

EVALUACIÓN DEL AHORRO POTENCIAL DE AGUA DE RIEGO

EN LAS ACTUACIONES DE MEJORA

DE LAS INSTALACIONES DE RIEGO EN PARCELA EXISTENTES

ÁMBITO: AMPLIACIÓN DE LA PRIMERA FASE

DEL ÁREA REGABLE DEL CANAL DE NAVARRA

JUNIO DE 2016

1. OBJETIVO

El Reglamento 1305 en su Artículo 46.4 indica que en las inversiones que constituyan una mejora en las instalaciones de riego en parcela existentes, se debe evaluar previamente que la actuación de mejora permita llevar a cabo un ahorro potencial de agua.

El objetivo de este trabajo es el desarrollo del cálculo del ahorro potencial en esas instalaciones de riego de modernización a nivel de parcela, comprendidas en el área regable de la Ampliación de la 1ª Fase del Canal de Navarra.

2. METODOLOGÍA UTILIZADA

2.1 SELECCIÓN DE ESTACIONES AGROCLIMÁTICAS AUTOMÁTICAS

Para la elaboración de este estudio se tendrá en cuenta la información meteorológica proporcionada por las estaciones agroclimáticas automáticas de la red SIAR (Sistema de Información Agroclimática del Regadío) repartidas por el área regable de la Ampliación de la 1ª Fase del Canal de Navarra. Estas estaciones controlan numerosas variables meteorológicas y disponen de una serie de 11 años (desde 2004 hasta 2015) para contemplar las variaciones interanuales.

La tabla 1 presenta las estaciones agroclimáticas automáticas consideradas,

Nº	Nombre	UTM X ETRS89	UTM Y ETRS89	Altitud	Serie de años disponible
264	Artajona MARM	599.221	4.715.278	359	2004-2015
266	Miranda de Arga MARM	597.859	4.707.229	343	2004-2015
269	Falces MARM	599.343	4.697.427	297	2004-2015
259	Funes RN	598.487	4.681.221	383	2004-2015
267	Lerín RN	584.109	4.706.203	354	2004-2015 salvo 2007
423	Sesma MARM	571.898	4.702.925	449	2006-2015
271	San Adrián MARM	590.565	4.690.184	377	2004-2015 salvo 2007-2011

Tabla 1- Estaciones agroclimáticas automáticas

El Plano nº 1, que se adjunta, recoge la ubicación de las estaciones automáticas seleccionadas en este estudio.

2.2 ASIGNACIÓN DE ESTACIONES AGROCLIMÁTICAS AUTOMÁTICAS A LOS SECTORES / ZONAS

A la hora de abordar la Concentración Parcelaria, el área regable de la Ampliación de la 1ª Fase del Canal de Navarra se ha fragmentado en distintos Sectores y Zonas, representados en el Plano nº 1.

A cada una de estos Sectores / Zonas se va asignar una estación agroclimática automática, tal y como se muestra en la siguiente tabla,

Sector / Zona de Concentración Parcelaria	Aproximación a la superficie (ha regables) <i>Mejor dato disponible hoy</i>	Estación agroclimática automática asignada
Sector XXII / Zona ARG A 1 (Linte de Larraga)	103	Miranda de Arga MARM
Sector XXII / Zona ARG A 2 (Miranda de Arga)	1.416	Miranda de Arga MARM
Sector XXII / Zona ARG A 3 (Falces)	869	Falces MARM
Sector XXII / Zona ARG A 4 (Peralta)	1.300	Falces MARM
Sector XXII / Zona ARG A 5 (Funes)	752	Falces MARM
Sector XXII / Zona ARG A 6 (Funes)	802	Funes RN
Sector XXIII (Larraga y Berbinzana)	759	Miranda de Arga MARM
Sector XXIV (Larraga y Mendigorriá)	1.701	Artajona MARM
Sector XXV (Baigorri)	304	Lerín RN
Sector XXVI / Zona EGA 1 (Lerín)	119	Lerín RN
Sector XXVI / Zona EGA 2 (Lerín)	955	Lerín RN
Sector XXVI / Zona EGA 3 (Sesma)	1.126	Sesma MARM
Sector XXVI / Zona EGA 4 (Cárcar)	900	Lerín RN
Sector XXVI / Zona EGA 5 (Andosilla)	677	San Adrián MARM
Sector XXVI / Zona EGA 6 (Andosilla)	540	San Adrián MARM
Sector XXVI / Zona EGA 7A (Andosilla)	175	San Adrián MARM
Sector XXVI / Zona EGA 7B (San Adrián)	115	San Adrián MARM
Sector XXVI / Zona EGA 8 (San Adrián)	689	San Adrián MARM
Sector XXVI / Zona EGA 9 (Azagra)	1.245	San Adrián MARM

