

ANEJO Nº 7 INFORME AGRONÓMICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO. CÁLCULO CAUDAL FICTICIO CONTINUO.....	5
2.1. INTRODUCCIÓN	5
2.2. DATOS CLIMÁTICOS.....	6
2.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	6
.....	7
2.4. PRECIPITACIÓN EFECTIVA.....	7
2.5. DATOS DE CULTIVO.....	8
2.6. CONSUMO REAL DEL CULTIVO	18
2.7. ROTACIÓN SELECCIONADA PARA EL PROYECTO.....	19
2.8. NECESIDADES HÍDRICAS. CAUDAL FICTICIO CONTINUO	19
2.9. DOTACIÓN EN HIDRANTE Y TAMAÑO DEL MISMO.....	20
3.- PARÁMETROS DE RIEGO	23
3.1.- SISTEMA DE RIEGO ELEGIDO	23
3.2.- CÁLCULO DEL RIEGO EN PARCELA	24
3.2.1.- INTRODUCCIÓN	24
3.2.2.- CÁLCULO DE LA DOSIS MÁXIMA DE RIEGO	24
3.2.3.- CÁLCULO DE LA DOSIS PRÁCTICA DE RIEGO.....	25
3.2.4.- CÁLCULO DEL INTERVALO ENTRE RIEGOS	25
3.2.5.- CÁLCULO DE LA DOSIS REAL DE RIEGO.....	25
3.2.6.- MARCO DE RIEGO	26
3.2.7.- ASPERSOR	26

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DATOS CLIMÁTICOS EMPLEADOS. FUENTE “MEMORIA OBSERVATORIO CARRALOBO 2018”	6
TABLA 2. DATOS DE PRECIPITACIÓN UTILIZADOS. FUENTE “MEMORIA OBSERVATORIO CARRALOBO 2018”	8
TABLA 3. DATOS DE LA ROTACIÓN CONSIDERADA PARA ESTE PROYECTO Y FECHAS DE SIEMBRA Y RECOLECCIÓN	9
TABLA 4. PARCELAS SELECCIONADAS PARA EL CÁLCULO DEL K_c A PARTIR DE VALORES NDVI	12
TABLA 5. DATOS FASES CULTIVOS SELECCIONADOS EN LA ROTACIÓN	17
TABLA 6. DISTRIBUCIÓN DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS SELECCIONADA (HA)	19
TABLA 7. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS MESES MÁS CRÍTICOS. CAUDAL FICTICIO CONTINUO. CROPWAT	20
TABLA 8. CAUDALES PROPUESTO PARA LOS DISTINTOS HIDRANTES	21
TABLA 9. NÚMERO DE ASPERSORES EN FUNCIÓN DEL TIPO HIDRANTE	27

ÍNDICE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO CORRESPONDIENTE A LA ZONA DE PROYECTO.	7
GRÁFICO 2. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE CEBADA.	13
GRÁFICO 3. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE TRIGO.	14
GRÁFICO 4. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE ALFALFA.	14
GRÁFICO 5. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE COLZA.	14
GRÁFICO 6. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE GIRASOL.	15
GRÁFICO 7. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE MAÍZ.	15
GRÁFICO 8. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE PATATA.	15
GRÁFICO 9. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE REMOLACHA.....	16
GRÁFICO 10. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE SOJA.	16
GRÁFICO 11. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE SORGO.	16
GRÁFICO 12. VALORES DE K_c CALCULADOS EN FUNCIÓN DEL NDVI EN DISTINTAS PARCELAS DE VEZA.	17
GRÁFICO 13. VALORES DE ET_0 CALCULADOS EN FUNCIÓN DATOS CLIMÁTICOS PROGRAMA CROPWAT.....	19

ÍNDICE IMÁGENES

IMAGEN 1. ESQUEMA ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN CALCULO ET DEL CULTIVO.	9
FUENTE “GUÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA DE LOS CULTIVOS”	9
IMAGEN 2. ESQUEMA DISTRIBUCIÓN DE PERÍODOS ELÉCTRICOS EN TARIFA 6.X. FUENTE CIRCULAR 3/2020.....	22

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es estimar y justificar las necesidades de agua de los cultivos de la zona regable para, posteriormente, poder calcular la red de riego optimizada.

Disponer de una buena estimación de las necesidades hídricas de los cultivos es imprescindible para el diseño de cualquier sistema de riego, siendo más fiel a la realidad cuanto más preciso sea el cálculo de las necesidades hídricas.

Además de la estimación a nivel estacional es especialmente importante predecir bien la demanda en el período crítico, pues la instalación debe calcularse para satisfacer la demanda pico. La capacidad de la instalación debe ser suficiente para satisfacer las necesidades del cultivo en el momento de máxima demanda. Por tanto, será ésta la cifra a estimar para cada tipo de cultivo con los parámetros climáticos disponibles.

Para realizar los cálculos estimativos de la demanda hídrica se necesita conocer las necesidades medias de los cultivos de la zona, calculadas a partir de los datos climáticos, las necesidades en el período de máxima demanda, las precipitaciones y su distribución en la zona, etc.

Con los datos desprendidos de este cálculo y con la consideración de aplicar el agua para riego mediante un sistema de aspersión, se determina el volumen de agua a aportar, así como las infraestructuras requeridas para poderlo llevar hasta pie de parcela (el proyecto no incluye el amueblamiento de estas).

Poder dotar a los cultivos de sus requerimientos hídricos, en el momento adecuado, permite ampliar el abanico de cultivos a incluir en las alternativas y garantizar mayores rendimientos consiguiendo el desarrollo de los cultivos en las épocas más favorables.

2. NECESIDADES DE AGUA DE RIEGO. CÁLCULO CAUDAL FICTICIO CONTINUO

2.1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se estudian y definen de forma estricta, las necesidades de agua y sus condiciones de suministro y utilización, en base a los datos introducidos en el “CROPWAT”, programa informático de la FAO (1992), que usa el método de Penman-Monteith para el cálculo de la evapotranspiración de referencia.

2.2. DATOS CLIMÁTICOS

Los datos climáticos introducidos en CROPWAT, son los registrados en el Observatorio Meteorológico de Carralobo en Astudillo (Palencia).

La altitud considerada son 783 metros sobre el nivel del mar, una latitud de 42° 11' (Norte) y una longitud de -4° 18' (Este).

2.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN

La **Evapotranspiración de referencia** o ET_0 se define como “la tasa de evaporación de una pradera de gramíneas en cobertura total con una altura entre 8 y 15 cm y buen suministro de agua y nutrientes”.

Los datos climatológicos considerados para el cálculo de la ET_0 (mm/d) son:

- Temperatura máxima (° C)
- Temperatura mínima (° C)
- Humedad (%)
- Velocidad del viento (Km/d)
- Insolación (horas)
- Radiación solar (MJ/m²/d)

A continuación se presentan las hojas obtenidas de CROPWAT en las que aparecen los datos mensuales de estas variables. Los datos medios son los siguientes:

Tabla 1. Datos Climáticos empleados. Fuente “Memoria Observatorio Carralobo 2018”

Month	Temp Min	Temp Max	Humidity	Wind	Sun	Rad	ET ₀
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m ² /día	mm/día
January	-6.3	13.1	85,00	285,00	3.5	6.1	1.20
February	-5.2	16.5	75,00	259,00	4.7	9.1	1.89
March	-3.8	21.6	75,00	588,00	5.4	12.7	3.76
April	-1.8	24.2	68,00	233,00	6.6	17.0	3.81
May	0.5	29.1	68,00	268,00	9.6	23.0	5.39
June	4.7	34.2	65,00	207,00	9.4	23.5	5.99
July	7.4	36.3	63,00	242,00	11.3	25.7	6.90
August	7.8	36.3	57,00	251,00	11.9	24.6	6.92
September	4.5	32.0	54,00	225,00	9.1	17.9	5.18
October	0.3	25.3	67,00	294,00	5.5	10.6	3.48
November	-3.4	18.5	77,00	259,00	3.1	6.2	1.90
December	-5.9	13.3	83,00	190,00	2.2	4.6	1.04
Datos Medios	-0.1	25.0	70	275	6.9	15.1	3.96

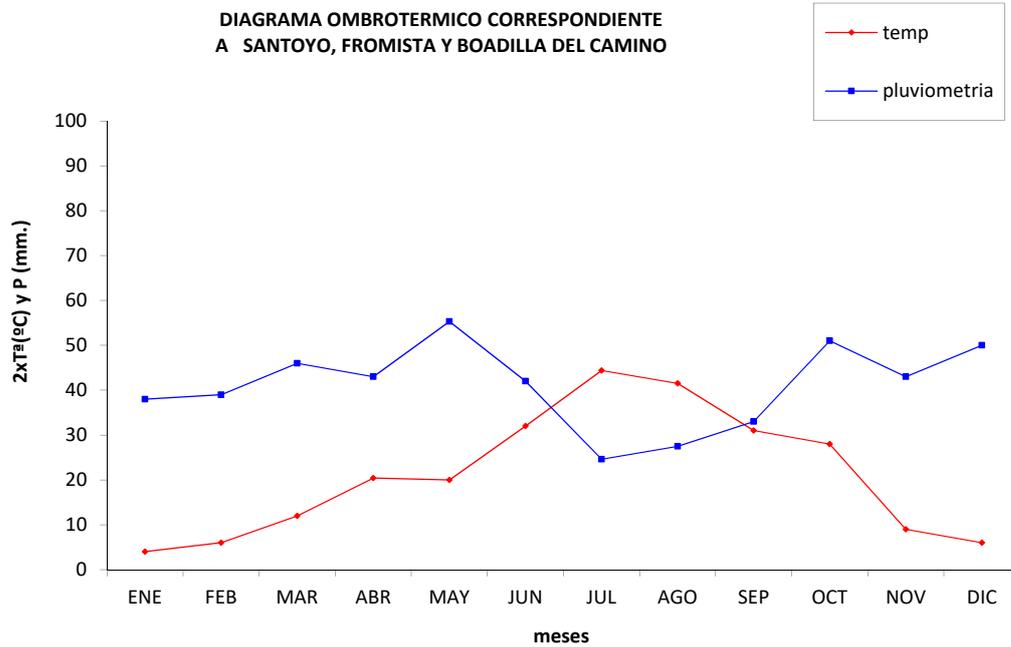


Gráfico 1. Diagrama Ombrotérmico correspondiente a la zona de proyecto.

