudiado en 3 ámbitos de estudio:

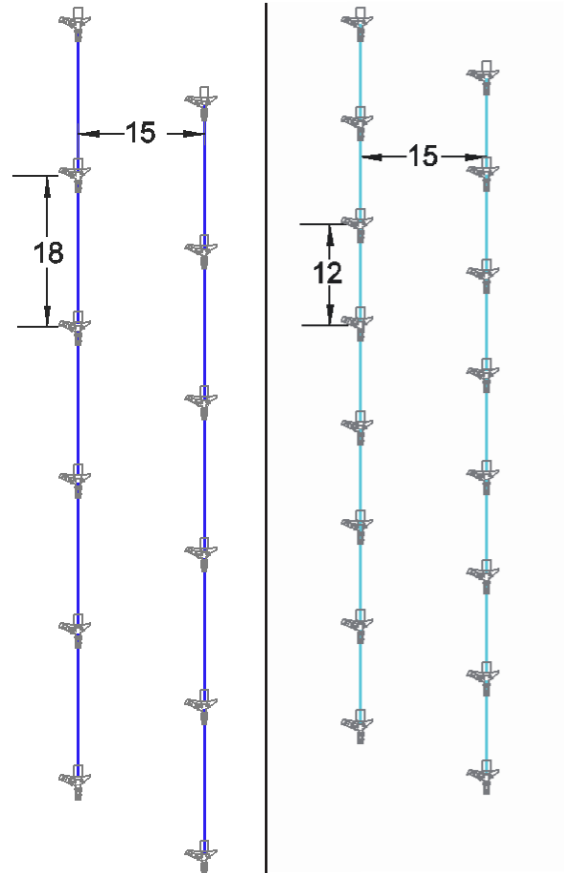
- 1. Ámbito Parcela.
- 2. Ámbito Red Colectiva de Riego.
- 3. Ámbito Materiales de Riego en Parcela.

Ámbito Parcela

El marco habitual de riego instalado en Navarra ha sido el 18 x 15T, sin embargo existen pequeñas zonas destinadas a goteo por falta de presión; esta falta de presión se debe a que el 90% de los regadíos del Canal de Navarra se riegan por presión natural, sin bombeos y existen algunas zonas que por cota habían sido destinadas a goteo. En estas parcelas, de manera prácticamente experimental, se ha instalado el marco 12 x 15T debido a su menor requerimiento de presión, obteniéndose resultados satisfactorios (resaltar que ambos marcos tienen la misma anchura de calle, 15 metros; lo que varía es la separación entre aspersores de la misma fila).

El objetivo principal de este ámbito es comparar la uniformidad de riego de los marcos de riego 18 x 15T vs 12 x 15T

Gráfico 1. Esquemas 18 x 15T y 12 x 15T



en distintas condiciones de viento, así como realizar la comparativa entre ambos marcos desde el punto de vista económico y de materiales.

Uniformidad de riego

Para obtener la comparativa de la uniformidad de riego, se han realizado ensayos de pluviometría en un sector de riego en el que están instalados los dos marcos de riego a estudiar, de manera que los ensayos se efectúan simultáneamente; de esta forma, se consigue que la influencia del viento sea la misma para ambos marcos. Las presiones de prueba son de 25, 28, 30, 32 y 34 m.c.a con 3 repeticiones para cada presión. La parcela elegida se encuentra en el regadío de Valtierra.

Tabla 1. Tamaño de las boquillas de los aspersores utilizados según el marco

Tipo	Marco 12 x 15T	Marco 18 x 15T
Boquillas aspersor circular	3,5 mm y 2,4 mm	4,4 mm y 2,4 mm
Boquillas aspersor sectorial	3,5 mm	4 mm
Pluviometría	6,5 l/m ² h	6,63 l/m ² h



Finca del ensayo

LA UNIFORMIDAD DE RIEGO

La uniformidad de riego se mide mediante el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU). Este coeficiente es una representación estadística de la uniformidad; se expresa en % mediante la expresión:

$$CU = \left(1 - \frac{\sum |C_i - M|}{Mn} \right) 10$$

- **|Ci-M|** = Desviación absoluta de las observaciones de precipitación individuales respecto a la media.
- **Ci** = Observaciones individuales de lámina de agua captada en cada punto de una malla regular de colectores de precipitación del sistema de aspersión.
- **M** = Precipitación media.
- **n** = Número de observaciones consideradas, número de pluviómetros.

En la **Tabla 2** se muestra el resultado de todos los ensayos y en el **Gráfico 2** se representa la comparativa en condiciones de vientos débiles (por debajo de 1 m/s).