Tabla 2- Asignación de estaciones agroclimáticas automáticas a las Sectores / Zonas de Concentración Parcelaria

2.3 VARIABILIDAD ESPACIAL DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS (ET₀ Y PRECIPITACIÓN)

La estimación de la evapotranspiración de referencia (ET₀) en las estaciones automáticas se realiza mediante el método de Penman-Monteith, siguiendo la metodología propuesta por la FAO ("La evapotranspiración de los cultivos". Roma 1998), con los valores de temperatura y humedad del aire, velocidad de viento y radiación solar.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Artajona MARM	25,1	38,5	71,4	96,1	134,2	174,3	200,8	171,4	114,3	70,3	33,7	21,2	1151,3
Miranda de Arga MARM	28,7	42,4	75,0	98,6	137,0	174,8	200,0	171,2	116,7	73,7	37,3	24,4	1179,8
Falces MARM	30,2	42,5	75,1	98,2	135,6	172,0	196,8	171,0	118,2	71,3	36,5	26,2	1173,6
Funes RN	35,0	46,6	82,5	106,6	144,7	187,2	214,8	189,0	130,0	81,0	41,3	29,7	1288,4
Lerín MARM	25,0	37,8	71,0	93,9	128,2	157,6	179,8	155,6	102,2	62,5	30,9	21,1	1065,6
Sesma MARM	33,1	45,2	78,3	99,7	134,7	171,1	201,9	178,8	124,5	79,7	39,8	28,6	1215,4
San Adrián MARM	31,6	42,5	77,8	100,6	139,0	174,0	188,7	163,7	111,5	67,4	33,9	25,1	1155,8

Tabla 3.- ET₀ del año medio en las estaciones agroclimáticas automáticas

A continuación se presentan las cantidades de agua que aportan las lluvias,

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Artajona MARM	33,7	38,0	53,3	58,0	51,6	48,8	19,8	12,0	28,4	51,1	48,9	26,4	470,0
Miranda de Arga MARM	29,5	33,8	46,2	53,6	55,0	36,6	16,7	9,6	30,0	49,7	46,6	26,8	434,1
Falces MARM	32,3	37,0	47,8	60,4	46,2	44,8	24,6	12,7	28,5	51,6	47,7	26,4	460,0
Funes RN	27,0	37,1	66,6	55,4	43,9	46,9	21,1	15,0	23,2	43,5	47,4	31,7	458,8
Lerín MARM	36,8	38,0	50,3	42,0	60,3	34,4	27,5	18,9	28,1	45,1	47,6	32,2	461,2
Sesma MARM	30,6	31,4	45,0	44,5	51,6	46,2	15,7	12,8	22,6	39,7	45,6	25,2	410,9
San Adrián MARM	26,6	32,1	47,7	49,2	45,4	43,4	21,3	10,0	27,2	40,3	44,8	13,8	401,8

Tabla 4.- Precipitaciones del año medio en las estaciones agroclimáticas automáticas

2.4 ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE CULTIVOS REPRESENTATIVA DEL ESCENARIO 'ANTES DE LA ACTUACIÓN DE MODERNIZACIÓN'