2.4. PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La precipitación efectiva se calcula usando las fórmulas de USSCS que se exponen a continuación:

$$P_{\text{efectiva}} = (125 - 0.2 * P) * P / 25 \quad \text{si } P < 250 \text{ mm/mes}$$

$$P_{\text{efectiva}} = 0.1 * P - 125 \quad \text{si } P > 250 \text{ mm/mes}$$

Tabla 2. Datos de Precipitación utilizados. Fuente “Memoria Observatorio Carralobo 2018”

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	42.1	39.3
February	28.2	26.9
March	30.4	28.9
April	47.6	44.0
May	50.5	46.4
June	30.5	29.0
July	15.9	15.5
August	18.9	18.3
September	29.6	28.2
October	57.1	51.9
November	47.2	43.6
December	48.9	45.1
Total	446.9	417.1

2.5. DATOS DE CULTIVO

El valor de la evapotranspiración de cultivo (ET) se obtiene mediante la siguiente fórmula

$$ET = K_c \times ET_0$$

siendo K_c el coeficiente de cultivo que depende de las características de cada cultivo, época de siembra, ritmo de desarrollo del cultivo, duración del período vegetativo, duración de la primera fase de crecimiento y la frecuencia de riegos o lluvias.

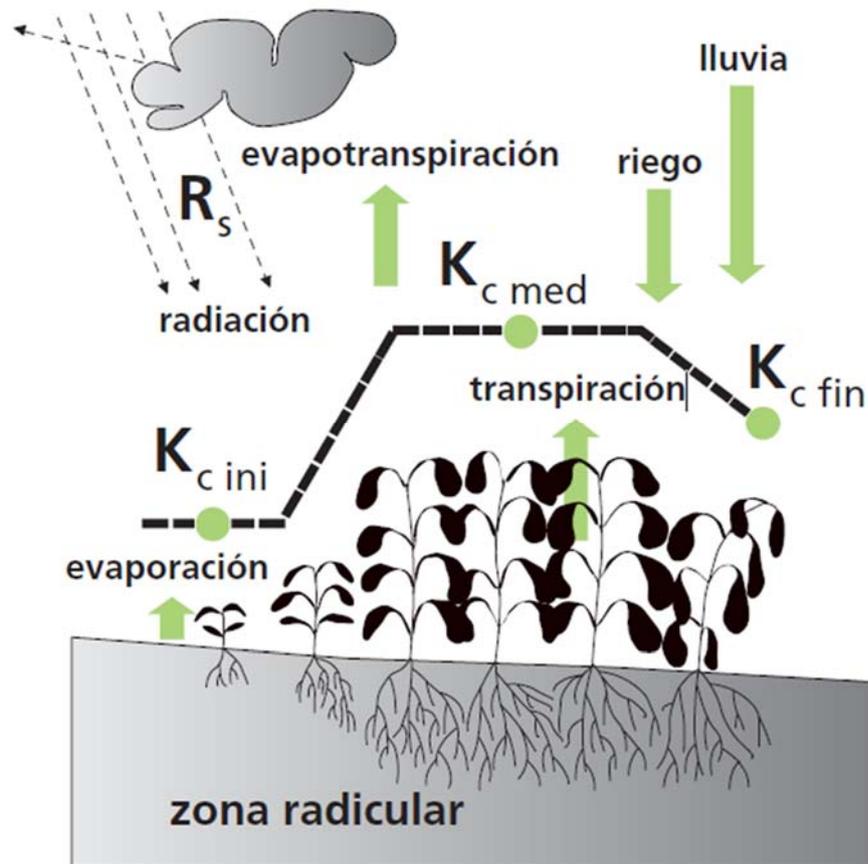


Imagen 1. Esquema elementos que intervienen en cálculo ET del cultivo.
Fuente "Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos"

La alternativa de cultivos para la que se ha realizado el cálculo de consumos es la que se ha estimado como la más posible a presentarse, una vez realizada la modernización de los regadíos, por similitud con zonas muy próximas de esta comunidad de regantes ya modernizadas.

Tabla 3. Datos de la Rotación Considerada para este proyecto y fechas de siembra y recolección

Cultivo	Fecha de Siembra	Fecha de Cosecha	Area (%)
Alfalfa	01-ene	31-dic	30
Cebada	15-feb	29-jun	8
Trigo	01-ene	08-jul	15
Girasol	15-may	21-sep	9
Maíz	01-may	12-sep	18
Patata	15-abr	01-oct	5
Remolacha Azucarera	15-mar	30-sep	10
Soja	15-may	30-sep	5

Para los distintos cultivos se ha dividido el período vegetativo en las fases siguientes:

- Fase inicial
- Fase de desarrollo del cultivo
- Fase de mediados del período
- Fase de finales del período.

Cuando se trata de cultivos forrajeros, que reciben varios cortes al año, el K_c toma un valor medio entre el período de heladas.

La evapotranspiración de la cubierta es el principal componente de las necesidades de agua y de riego. En este proyecto, se considera la estimación de la evapotranspiración de la cubierta vegetal, ET, mediante secuencias temporales de imágenes multiespectrales de satélite.

La determinación del coeficiente de cultivo, k_c , es un primer paso para calcular la ET. El parámetro K_c varía a lo largo del ciclo de crecimiento y depende del desarrollo concreto de cada cubierta.

Aunque en las últimas décadas se ha realizado un gran esfuerzo para tabular valores típicos del *coeficiente de cultivo* y del *coeficiente de cultivo basal* (cociente entre la transpiración de una cubierta en ausencia de estrés y la evapotranspiración de referencia), estos dependen fuertemente de la arquitectura de la cubierta y de la cobertura vegetal alcanzada. Su determinación concreta es a veces compleja y requiere de un intensivo y costoso trabajo de campo por lo que limita la aplicación generalizada del modelo FAO56.

En el marco conceptual del procedimiento FAO56, la metodología $K_c - E_{to}$ basada en teledetección deriva el valor del coeficiente de cultivo desde las imágenes multiespectrales adquiridas por sensores a bordo de plataformas espaciales, aerotransportadas o en tierra (Calera et al.,2005).

El uso de series temporales de imágenes posibilita la descripción de la evolución del coeficiente de cultivo a lo largo del ciclo de crecimiento. Las imágenes además proporcionan la descripción espacial de la cubierta, la cual puede presentar y presenta variaciones notables de unas zonas a otras, permitiendo el cálculo de las necesidades de agua espacialmente distribuidas de acuerdo a las demandas de la cubierta. (Calera et al.,2016)

La evapotranspiración de referencia, E_{to} , se estima desde parámetros meteorológicos, de acuerdo con la metodología descrita en Allen et al.,1998.

La relación lineal existente entre el coeficiente de cultivo basal de una cubierta, análogo a un coeficiente de transpiración, y los índices de vegetación, como el índice de Vegetación por Diferencias

Normalizado, NDVI, así como con otros índices como el SAVI es buena, tal y como pone de manifiesto la abundante literatura científica desde Heilman et al., (1982) Neale et al., (1987)

El NDVI es un parámetro que se obtiene de forma robusta, simple y directa desde las imágenes multiespectrales mediante una combinación algebraica de las reflectividades en el rojo e infrarojo cercano. El NDVI, sobre el que se cuenta con gran experiencia en teledetección, mide el tamaño fotosintético relativo de la cubierta, y recoge cómo la cubierta vegetal absorbe la radiación solar fotosintéticamente activa.