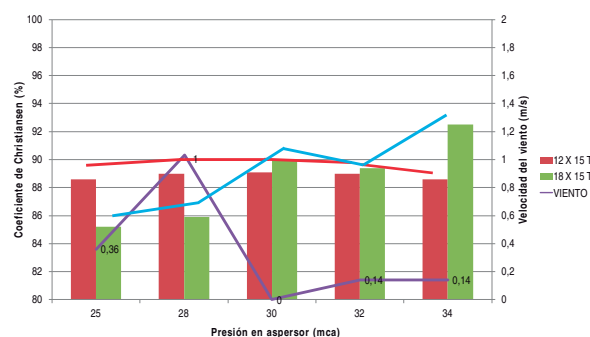
De los resultados expuestos se deduce que:

- A presión de 25 m.c.a el marco de riego 12 x 15T tiene mayor uniformidad con y sin viento. Esta tendencia se mantiene hasta alcanzar presiones de 30 m.c.a, donde el 18 x 15T alcanza mayor CU sin viento pero con viento de nuevo el 12 x 15T tiene mayor uniformidad.
- A partir de 30 m.c.a los ensayos se realizan con poco viento y en todos los casos el 18 x 15T ha obtenido los mejores resultados de uniformidad.
- Los valores de CU para el marco de riego 12 X 15T son más estables (línea roja del gráfico) frente a las varia-

Tabla 2. Coeficientes de Uniformidad (CU) de Christiansen de los ensayos

Presión	Marco	Viento (m/s)	CU Christiansen
2.5	12x15	7.35	70.00%
2.5	18x15	7.35	67.90%
2.5	12x15	0.36	88.60%
2.5	18x15	0.36	85.20%
2.5	12x15	2.36	78.50%
2.5	18x15	2.36	73.60%
3.0	12x15	0.00	89.10%
3.0	18x15	0.00	90.00%
3.0	12x15	6.50	71.90%
3.0	18x15	6.50	69.50%
3.0	12x15	7.00	72.40%
3.0	18x15	7.00	65.80%
3.0	12x15	0.00	88.30%
3.0	18x15	0.00	91.80%
2.8	12x15	5.85	89.20%
2.8	18x15	5.85	86.00%
2.8	12x15	1.00	89.00%
2.8	18x15	1.00	85.90%
2.8	12x15	5.28	74.10%
2.8	18x15	5.28	76.90%
3.2	12x15	0.86	84.10%
3.2	18x15	0.86	87.60%
3.2	12x15	0.93	89.10%
3.2	18x15	0.93	92.80%
3.2	12x15	0.14	89.00%
3.2	18x15	0.14	89.40%
3.4	12x15	2.29	81.70%
3.4	18x15	2.29	83.60%
3.4	12x15	0.14	88.60%
3.4	18x15	0.14	92.50%
3.4	12x15	1.93	88.90%
3.4	18x15	1.93	90.20%

Gráfico 2. Comparativa de CU para diferentes presiones con vientos débiles



ciones de presión que los valores del marco 18 x 15T (línea azul del **Gráfico 2**).

- El valor de la pluviometría es muy similar en ambos marcos por lo que el tiempo de riego es prácticamente el mismo.

A la vista de los resultados, con el paso del marco de riego 18 x 15T a 12 x 15T se ha conseguido bajar la presión mínima en boquilla en 5 m.c.a. (de 3,0 a 2,5 kg/cm²).

Análisis de materiales

Para realizar esta comparativa se diseñan en total 144 ha, 72 ha con el marco de riego 12 x 15T y 72 ha con el marco de riego 18 x 15T. Las parcelas elegidas están ubicadas en la zona regable de la primera fase del Canal de Navarra con superficies que van desde 5 ha hasta 10,5 ha.

Como criterio de diseño partimos de que la presión en boquilla de aspersor oscilará entre 3 y 4 kg/cm² para el marco de riego 18 x 15T y de 2,5 a 3 kg/cm² para el 12 x 15T (dato obtenido de los resultados de los ensayos de pluviometría). Para el diseño hidráulico de las parcelas se ha utilizado el programa WCADI (*Weizman-Computer Aided Design Irrigation*).

Desde el punto de vista de materiales, la variación entre los dos marcos se muestra en la **Tabla 4**.

La mayor diferencia entre ambos marcos se da en la partida de aspersores tanto circulares como sectoriales y derivado de esto en el número de cañas, hoyos y chapas de sectoriales.

A nivel económico, la instalación del marco de riego 12 x 15T supone un aumento de coste de un 13, 47% con respecto al marco 18 x 15T.

Ámbito Red Colectiva de Riego

En los últimos años (desde julio de 2008), el coste energético del regadío ha pasado a ser la principal preocupación de muchos regantes y se ha convertido en un elemento clave para la sostenibilidad de las zonas regables.

En Navarra se dispone de 46.098 hectáreas de regadíos tecnificados, equipados a la última con sistemas de riego a presión y con gran potencial productivos.