De los Sectores / Zonas relacionados en la Tabla 2 se extraen aquellos en los que mayoritariamente la actuación que se va a realizar es de modernización con mejora de la instalación de riego existente (cambio del sistema de riego por gravedad hacia riegos a presión con una mayor eficiencia de riego en parcela: aspersión y goteo),

Sector / Zona de Concentración Parcelaria	Aproximación a la superficie (ha regables) <i>Mejor dato disponible hoy</i>
Sector XXII / Zona ARG A 2 (Miranda de Arga)	450
Sector XXII / Zona ARG A 3 (Falces)	428
Sector XXII / Zona ARG A 4 (Peralta)	850
Sector XXII / Zona ARG A 5 (Funes)	688
Sector XXIII (Larraga y Berbinzana)	759
Sector XXVI / Zona EGA 4 (Cárcar)	401

Tabla 5- Sectores / Zonas con actuación de modernización y de mejora de la instalación de riego existente

Para conocer la alternativa de cultivos que representa el 'antes de la actuación de modernización' se consultan las "Estadísticas de superficies ocupadas por los cultivos agrícolas en los municipios de Navarra elaboradas en el Negociado de Estadística del Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local en el año 2014".

Las siguientes tablas muestran las alternativas de cultivo en los Sectores / Zonas modernizados referidos, que están conformadas por los cultivos más representativos en la proporción de ocupación indicada. Estas alternativas recogen de manera simplificada los cultivos con mayor presencia en estas zonas a los únicos efectos de calcular las necesidades de riego del 'antes de la modernización':

Sector XXII / Zona ARG A 2 (Miranda de Arga)

Cultivo	Proporción
CEREAL INVIERNO	63%
HABA	9%
CULTIVOS FORRAJEROS	8%
GIRASOL	6%
CULTIVOS HORTÍCOLAS	5%
MAÍZ	5%
OLIVO	2%
ESPÁRRAGO	1%

Tabla 6- Alternativa de cultivos representativa del Sector XXII / Zona ARG A 2 (Miranda de Arga)

Sector XXII / Zona ARG A 3 (Falces)

Cultivo	Proporción
CEREAL INVIERNO	43%
GIRASOL	16%
MAÍZ	15%
CULTIVOS HORTÍCOLAS	7%
FRUTALES	6%
CULTIVOS FORRAJEROS	5%
HABA	4%
OLIVO	3%
BRÓCULI-COLIFLOR	1%

Tabla 7- Alternativa de cultivos representativa del Sector XXII / Zona ARG A 3 (Falces)

Sector XXII / Zona ARG A 4 (Peralta)

Cultivo	Proporción
MAÍZ	33%
CEREAL INVIERNO	27%
CULTIVO FORRAJERO	24%
HABA	6%
CULTIVOS HORTÍCOLAS	4%
BRÓCULI-COLIFLOR	3%
GIRASOL	2%
OLIVO	1%

Tabla 8- Alternativa de cultivos representativa del Sector XXII / Zona ARG A 4 (Peralta)

Sector XXII / Zona ARG 5 (Funes)

Cultivo	Proporción
MAÍZ	50%
BRÓCULI-COLIFLOR	26%
CEREAL INVIERNO	9%
CULTIVOS HORTÍCOLAS	9%
CULTIVOS FORRAJEROS	6%

Tabla 9- Alternativa de cultivos representativa del Sector XXII / Zona ARG 5 (Funes)

Sector XXIII (Larraga y Berbinzana)

Cultivo	Proporción
CEREAL INVIERNO	57%
MAÍZ	14%
VIÑA	11%
CULTIVOS FORRAJEROS	8%
CULTIVOS HORTÍCOLAS	4%
OLIVO	3%
FRUTALES	1%
ESPÁRRAGO	1%
GIRASOL	1%

Tabla 9- Alternativa de cultivos representativa del Sector XXIII (Larraga y Berbinzana)