La relación propuesta entre el valor del coeficiente k_{cb} , tal y como se define en FAO56, y el índice NDVI se presenta en la siguiente ecuación:

$$K_{cb} = 1.44 \text{ NDVI} - 0,1 \quad (1) \quad (\text{Campos et al., 2010b})$$

Donde:

K_{cb} : coeficiente de cultivo basal, con valores que oscilan entre 0,15 y 1,15

NDVI: Índice de Vegetación por Diferencias Normalizado, obtenido desde imágenes multiespectrales corregidas atmosféricamente y normalizado a las bandas espectrales LandsatETM+; sus valores oscilan entre aproximadamente 0,14 (suelo desnudo) y 0,91 (cubiertas verdes muy densas)

Esta ecuación (1) permite obtener valores de K_{cb} desde una imagen en la que se ha calculado el valor del NDVI para cada pixel y asignarlos a los distintos puntos de una parcela en concreto. Además puede obtenerse la evolución temporal del coeficiente K_{cb} si se cuenta con una serie temporal de imágenes que nos permiten describir la evolución de la cubierta concreta, atendiendo a sus características específicas de siembra y crecimiento y muestra la variabilidad espacial y temporal que los distintos factores de suelo y manejo pueden introducir.

Para estudiar los valores indicados anteriormente, se han seleccionado parcelas de la zona con los cultivos indicados en la rotación. Estas se indican en el siguiente cuadro:

Tabla 4. Parcelas seleccionadas para el cálculo del K_c a partir de valores NDVI

T.MUNICIPAL	POLIGONO	PARCELA	SUPERFICIE	CULTIVO
FROMISTA	12	67	15,1	TRIGO
FROMISTA	11	10063	29,65	TRIGO
BOADILLA DEL CAMINO	3	24	7,06	TRIGO
BOADILLA DEL CAMINO	1	6	7,76	TRIGO
SANTOYO	7	31	5,04	TRIGO
SANTOYO	5	40	11,03	TRIGO
SANTOYO	7	86	8,79	TRIGO
SANTOYO	6	39	4,56	CEBADA
SANTOYO	1	10036	5,16	CEBADA
SANTOYO	8	49	3,28	CEBADA
FROMISTA	13	113	4,62	CEBADA
FROMISTA	12	63	1,19	CEBADA
BOADILLA DEL CAMINO	4	13	12,43	CEBADA
BOADILLA DEL CAMPO	3	17	12,13	CEBADA
BOADILLA DEL CAMINO	2	21	1,22	ALFALFA
BOADILLA DEL CAMPO	3	48(3-4)	3,4	ALFALFA
FROMISTA	13	85	3,78	ALFALFA
FROMISTA	13	114	4,88	ALFALFA
SANTOYO	6	10002	6,47	ALFALFA
SANTOYO	3	84	5,18	ALFALFA
SANTOYO	17	47	3,49	ALFALFA
SANTOYO	4	21	4,82	REMOLACHA
SANTOYO	3	24-25	7,24	REMOLACHA
FROMISTA	10	9	12,9	REMOLACHA
FROMISTA	10	51	5,21	REMOLACHA
BOADILLA	2	63	13,05	REMOLACHA
BOADILLA	2	10072	17,38	GIRASOL
BOADILLA DEL CAMPO	3	18	9,46	GIRASOL
FROMISTA	9	59	7,48	GIRASOL
FROMISTA	10	49	8,21	GIRASOL
SANTOYO	20	25	8,86	GIRASOL
SANTOYO	6	70	7,55	GIRASOL
SANTOYO	4	77-78	5,54	GIRASOL

T.MUNICIPAL	POLIGONO	PARCELA	SUPERFICIE	CULTIVO
SANTOYO	6	76-77	4,74	VEZAS
SANTOYO	18	30016	3,14	VEZAS
SANTOYO	17	58	2,7	VEZAS
FROMISTA	2	8	1,95	VEZAS
FROMISTA	2	11	4,4	VEZAS
BOADILLA DEL CAMINO	3	8	14,67	VEZAS
BOADILLA DEL CAMPO	7	91	11,65	VEZAS
SANTOYO	5	32	0,78	SORGO
SANTOYO	5	33	1,94	SORGO
SANTOYO	5	35	2,04	SOJA
FROMISTA	12	86	3,06	COLZA
FROMISTA	12	81	6,93	COLZA
AMUSCO	5018	21	3,14	GUISANTES
PIÑA DE CAMPOS	403	52	29,54	MAIZ
PIÑA DE CAMPOS	403	53	5,94	MAIZ
HERRERA DEL PISUERGA	508	55	2,48	PATATA
ZARZOSA DEL PISUERGA	606	56	3,71	PATATA

Para cada una de estas parcelas se ha realizado el análisis de la secuencia de imágenes multiespectrales y hemos obtenido los siguiente gráficos para los cultivos estudiados.

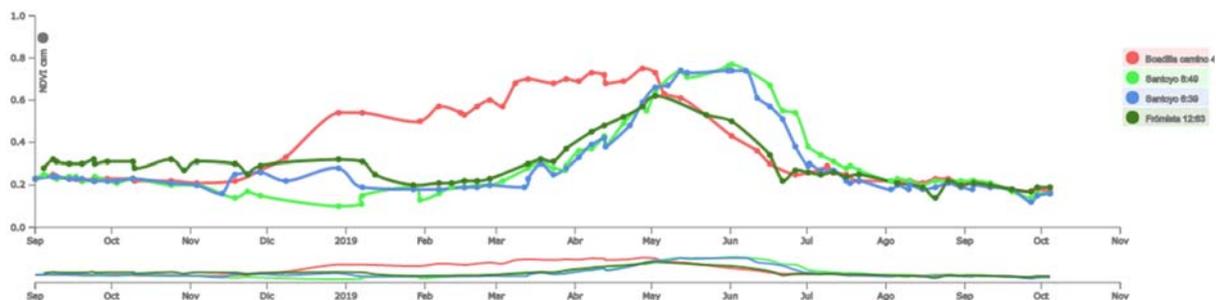


Gráfico 2. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de cebada.

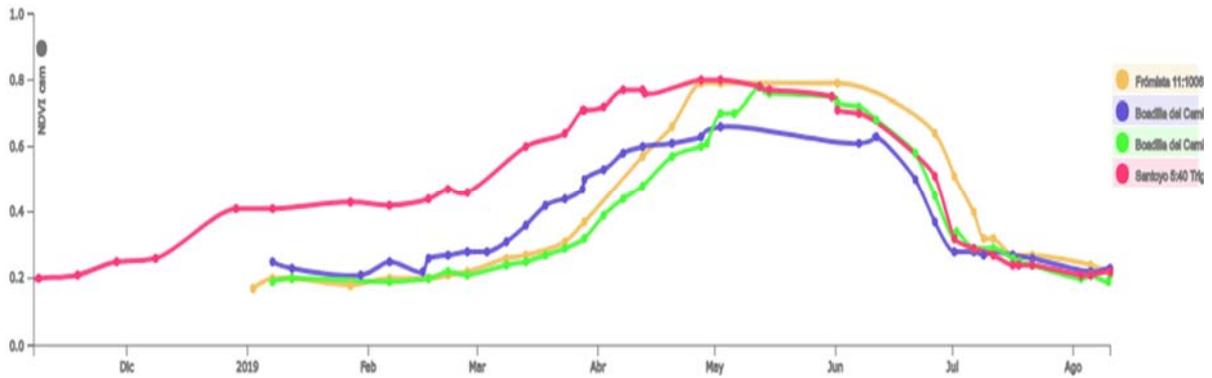


Gráfico 3. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de trigo.

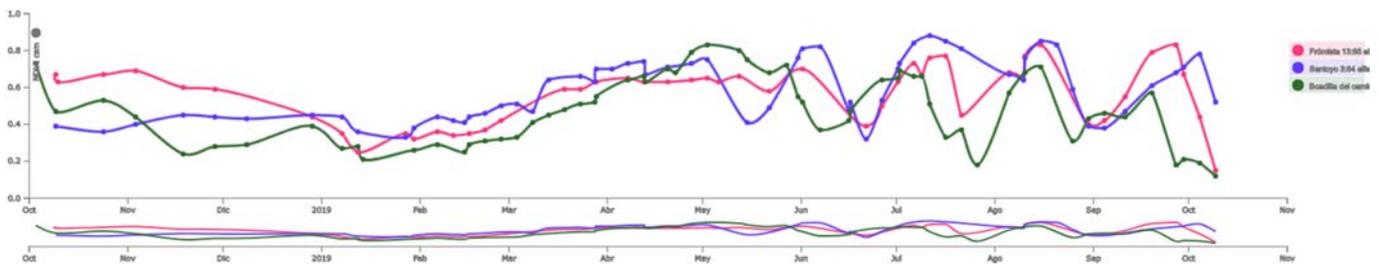


Gráfico 4. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de alfalfa.