En el 53% de las redes colectivas a presión se requieren de importantes cantidades de energía para su funcionamiento. De hecho, en estas redes es necesaria una potencia media instalada de 1,54 Kw/ha y un consumo medio de energía de 1.543 Kwh/ha/año (datos 2009) para una altura media de bombeo de 94 m.c.a, siendo el ratio de 16,41 Kwh/m.c.a por ha y año.

Esta dependencia de la energía y la escalada de precios de la tarifa eléctrica en los últimos años han motivado un importante aumento de los costes de explotación y la pérdida de rentabilidad y sostenibilidad de la agricultura de regadío.

El objetivo principal de este ámbito es estudiar la repercusión económica que tendría en una red de riego colectiva de

Tabla 4. Resumen de materiales para los marcos 12 x 15T y 18 x 15T

		Mediciones		Comparativa del 12 x 15t frente al 18 x 15t
		12 X 15T por ha	18 X 15T por ha	
m.	Apertura de zanja para PVC/PE en coberturas	204.60	203.36	1%
Ud.	Hoyo para aspersor	63.58	44.45	43%
m.	Colocación tubería polietileno	628.64	610.20	3%
m.	Tubería de PVC ø63 mm - 0.6	42.47	36.02	18%
m.	Tubería de PVC ø75 mm - 0.6	33.46	29.10	15%
m.	Tubería de PVC ø90 mm - 0.6	43.35	41.35	5%
m.	Tubería de PVC ø110 mm - 0.6	19.30	25.28	-24%
m.	Tubería de PVC ø125 mm - 0.6	57.71	61.34	-6%
m.	Tubería de PVC ø140 mm - 0.6	22.16	22.63	-2%
m.	Tubería de PVC ø160 mm - 0.6	1.77	1.64	8%
m.	Tubería de polietileno	666.11	651.01	2%
Ud.	Conexión 80/100mm	0.17	0.17	0%
Ud.	Desagüe de sector ø50 mm	1.49	1.49	0%
Ud.	Válvula hidráulica 3" simple (80 mm)	0.36	0.36	0%
Ud.	Válvula hidráulica 3" doble (80 mm)	0.32	0.32	0%
Ud.	Válvula hidráulica 4" simple (100 mm)	0.07	0.07	0%
Ud.	Válvula hidráulica 4" doble (100 mm)	0.07	0.07	0%
Ud.	Complemento válvula hidráulica 80 ó 100 mm	0.30	0.30	0%
Ud.	Aspersor circular C.E.	50.97	34.42	48%
Ud.	Aspersor sectorial 1000 L/H	12.61	10.03	26%
Ud.	Caña portaaspersor	63.58	44.45	43%
Ud.	Chapa protectora en aspersor	5.25	4.31	22%
Ud.	Programador electrónico hasta 12 sectores	0.17	0.17	0%
Ud.	Solenoide tipo Latch	1.48	1.48	0%

“La dependencia de la energía y la subida de precios de la misma ha provocado pérdidas de rentabilidad y sostenibilidad de la agricultura.”

EL REGADÍO EN NAVARRA (116.530 HECTÁREAS)

60% Sistema de riego por gravedad (70.432 hectáreas)	40% Sistemas de riego a presión (46.098 hectáreas)
	47% Sin bombeos (21.513 has)
	53% Con bombeos Hmedia = 94 m.c.a. (24.585 has)

reducir el valor de consigna en hidrante en 5 m.c.a. (dato que se correspondería con la implantación del marco de riego 12 x 15T en lugar del 18 x 15T) sin comprometer la prestación de uniformidad del sistema de riego por aspersión y por otra parte estudiar el ahorro en la factura eléctrica que podría suponer este ahorro de presión.

Repercusión en el dimensionado de red colectiva de riego

La zona seleccionada es la zona regable del Canal de Navarra en su primera fase, con una superficie de 22.444 hectáreas (dato año 2014).

Se han estudiado 26 redes colectivas que suman 754 km de tuberías y 3.621 hidrantes. Se ha utilizado el paquete de simulación de sistemas presurizados de distribución de agua

“GESTAR 2010 – PREMIUM”, orientado al diseño y análisis de sistemas de riego mediante un interface gráfico.

Al volver a dimensionar las redes tras reducir la presión de consigna en hidrante en 5 metros, se ha obtenido un abaratamiento en el coste de la red del 5%, de media. En 23 redes de las 25 estudiadas, el rango de abaratamiento se mueve desde el 40% en redes pequeñas al 2% en las mayores.