Sector XXVI / Zona EGA 4 (Cárcar)

Cultivo	Proporción
CEREAL INVIERNO	31%
FRUTALES	26%
VIÑA	16%
CULTIVOS HORTÍCOLAS	10%
PATATA	5%
BRÓCULI-COLIFLOR	4%
OLIVO	3%
CULTIVOS FORRAJEROS	3%
ESPÁRRAGO	2%

Tabla 10- Alternativa de cultivos representativa del Sector XXVI (Cárcar)

2.5 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO ANUALES DEL ESCENARIO 'ANTES DE LA ACTUACIÓN DE MODERNIZACIÓN'

Las necesidades de agua de riego en un determinado Sector / Zona dependen fundamentalmente de la interacción entre factores climáticos proporcionados por la estación agroclimática que tiene asignada y la alternativa de cultivos conjunta dada.

En primer lugar, el requerimiento hídrico de cada cultivo que compone la alternativa se calcula de acuerdo con las características climáticas del Sector / Zona integradas en el indicador llamado evapotranspiración de referencia (ET_0) y con las características del propio cultivo reflejadas en el coeficiente de cultivo (K_c).

Posteriormente para determinar la necesidad de agua de riego de cada cultivo, se debe considerar el aporte de agua de las precipitaciones durante el ciclo del cultivo para poder restarlo a la demanda del mismo.

Se parte, entonces, de los datos mensuales de ET_0 , K_c y precipitación (P) y se calcula la necesidad de riego anual de cada cultivo ($NRC_{año}$), en mm o en litros/m², a través de las siguientes fórmula,

$$NRC_{año} = \sum_{i=1}^{12} \frac{K_{c_{mes i}} * ET_{0_{mes i}} - P_{mes i}}{Eficiencia\ de\ riego_c}$$

La eficiencia del riego por gravedad en parcela que se aplica, se ha establecido en cada Sector / Zona atendiendo a las dimensiones de las parcelas (longitud y anchura), al tipo de suelo sobre el que se desarrolla el riego y principalmente a la explanación de los campos para mantener una pendiente uniforme.

Sector / Zona de Concentración Parcelaria	Eficiencia de aplicación del riego en la parcela
Sector XXII / Zona ARG A 2 (Miranda de Arga)	35%
Sector XXII / Zona ARG A 3 (Falces)	45%
Sector XXII / Zona ARG A 4 (Peralta)	55%
Sector XXII / Zona ARG A 5 (Funes)	50%
Sector XXIII (Larraga y Berbinzana)	35%
Sector XXVI / Zona EGA 4 (Cárcar)	40%

Tabla 11- Estimación de la eficiencia de riego en los Sectores / Zonas con actuación de modernización

Finalmente, para deducir la necesidad de riego de la alternativa de cultivos, se agregan las necesidades de los cultivos considerando la proporción que ocupa cada cultivo en las alternativas de la Tabla 6 a la 10.

2.6 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO ANUALES DEL ESCENARIO ‘DESPUÉS DE LA ACTUACIÓN DE MODERNIZACIÓN’

En este escenario el cálculo se realiza, de forma individual, para cada uno de los potenciales cultivos que previsiblemente se implantarán tras la actuación de modernización; y que se piensa se parecerán en gran medida a los que se están dando de forma mayoritaria en el área regable de la 1ª Fase del Canal de Navarra.

Con el fin de simplificar el proceso se han agrupado los cultivos de acuerdo a sus necesidades de riego, quedando clasificados en tres grupos de consumo: Bajo – Medio – Alto. El grupo Bajo tiene un consumo por debajo de 200 litros/m²; el grupo Medio se encuentra entre los 200 y 500 litros/m² y el grupo Alto supera los 500 litros/m².

Se opta por el cultivo de **TRIGO** como representante del grupo consumo Bajo, el cultivo de **GIRASOL** como representante del grupo consumo Medio y el cultivo de **MAÍZ** como representante del grupo consumo Alto.