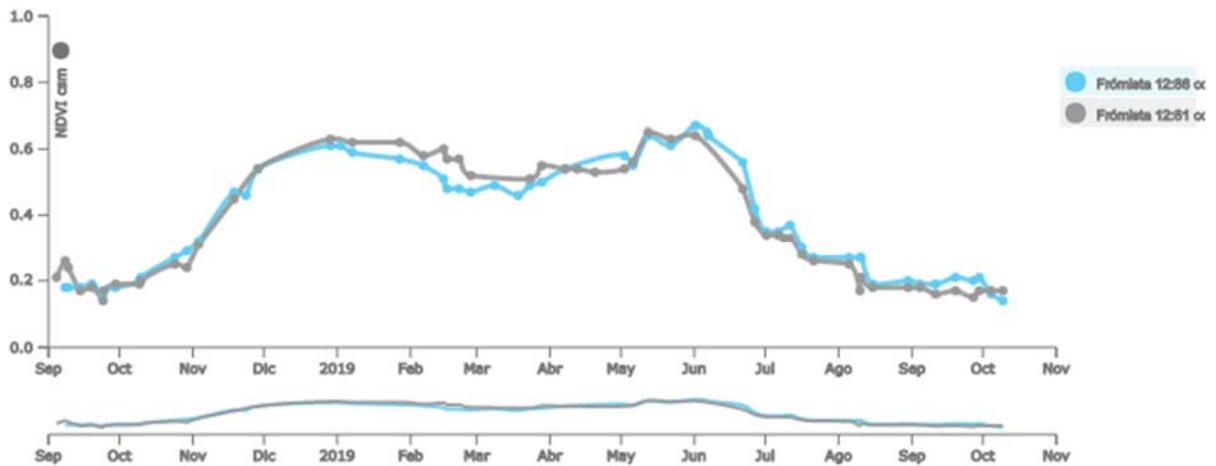


Gráfico 5. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de colza.

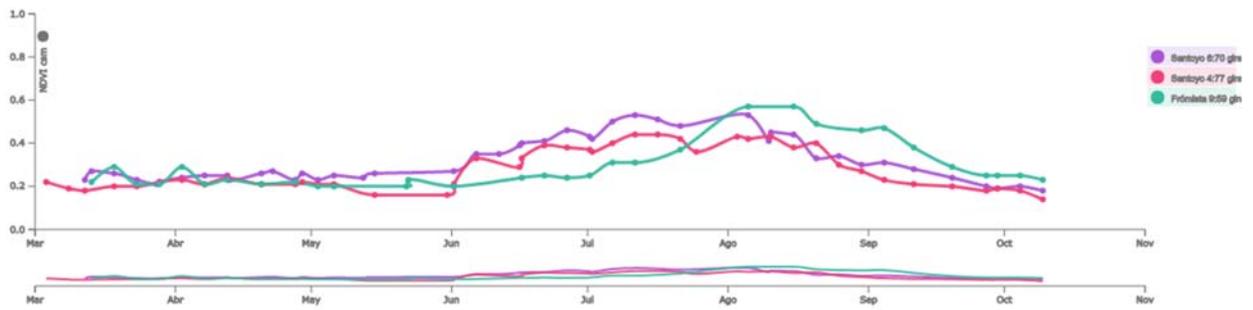


Gráfico 6. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de girasol.

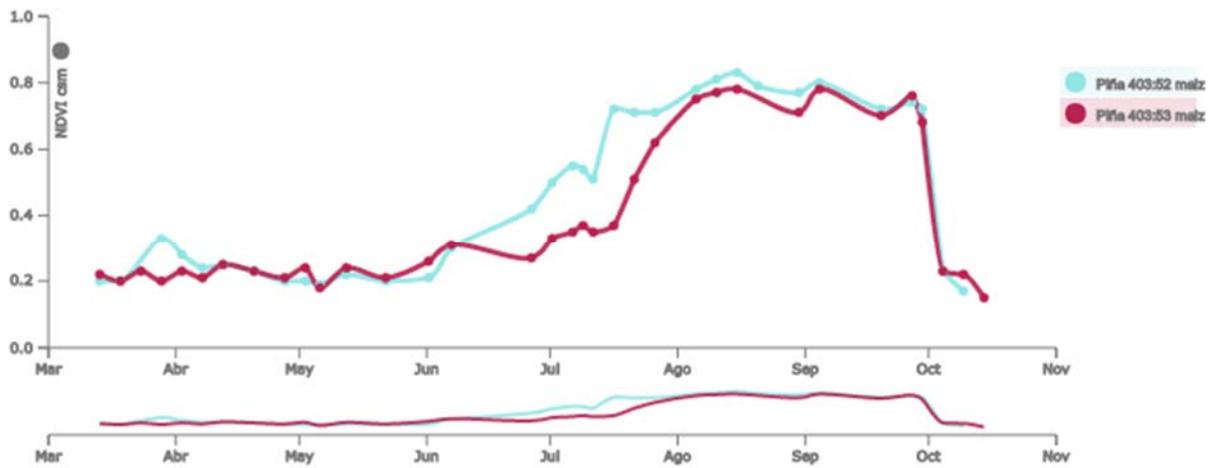


Gráfico 7. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de maíz.

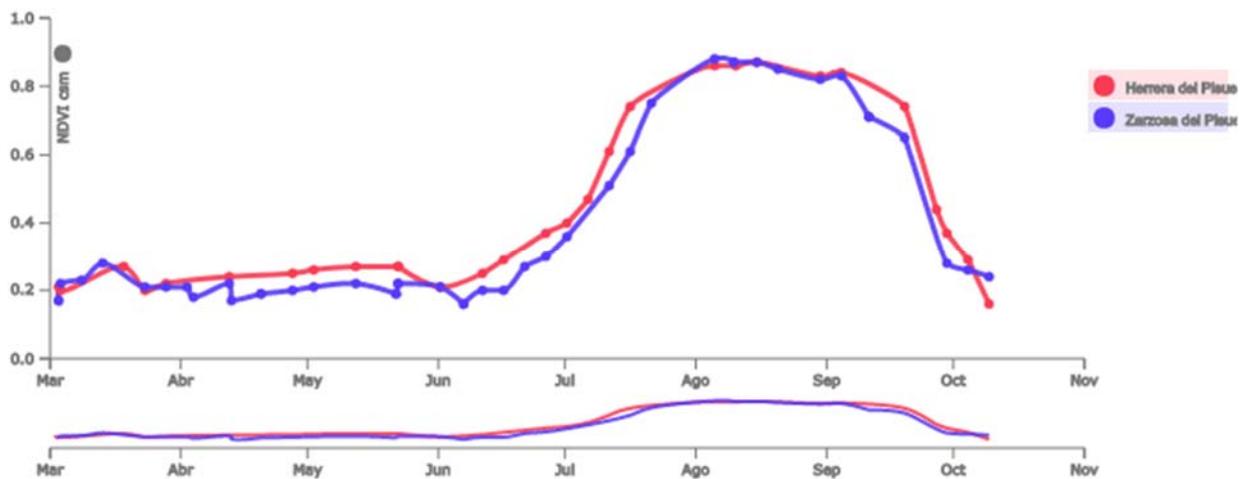


Gráfico 8. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de patata.

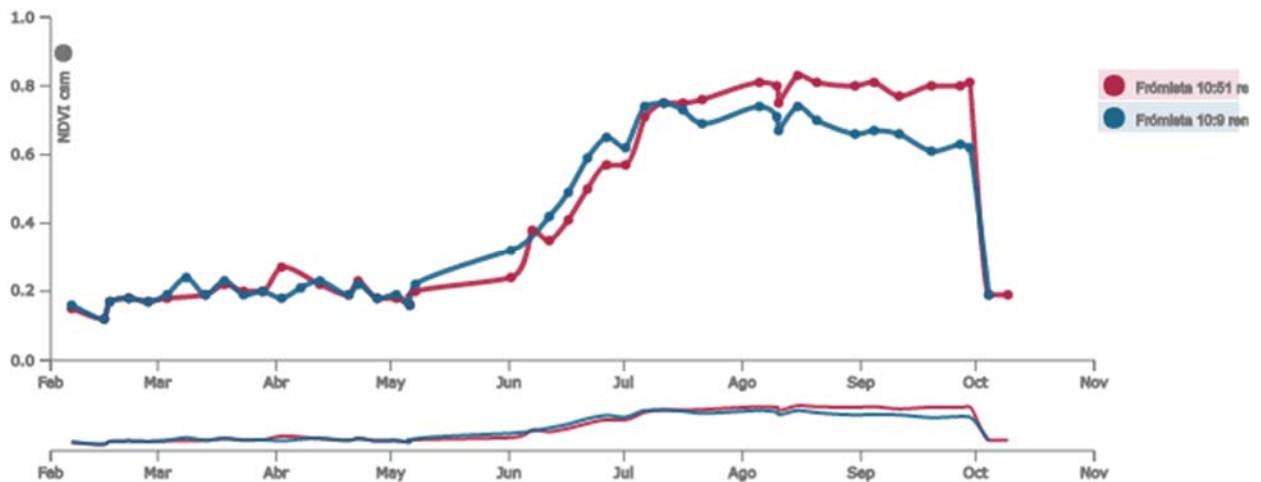


Gráfico 9. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de remolacha.