Repercusión en factura eléctrica

En redes dependientes de la energía para su funcionamiento, disminuir la altura de bombeo en 5 metros también implica un importante ahorro en la factura eléctrica, año tras año. El ahorro económico va a ser proporcional al ahorro obtenido en la altura de bombeo.

$$\% \text{ de ahorro} = \frac{5 \text{ metros}}{94 \text{ metros}} = 5\%$$

■ En consecuencia se puede pensar en una cifra de ahorro anual de 11 €/ ha.

$$\text{Ahorro} = 5\% \text{ de } 216 \frac{\text{€}}{\text{ha X año}} = 11 \frac{\text{€}}{\text{ha X año}}$$



SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CERTIFICADO SIN INSECTICIDAS NI FUNGICIDAS QUÍMICOS

RESPETUOSO CON EL MEDIO AMBIENTE



Ctra. Valtierra - San Adrian, s/n
31320 Milagro (Navarra)
Telf: 948 40 90 35 Fax: 948 40 90 77
Mail: veconatur@gelagri.es

Ámbito Materiales de Riego Parcela

El principal objetivo de estas experiencias es obtener una clasificación energética del sistema de riego en función de los materiales y conocer la influencia que la elección de los materiales puede tener en el diseño hidráulico de las parcelas para el agricultor.

Hasta el momento se han realizado los ensayos para conexiones de hidrante (cuellos de cisne) y nudos de válvulas hidráulicas de sector y quedarían para más adelante los ensayos de collarines y válvulas.

Estas pruebas se llevan a cabo en el Banco de Ensayo que la empresa Aguacanal tiene instalado en la antigua estación de bombeo de Murillo El Fruto; consisten en comparar las pérdidas de carga existentes entre conexiones de hidrante y nudos de válvulas de calderería y PEAD (Polietileno de alta densidad) a diferentes caudales circulantes y su influencia en el consumo energético (se ha seguido el mismo esquema de colocación que tiene lugar al acometer una cobertura de riego en parcela).

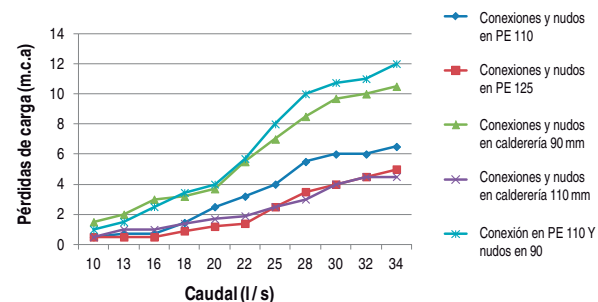
Se prueban cuatro tipos de conexiones de hidrante (en PE Ø 110, PE Ø 125, calderería 3" y calderería 4") y cinco tipos de nudos de válvulas (en PE Ø 90, PE Ø 110, PE Ø 125, calderería 3" y calderería 4")

En el **Gráfico 3** se muestran los resultados de los ensayos de conexiones de hidrante y de nudos de válvulas juntos y se presentan en 5 posibles alternativas a instalar en las parcelas de riego. Las pérdidas de carga de las válvulas no están in-

cluidas, ya que dependen en gran medida del tipo de válvulas, marca comercial, etc. **Destacar que con la instalación de válvulas enterradas sin acometidas se conseguiría bajar la presión necesaria en cabecera.**



Gráfico 3. Pérdidas de carga en conexiones y nudos



CONCLUSIONES FINALES

- La elección de un marco de riego que consiga reducir la demanda de presión y por tanto la factura eléctrica con la misma efectividad de riego es clave, teniendo en cuenta que su vida útil es mayor de 20 años. Esto supondrá un ahorro continuado en el tiempo de explotación de la instalación.
- En redes de riego existentes, el marco de riego 12 x 15T se consolida como una alternativa para presiones de funcionamiento en aspersor desde 25 a 30 m.c.a, presentando altos valores de uniformidad y siendo estos más estables frente a las variaciones de presión que los valores del marco 18 x 15T.
- El valor de la pluviometría es muy similar en ambos marcos (6,63-6,5 l/m² h).
- A nivel de parcela, la instalación del marco 12 x 15T supone un encarecimiento del 13,47% con respecto al 18 x 15T, pero este encarecimiento se verá compensado durante el tiempo de explotación de la parcela.
- En redes nuevas de riego el dimensionamiento de la red para el marco 12 x 15T equivaldría a un ahorro de presión de 5 m.c.a; reducir el valor de consigna en hidrante en 5 metros, supondría un abaratamiento en el coste de la red del 5%, de media y de 11 €/ha y año en la factura eléctrica (en redes dependientes de energía).
- Las opciones más eficientes desde el punto de vista de pérdidas de carga en conexiones de hidrante y nudos de válvulas serían las instalaciones de PE 125 mm y la calderería de 110 mm.
- Con la instalación de válvulas enterradas sin acometidas se consigue bajar la presión necesaria en cabecera.