Cultivo	Grupo, de acuerdo a las necesidades de riego
MAÍZ	Alto
CULTIVO DE INVIERNO⁽¹⁾	Bajo
MAÍZ PRECEDIDO POR CULTIVO DE INVIERNO¹	Alto
BRÓCULI O COLIFLOR PRECEDIDO POR CULTIVO DE INVIERNO⁽¹⁾	Medio
VIÑA	Bajo
OLIVO	Bajo
TOMATE	Alto
JUDÍA PRECEDIDO DE CULTIVO DE INVIERNO⁽¹⁾	Medio
GIRASOL	Medio
ALFALFA Y CULTIVOS FORRAJEROS	Alto
REMOLACHA	Alto
PIMIENTO	Alto
ESPÁRRAGO	Medio
CEBOLLA	Alto

Tabla 12.- Cultivos con mayor presencia en el área regable de la 1ª Fase del Canal de Navarra y grupo de consumo

La fórmula que se utiliza es la misma que en el escenario 'antes', salvo que en este caso el valor de la eficiencia de riego en parcela es significativamente mayor. Para los cultivos regados por aspersión la eficiencia de aplicación se valora en 85% y para los cultivos regados por goteo en un 95%.

Se valora la eficiencia del riego por aspersión en un 85%, ya que con los diseños y los materiales actuales garantizan una alta uniformidad y la automatización de la parcela permite regar en horario nocturno minimizando las pérdidas por evaporación y arrastre del viento.

Estos valores de eficiencia son los contemplados como eficiencias teóricas para estos sistemas de riego en la publicación de marzo de 2005 de WWF/Adena para uso eficiente del agua en la agricultura "Curso de riego para agricultores".

¹ HABA, GUISANTE, **TRIGO**, CEBADA...

3. RESULTADOS

Para entrar en los cuadros de resultados, que se exponen a continuación, se ha de elegir el Sector / Zona y el grupo de consumo al que pertenece el cultivo (Bajo, Medio o Alto),

Sector / Zona	Necesidades de riego, en litros/m ²						
	Escenario 'ANTES'	Escenario 'DESPUÉS'			AHORRO		
		Cultivo de consumo			Cultivo de consumo		
		Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Sector XXII / Zona ARG A 2 (Miranda de Arga)	656	155	453	590	-501	-203	-66
Sector XXII / Zona ARG A 3 (Falces)	637	153	424	571	-484	-213	-66
Sector XXII / Zona ARG A 4 (Peralta)	688	153	424	571	-535	-264	-117
Sector XXII / Zona ARG A 5 (Funes)	725	153	424	571	-572	-301	-154
Sector XXIII (Larraga y Berbinzana)	697	155	453	590	-542	-244	-107
Sector XXVI / Zona EGA 4 (Cárcar)	586	139	380	501	-447	-206	-85

Tabla 13.- Dotación unitaria 'antes' y 'después' de una actuación de modernización y mejora de las instalaciones de riego en parcela

Sector / Zona	AHORRO, en %		
	Cultivo de consumo		
	Bajo	Medio	Alto
Sector XXII / Zona ARG A 2 (Miranda de Arga)	-76,4%	-30,9%	-10,1%
Sector XXII / Zona ARG A 3 (Falces)	-76,0%	-33,4%	-10,4%
Sector XXII / Zona ARG A 4 (Peralta)	-77,8%	-38,4%	-17,0%
Sector XXII / Zona ARG A 5 (Funes)	-78,9%	-41,5%	-21,2%
Sector XXIII (Larraga y Berbinzana)	-77,8%	-35,0%	-15,4%
Sector XXVI / Zona EGA 4 (Cárcar)	-76,3%	-35,2%	-14,5%

Tabla 14.- Ahorro porcentual de agua de riego en las actuaciones de modernización y mejora de las instalaciones de riego en parcela