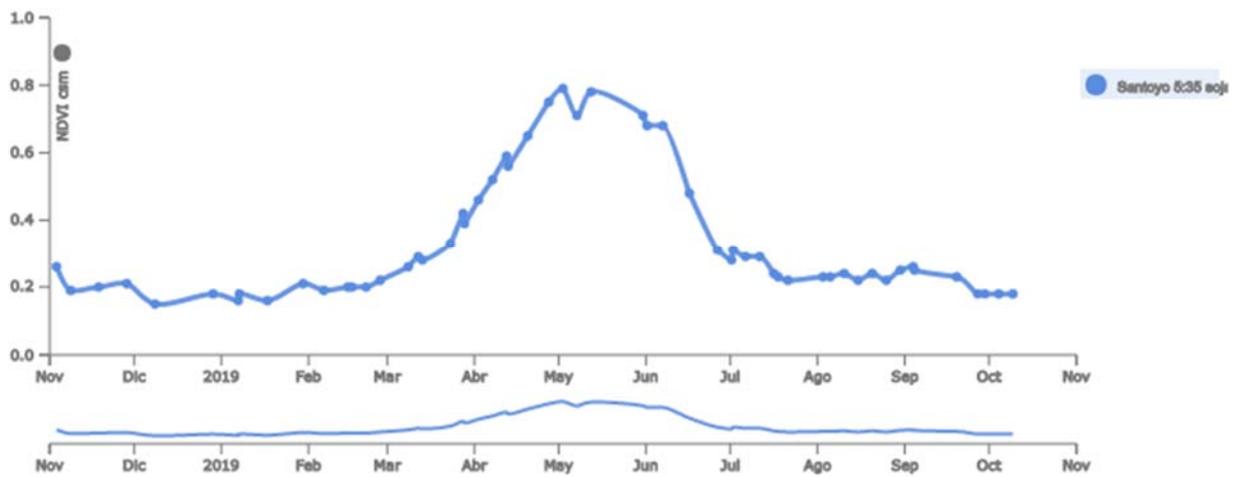


Gráfico 10. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de soja.

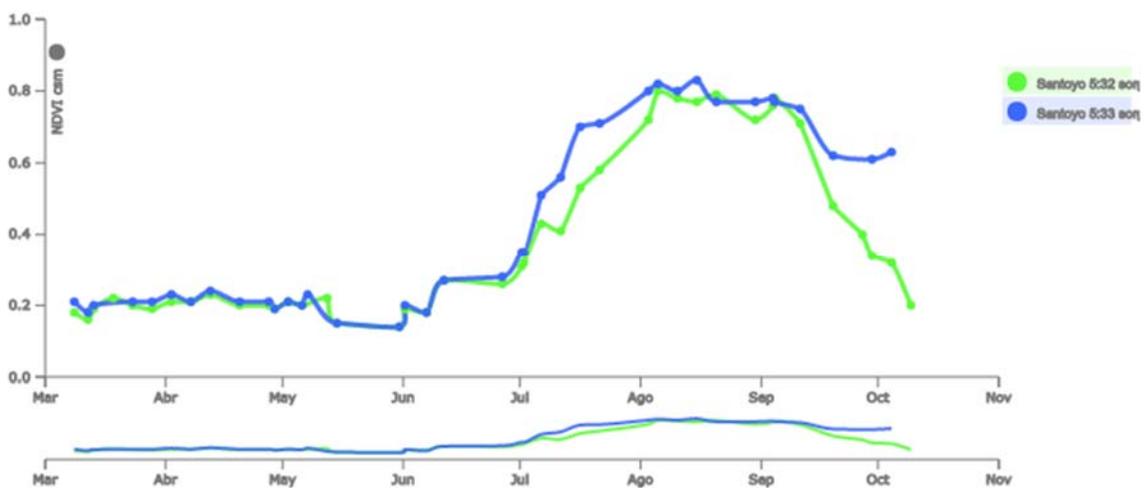


Gráfico 11. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de sorgo.

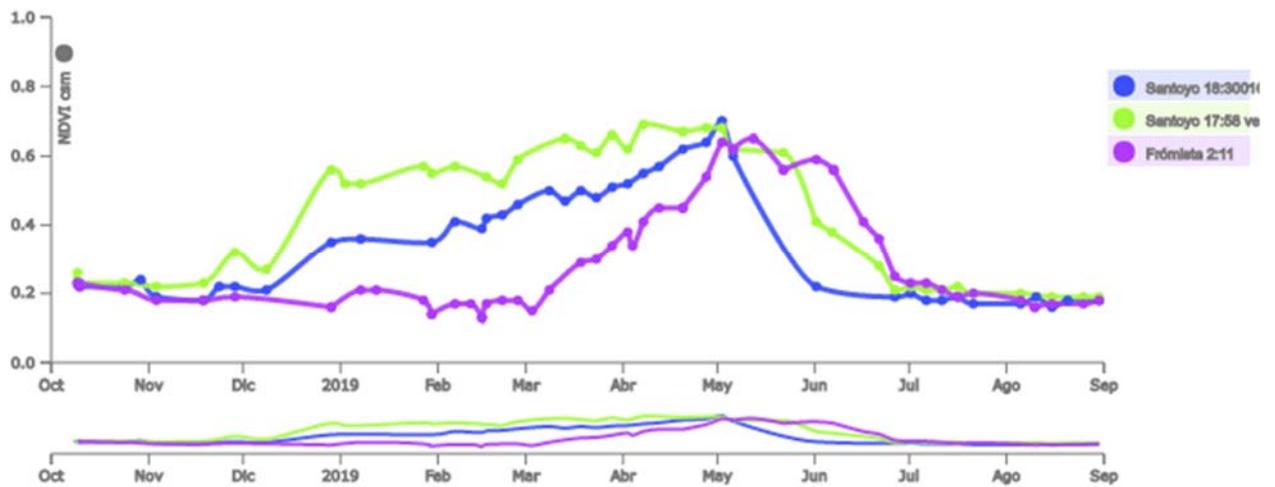


Gráfico 12. Valores de K_c calculados en función del NDVI en distintas parcelas de veza.

De los gráficos arriba expuestos se ha obtenido el valor k_c de cada cultivo para cada etapa de desarrollo del cultivo.

Tabla 5. Datos Fases Cultivos seleccionados en la rotación

CULTIVO	FASE DE DESARROLLO	DÍAS	K_c
Cebada	Inicio	60	0,28
	Desarrollo	50	
	Medio	40	0,80
	Final	30	0,30
Trigo	Inicio	30	0,18
	Desarrollo	30	
	Medio	40	0,79
	Final	30	0,40
Alfalfa	Inicio	150	0,42
	Desarrollo	30	
	Medio	150	0,95
	Final	35	0,80
Girasol	Inicio	25	0,22
	Desarrollo	35	
	Medio	45	0,58
	Final	25	0,30
	Inicio	25	0,20

CULTIVO	FASE DE DESARROLLO	DÍAS	Kc
Maíz	Desarrollo	40	
	Medio	40	0,80
	Final	30	0,20
Patata	Inicio	25	0,20
	Desarrollo	40	
	Medio	55	0,81
	Final	30	0,50
Remolacha	Inicio	25	0,21
	Desarrollo	35	
	Medio	50	0,81
	Final	60	0,50
Soja	Inicio	20	0,20
	Desarrollo	35	
	Medio	40	0,70
	Final	25	0,40
Sorgo	Inicio	25	0,17
	Desarrollo	40	
	Medio	40	0,90
	Final	25	0,50
Veza	Inicio	40	0,17
	Desarrollo	30	
	Medio	30	0,48
	Final	20	0,21

2.6. CONSUMO REAL DEL CULTIVO

A partir de las necesidades netas de riego, se determina el consumo real del cultivo en función de la eficacia considerada en la aplicación del agua al suelo.

Se trata de determinar las necesidades brutas que compensarán las pérdidas inevitables provocadas por diversos factores dependientes del suelo, tipo de riego, experiencia del agricultor, etc.

La eficiencia de aplicación se define como la relación entre el volumen total de agua retenido en la zona radicular de los cultivos implantados en la superficie de riego y el volumen de agua derivado

a la red de riego, en su punto de captación. Se toma una **eficiencia del sistema de riego del 80 %**, considerándose la aspersión con cobertura como sistema predominante en la zona.

2.7. ROTACIÓN SELECCIONADA PARA EL PROYECTO

La rotación de cultivos considerada en este proyecto es la distribución mayoritaria de estos en la zona de influencia.

Tabla 6. Distribución de la rotación de cultivos seleccionada (ha)

CULTIVO	Porcentaje (%)	Superficie de Cultivo
Alfalfa	30	852,80
Cebada	8	227,41
Trigo	15	426,40
Girasol	9	255,84
Maíz	18	511,68
Patata	5	142,13
Remolacha Azucarera	10	284,27
Soja	5	142,13
	100	2842,67

2.8. NECESIDADES HÍDRICAS. CAUDAL FICTICIO CONTINUO

Según la publicación de la FAO Nº 56 “Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los rendimientos de agua de los cultivos”, establece que el método de FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia.

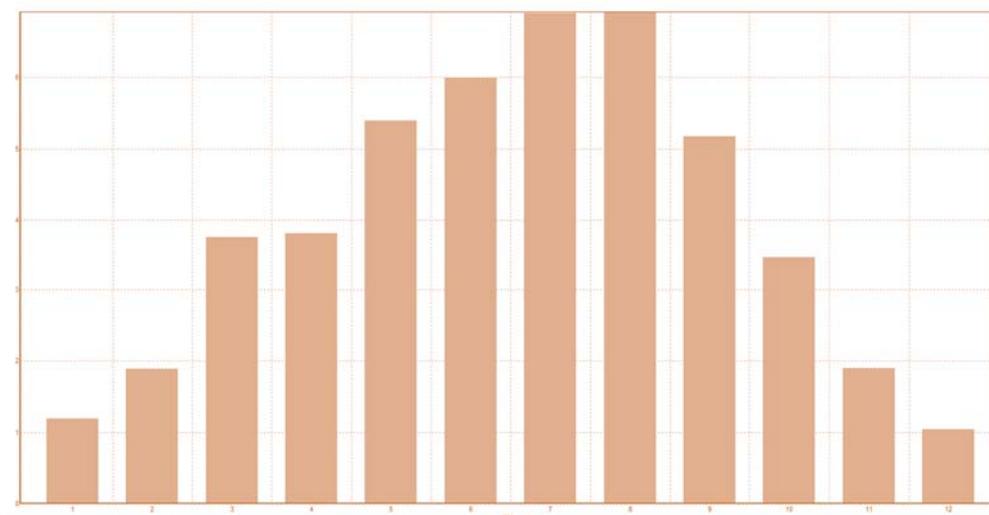


Gráfico 13. Valores de ET_0 calculados en función de datos climáticos programa CROPWAT.

Fusionando todos estos datos, climatológicos (temperatura, precipitaciones, viento y radiación, como principales), valores de K_c y días de etapa por cultivo, rotación media de la zona a considerar en el proyecto y eficiencia de sistema de riego, en el CROPWAT obtenemos las necesidades hídricas que debe satisfacer el sistema de riego diseñado son las indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 7. Necesidades hídricas de los meses más críticos. Caudal ficticio continuo. CROPWAT

ETo estación		Patrón de cultivo						
Astudillo (F)		Rotación SG_Intensj						
Est. de lluvia								
CARRALO								
	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Déficit de Precipitación								
1. Alfalfa	110.2	205.6	204.7	134.6	61.0	18.4	0.0	
2. Cebada	71.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3. Trigo	58.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4. Girasol	31.7	123.0	127.4	35.8	0.0	0.0	0.0	
5. Maíz	77.7	177.3	150.0	14.8	0.0	0.0	0.0	
6. Patata	117.9	174.2	159.8	32.0	0.0	0.0	0.0	
7. Remolacha Azucarera	132.6	157.7	122.7	0.0	0.0	0.0	0.0	
8. Soja	46.8	149.6	140.5	22.2	0.0	0.0	0.0	
Req. Netos sistema								
en mm/día	2.9	4.4	4.1	1.6	0.6	0.2	0.0	
en mm/mes	85.9	136.6	127.1	49.0	18.3	5.5	0.0	
en l/s/ha	0.33	0.51	0.47	0.19	0.07	0.02	0.00	
Area Irrigada	100.0	77.0	77.0	67.0	30.0	30.0	0.0	
(% del area total)								
Req. de riego area real	0.33	0.66	0.62	0.28	0.23	0.07	0.00	
(l/s/ha)								

Si consideramos el caudal continuo que supone un día descanso semanal para los agricultores, es decir, regar 6 días a la semana se tendrá:

$$0,66 * \frac{7}{6} \text{ días} = 0,77 \frac{l}{s. ha}$$

El caudal continuo a considerar es el que acabamos de calcular. Indicar que considerar 6 días, además de corresponderse con el día de descanso semanal, también es un margen de seguridad para el sistema frente a roturas en la red de riego, así como algún problema de suministro de agua.

2.9. DOTACIÓN EN HIDRANTE Y TAMAÑO DEL MISMO

En este proyecto, al igual que en los redactados y ejecutados en esta comunidad de regantes, diseñaremos tipos de hidrantes para satisfacer las necesidades de riego de los tres tipos de agrupaciones indicados a continuación:

- Agrupación de parcelas cuya suma de superficie sea igual o inferior a 3 ha

- Agrupación de parcelas cuya suma de superficie sea superior a 3 ha e igual o inferior a 8 ha
- Agrupación de parcelas cuya suma de superficie sea superior a 8 ha e igual e inferior a 25 ha

El caudal para cada una de estas agrupaciones de calculará con la premisa de ser capaz de satisfacer las demandas hídricas del cultivo en el momento de máximas necesidades atendiendo a las horas disponibles de riego (según periodos tarifarios vigentes).

Considerando el cultivo de alfalfa, que según lo datos de CROPWAT (tabla 7), presenta unas necesidades para el mes de julio de 2086 m³/ha, tendríamos que:

- Necesidades semanales del cultivo: 521,50 m³/ha
- Si consideramos que los caudales por hidrante serán:

Tabla 8. Caudales propuesto para los distintos hidrantes

Tipo Hidrante	Caudal (l/s)	Caudal (m ³ /h)
Hidrante 3"	15	54
Hidrante 4"	25	90
Hidrante 6"	35	126

Hidrante 3":

$$\frac{521,50 \text{ m}^3/\text{semana y ha}}{54 \text{ m}^3/\text{h}} = 9,66 \text{ horas/semana y ha}$$

$$9,66 \text{ horas/semana} * \text{ha} \times 3 \text{ ha agrupación} = 28,98 \text{ horas/semana}$$

Hidrante 4":

$$\frac{521,50 \text{ m}^3/\text{semana y ha}}{90 \text{ m}^3/\text{h}} = 5,79 \text{ horas/semana y ha}$$

$$5,79 \text{ horas/semana} * \text{ha} \times 8 \text{ ha agrupación} = 46,32 \text{ horas/semana}$$

Hidrante 6":

$$\frac{521,50 \text{ m}^3/\text{semana y ha}}{126 \text{ m}^3/\text{h}} = 4,14 \text{ horas/semana y ha}$$

$$4,14 \text{ horas/semana} * \text{ha} \times 25 \text{ ha agrupación} = 103,50 \text{ horas/semana}$$

Una vez calculadas las hora que necesitaríamos para cubrir las necesidades hídricas del cultivo en función de tipo hidrante propuesto para la agrupación, deberemos de analizar las horas que el

regante tiene disponibles para dar el riego. Para ello tomamos como referencia el calendario de periodos eléctricos vigentes modificado con la circular 3/2020.

Imagen 2. Esquema Distribución de Períodos Eléctricos en tarifa 6.X. Fuente Circular 3/2020

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Sábado domingo festivo
0:00 - 1:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
1:00 - 2:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
2:00 - 3:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
3:00 - 4:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
4:00 - 5:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
5:00 - 6:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
6:00 - 7:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
7:00 - 8:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
8:00 - 9:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
9:00 - 10:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
10:00 - 11:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
11:00 - 12:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
12:00 - 13:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
13:00 - 14:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
14:00 - 15:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
15:00 - 16:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
16:00 - 17:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
17:00 - 18:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
18:00 - 19:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
19:00 - 20:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
20:00 - 21:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
21:00 - 22:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
22:00 - 23:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
23:00 - 00:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6

Con esta nueva distribución de períodos en el mes de julio, si se trata de bombeo directo a red, nos obliga a una contratación de potencia tanto en P1 como en P2 dado que las horas nocturnas sumadas a las horas del fin de semana resultan insuficientes para cubrir las necesidades hídricas demandas por los cultivos en este mes.

En el diseño del bombeo de este proyecto, donde se considera el riego desde la balsa de almacenamiento como el modo principal de funcionamiento se intentará cubrir las necesidades con la contratación de P6 ligado al consumo de la producción de energía solar del parque fotovoltaico.

Por lo tanto, las horas totales disponibles de riego son 168. Si consideramos que de los 7 días posible dejaremos uno de reserva para posibles averías, mantenimientos, etc,... las horas reales disponibles para riego serán 144 horas.

Esto nos confirma que con los caudales asignados somos capaces de cubrir las necesidades hídricas del cultivo semanalmente.

3.- PARÁMETROS DE RIEGO

3.1.- SISTEMA DE RIEGO ELEGIDO

La modernización del regadío, tal y como se entiende en este proyecto no solo supone sustituir la red de acequias existente por conducciones presurizadas hasta la parcela, sino que también implica un cambio en la forma de regar del agricultor, hasta ahora en su gran mayoría con riego a pie.

En la zona de actuación todo el riego pasará a ser riego por aspersión lo que obligará al regante a proveerse de estos sistemas de riego, bien cobertura móvil, enterrada o pivot.

Para ello, es preciso el análisis de una serie de factores condicionantes de la modalidad de aplicación de agua del terreno, estos factores son:

- Topografía del terreno
- Climatología
- Procedencia del agua y disponibilidad de la misma
- Características del suelo
- Tipo de cultivos
- Parcelación del terreno (dependiente de la propiedad y del proceso de concentración)
- Tradición y costumbres de la zona

La modernización en regadío implica que cada agricultor dispondrá de una boca de riego, con presión y caudal suficiente para poder regar conectando su propio sistema a la toma existente en su finca.

La elección del sistema de riego por aspersión para la zona a modernizar está justificada por las siguientes razones:

- a) No son precisas las costosas obras de nivelación y desagües que exigiría el riego por gravedad. Si bien la superficie de riego presenta una topografía relativamente llana en general, aunque también existen determinadas áreas que poseen importantes desniveles (bancales), lo cual determinaría al ejecutar las obras de nivelación la aparición de horizontes impermeables o de otro tipo, totalmente inútiles para el cultivo.
- b) Consideraciones de riego. La posibilidad de suministrar al terreno la dosis precisa adaptada a las necesidades en cada fase de ciclo del cultivo existente, unida a una

mayor eficiencia de la aplicación del agua en comparación con el riego a pie, lo que permite que la aspersión suponga un importante ahorro de agua.

- c) Economía de la mano de obra. En cobertura móvil, una vez distribuidos los ramales de riego sobre el terreno y efectuada la conexión al hidrante, el funcionamiento de la instalación permite al regante la dedicación a otras labores, aunque seguirá siendo recomendable la supervisión del riego en su inicio por si algún aspersor estuviera obturado o en el caso de cobertura móviles por si se produjera alguna fuga o se soltará algún tubo de riego.
- d) Tradición de riego en la zona. A pesar de que se trata de una zona con una agricultura con bastante riego a pie, también es cierto que una parte de esta ya se riega con sistemas de aspersión (cobertura móvil en su mayoría y pivot de manera muy puntual). Unido a esto, dentro de la comunidad de regantes ya son aproximadamente 7.500 ha las que riegan con sistemas de aspersión

3.2.- CÁLCULO DEL RIEGO EN PARCELA

3.2.1.- INTRODUCCIÓN

En este punto vamos a determinar las características de riego en una parcela tipo. Para ello se partirá de los datos de una parcela tipo medio de la zona, con las siguientes características:

- Densidad suelo (d): 1,7 t/m³
- Textura: Franca a Franca arenosa
- Profundidad de raíces (p): 0,5 m
- Velocidad media del viento: 11,50 Km/h
- Et_c: 160,0 mm

3.2.2.- CÁLCULO DE LA DOSIS MÁXIMA DE RIEGO

La dosis máxima de riego (D_m) que admite el terreno., en función de su capacidad de retención de agua y de la profundidad que alcancen las raíces del cultivo es:

$$D_m = 10.000 \cdot p \cdot \frac{A_u}{100} \cdot d_a$$

Donde:

P: Profundidad de las raíces = 0,5 m

A_u : Agua útil del suelo = $C_c - C_m$

Para estas texturas, $C_c = 25\%$ y $C_m = 15\%$

D_a : Densidad aparente del suelo = $1,7 \text{ t/m}^3$

$$D_m = 10.000 \cdot 0,5 \cdot \frac{10}{100} \cdot 1,7 = 850 \text{ m}^3/\text{ha y riego}$$

3.2.3.- CÁLCULO DE LA DOSIS PRÁCTICA DE RIEGO

Se considerará una dosis práctica de riego (D_p) de $2/3$ de la dosis máxima, puesto que no se deberá llegar hasta el punto de marchitamiento.

$$D_p = \frac{2}{3} \cdot D_m = \frac{2}{3} \cdot 850 = 566,66 \text{ m}^3/\text{ha y riego} = 56,6 \text{ mm/riego}$$

3.2.4.- CÁLCULO DEL INTERVALO ENTRE RIEGOS

El intervalo entre riegos (I_r) viene determinado por el tiempo durante el que el suelo tiene disposición de agua, hasta el siguiente riego.

El consumo diario (C_d) es:

$$C_d = \frac{ET_c}{31} = \frac{160}{31} = 5,16 \text{ mm/día}$$

El intervalo entre riegos es:

$$I_r = \frac{D_p}{C_d} = \frac{56,6}{5,16} = 10,97 \text{ días/riego}$$

Por tanto se darán riegos cada 10 días, esto implica una dosis práctica de riego más baja, que será:

$$D_p' = C_d \cdot I_r' = 5,16 \cdot 10 = 51,60 \text{ mm/riego}$$

3.2.5.- CÁLCULO DE LA DOSIS REAL DE RIEGO

La dosis real de agua a aplicar será:

$$D_r = \frac{D_p'}{E}$$

Siendo E la eficiencia de riego. Se puede suponer que en el riego por aspersión $E = 80\%$

$$D_r = \frac{51,60}{0,80} = 64,50 \text{ mm/riego}$$

Análizando las costumbres de riego en la zona, y confirmando que en los cultivos de verano su rutina es de un riego semanal, indicar que la dosis real para un riego semanal será:

$$D_r = \frac{64,50 * 7}{10} = 45,15 \text{ mm/riego semanal}$$

3.2.6.- MARCO DE RIEGO

Con respecto al marco de riego, podríamos distinguir entre:

- Marco 15 x 18, entendiéndose 15 m entre calles. La distribución de estos aspersores podrá ser un marco rectangular o tresbolillo. Este marco es el más recomendado en zonas de viento como esta con valores entre 6 y 12 Km/h. Es importante indicar que en caso de coberturas enterradas este marco se ve modificado a 15,60 x 18 y la distribución de los aspersores será a tresbolillo con el objetivo de facilitar las labores donde las dimensiones de la maquinaria empleada es 6 m o múltiplos de 6. Al estar instalados a tresbolillo garantizamos que siempre tengamos 18 m entre aspersores
- Marco 18 x 18, que aunque no es el marco más recomendable en zonas con presencia de viento en cuanto a la calidad de distribución de riego se refiere, si que se esta empleando en zonas ya modernizadas dentro de esta comunidad de regantes. Es en cobertura enterrada, donde los programadores de parcela permiten dar riegos nocturnos con cambios programados sin la presencia del agricultor lo que les ayuda a minimizar los problemas derivados del viento unido a menos posturas en cuanto al diseño de la cobertura enterrada.

3.2.7.- ASPERSOR

Una vez determinado el marco, ya solo nos queda la elección del aspersor tipo recomendado.

La elección de este viene condicionada por el intervalo entre riegos (semanal) y la pluviometría admisible.

Para un suelo de las características del de la zona, con una textura franca a franco-arenosa, con una pendiente del 4%, la precipitación máxima admisible oscila entre 15,2 mm/hora para el suelo con vegetación y 7,5 mm/hora para el suelo desnudo.

Los aspersores más utilizados en la zona ya modernizada de esta comunidad de regantes son el VYR-36 o similar y el Rotator R33 o similar, con un alcance entre 13-18 m.

Las condiciones de trabajo, en cuanto a presiones se refiere:

- Presión en Unidad de riego*: 45 m.c.a
- Pérdida en red secundaria 5 m.c.a
- Pérdida en red terciaria y alas de riego: 5 m.c.a
- Presión de trabajo: 35 m.c.a

*Los 45 m.c.a en la toma se han calculado teniendo en cuenta la cota máxima de cada agrupación, es decir sumando el desnivel entre el punto más alto de la agrupación y la cota a la que se sitúa el hidrante.

Para las presiones de trabajo, estos aspersores presentan un caudal próximo a los 1.800 l/h. Teniendo en consideración este caudal indicaremos que en función del tipo hidrante podremos abastecer los aspersores indicados en la tabla:

Tabla 9. Número de aspersores en función del tipo hidrante

Tipo Hidrante	Caudal (m ³ /h)	Caudal por aspersor (m ³ /h)	Nº de Aspersores
Hidrante 3"	54	1,80	30
Hidrante 4"	90	1,80	50
Hidrante 6"	126	1,80	70

La distribución de aspersores unido a los modelos seleccionados nos garantizan un coeficiente de uniformidad del 90 % o superior.

ANEJO Nº 8 ESTUDIO ALTERNATIVAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETO	3
3. ALTERNATIVAS A ESTUDIAR	4
4. DESARROLLO DE LAS ALTERNATIVAS A ESTUDIAR.....	6
4.1. ACTUACIÓN DE MODERNIZAR.....	6
4.2. RED DE RIEGO.MATERIALES	7
4.3. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN. -	8
4.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AL BOMBEO. -	8
4.5. TIPO DE CLASIFICACIÓN DE Balsa DE ALMACENAMIENTO PARA RIEGO. -.....	8
4.6. NECESIDAD DEL SISTEMA DE TELECONTROL EN LA RED DE RIEGO. -	9
4.7. APROVECHAMIENTO DE INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ZONA. -	9
4.8. SECTORIZACIÓN DE LA ACTUACIÓN. -	10
4.9. MEDIO AMBIENTE. -	10
5. COMBINACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS. -	11
6. VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS. -	11
6.1. REALIZAR LA ACTUACIÓN DE MODERNIZAR SI O NO.	11
6.2. RED DE RIEGO. MATERIALES.....	11
6.3. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN.	12
6.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA AL BOMBEO.....	30
.....	31
6.5. CLASIFICACIÓN DE Balsa DE ALMACENAMIENTO PARA RIEGO.....	32
6.6. NECESIDAD DEL SISTEMA DE TELECONTROL EN LA RED DE RIEGO	34
6.7. APROVECHAMIENTO DE INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ZONA.....	34
6.8. MEDIO AMBIENTE.....	35
7. RESULTADO FINAL DE VALORACIÓN. ALTERNATIVA SELECCIONADA	36
8. ALTERNATIVA SELECCIONADA PARA EJECUTAR. -	36

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ALTERNATIVAS A ESTUDIAR EN EL SECTOR G.-	6
TABLA 2. PONDERACIÓN ALTERNATIVA DE ACTUACIÓN. -	6
TABLA 3. COEFICIENTE DE EXPLOTACIÓN PARA LOS DISTINTOS MATERIALES.	7
TABLA 4. PONDERACIÓN ALTERNATIVA EN RED DE RIEGO. -	7
TABLA 5. PONDERACIÓN ALTERNATIVA EN SISTEMA DE EXPLOTACIÓN. -	8
TABLA 6. PONDERACIÓN ALTERNATIVA EN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AL BOMBEO. -	8
TABLA 7. PONDERACIÓN ALTERNATIVA EN TIPO DE BALSA (CLASIFICACIÓN). -	9
TABLA 8. PONDERACIÓN ALTERNATIVA EN SISTEMA DE TELECONTROL. -	9
TABLA 9. PONDERACIÓN ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE INSTALACIONES EXISTENTES. -	10
TABLA 10. PONDERACIÓN ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE INSTALACIONES EXISTENTES. -	10
TABLA 11. PONDERACIÓN ALTERNATIVA CONTRIBUCIÓN AL MEDIO AMBIENTE. -	10
TABLA 12. COEFICIENTE DE EXPLOTACIÓN PARA LOS DISTINTOS MATERIALES.	12
TABLA 13. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS EN MES DE JULIO. CROPWAT.....	17
TABLA 14.1. TABLA DEMANDA SEMANAL DE LA RED DE RIEGO.	18
TABLA 14.2. TABLA APORTACIONES A LA BALSA ELEVADA.	19
TABLA 14.3. TABLA BALANCE DE AGUA DE CONSUMIDO EN RED- BOMBEADO A BALSA.	19
TABLA 15. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS EN MES DE JULIO. CROPWAT.....	20
TABLA 16.1. TABLA DEMANDA SEMANAL DE LA RED DE RIEGO.	21
TABLA 16.2. TABLA APORTACIONES A LA BALSA ELEVADA.	21
TABLA 16.3. TABLA BALANCE DE AGUA DE CONSUMIDO EN RED- BOMBEADO A BALSA.	22
TABLA 17. NECESIDADES HÍDRICAS DE LOS CULTIVOS EN MES DE JULIO. CROPWAT.....	22
TABLA 18. BALANCE DEMANDA DE SERVICIO DE RIEGO Y APORTE DE BOMBEO A BALSA DE REGULACIÓN.	23
TABLA 19. CARACTERÍSTICA RED DE RIEGO SECTOR G.	36

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de modernización del Sector G actúa en los términos municipales de Santoyo, Fromista y Boadilla del Camino en la provincia de Palencia. La superficie afectada es de 2.842,67 ha.

Las parcelas afectadas por esta actuación pertenecen a la zona regable de la Comunidad de Regantes del Canal del Pisuerga, que ya tiene modernizadas 7.500 ha de las 12.818 ha de riego que domina. El agua se distribuye utilizando un canal de 69 km de longitud que nace en Herrera del Pisuerga (en la presa de San Andrés) y finaliza en Amusco.

Con respecto a las infraestructuras con las que cuenta esta Comunidad de Regantes son:

- Balsas:
 - De regulación: Lantadilla, Astudillo y Tamara de Campos
 - De almacenamiento: Melgar de Fernamental y Melgar de Yuso
- Estaciones de Bombeo
 - Bombeos directos a red desde canal: Sector E, Sector D, Sector C, Sector B y Sector F
 - Bombeos directos a red desde río Pisuerga: Sector A
 - Bombeos directos al canal desde río Pisuerga: Lantadilla
- Hidrantes y tomas en parcela
- Telecontrol

2. OBJETO

En este Anejo de Alternativas vamos a estudiar las posibles combinaciones en la zona a modernizar, de entre las cuales seleccionaremos aquella que nos dé mejor respuesta a las necesidades a cubrir con este proyecto siempre dentro del marco económico asignado al mismo.

Para valorar y analizar cada una de las alternativas estudiadas se han barajado como aspectos fundamentales los parámetros técnicos, los económicos (tanto desde el punto de vista de la inversión como de la explotación), así como los condicionantes de carácter medioambiental, considerados todos ellos con la misma importancia relativa en el proceso de toma de decisiones.

Los criterios más destacados a considerar son:

- Agrarios y económicos, con actuaciones dirigidas a modernizar la zona regable con el objetivo de maximizar la productividad
- Ambientales tratando que las actuaciones proyectadas no causen afecciones al medio con carácter irreversible.

- Sociales, con la finalidad de potenciar y cumplir con los objetivos del plan de desarrollo rural para estas comarcas, contribuyendo a la mejora de la calidad de vida, a hacer la agricultura más atractiva para los jóvenes y evitar el abandono del medio rural incrementando la actividad en el mismo

3. ALTERNATIVAS A ESTUDIAR

Este anejo contempla el estudio de alternativas, en el cual se analizan y comparan entre sí diversas alternativas con la finalidad de establecer la solución óptima considerando las premisas técnicas, económicas y medioambientales dentro de la vida útil contemplada.

Las alternativas propuestas para este estudio son las indicadas a continuación:

- a) **Alternativa 0**, no realizar la modernización del regadío de la zona afectada por este proyecto
- b) **Alternativa 1**, esta alternativa contempla la ejecución de la modernización del regadío en cuestión. Como puntos característicos de esta alternativa destacan la hipótesis conjunta de **bombeo desde el canal a balsa elevada** con clasificación **tipo B o C**, con distribución del agua mediante una **red de riego de PVC, HACC y/o Acero**. El reparto y control del recurso agua entre los regantes se realizará por la comunidad de regantes con apoyo de un sistema de telecontrol.

Resaltar que en el bombeo del Sub-Sector G1, complementará al ya existente del Sector F para bombear el caudal de diseño a la balsa a ejecutar (**reutilizar las infraestructuras del bombeo del Sector F**)

- c) **Alternativa 2**, esta alternativa contempla la ejecución de la modernización del regadío en cuestión. Como puntos característicos de esta alternativa destacan la hipótesis conjunta de **bombeo desde el canal a balsa elevada** con clasificación **tipo B o C**, con distribución del agua mediante una **red de riego de PVC, HACC y/o Acero**. El reparto y control del recurso agua entre los regantes se realizará por la comunidad de regantes con apoyo de un sistema de telecontrol.
- d) **Alternativa 3**, esta alternativa contempla la ejecución de la modernización del regadío en cuestión. Como puntos característicos de esta alternativa destacan la hipótesis conjunta de **bombeo desde el canal a balsa elevada** con clasificación **tipo A**, con distribución del agua mediante una **red de riego de PVC, HACC y/o Acero**. El reparto y control del recurso agua entre los regantes se realizará por la comunidad de regantes con apoyo de un sistema de telecontrol.

Resaltar que en el bombeo del Sub-Sector G1, complementará al ya existente del Sector F para bombear el caudal de diseño a la balsa a ejecutar.

- e) **Alternativa 4**, esta alternativa contempla la ejecución de la modernización del regadío en cuestión. Como puntos característicos de esta alternativa destacan la hipótesis conjunta de **bombeo desde el canal a balsa elevada** con clasificación **tipo A**, con distribución del agua mediante una **red de riego de PVC, HACC y/o Acero**. El reparto y control del recurso agua entre los regantes se realizará por la comunidad de regantes con apoyo de un sistema de telecontrol.
- f) **Alternativa 5**, esta alternativa contempla la ejecución de la modernización del regadío en cuestión. Como puntos característicos de esta alternativa destacan la hipótesis conjunta de **bombeo directo a red de riego**, con distribución del agua mediante una **red de riego de PVC, HACC y/o Acero**. El reparto y control del recurso agua entre los regantes se realizará por la comunidad de regantes con apoyo de un sistema de telecontrol.
- g) **Alternativa 6**, esta alternativa contempla la ejecución de la modernización del regadío en cuestión. Como puntos característicos de esta alternativa destacan la hipótesis conjunta de **bombeo directo a red de riego**, con distribución del agua mediante una **red de riego de PVC, Fundición, PRFV, acero y HACC**. El reparto y control del recurso agua entre los regantes se realizará por la comunidad de regantes con apoyo de un sistema de telecontrol.
- h) **Alternativa 7**, esta alternativa contempla la ejecución de la modernización del regadío en cuestión. Con respecto a las alternativas anteriores, en esta se analiza la posibilidad de realizar la actuación **CON DOS SUB-SECTORES DE RIEGO** (alternativas de 1 a 6) o en un **ÚNICO SECTOR**. En ella mantendremos la hipótesis conjunta de **bombeo desde el canal a balsa elevada** con clasificación **tipo B o C**, con distribución del agua mediante una **red de riego de PVC, HACC y/o Acero**. El reparto y control del recurso agua entre los regantes se realizará por la comunidad de regantes con apoyo de un sistema de telecontrol.

Tabla 1. Alternativas a estudiar en el Sector G.-

	Realizar la actuación	No realizar la actuación	
Actuación de Modernizar			
	Materiales a disposición: Todos	Materiales a disposición: Todos Excepto PRFV	
Red de Riego			
	Balsa Elevada	Bombeo Directo	
Sistema de Explotación			
	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Tipo de Balsa (clasificación)			
	Red Eléctrica	Red Eléctrica con apoyo de Bombeo Solar	Bombeo Solar
Sistema Alimentación Bombeo			
	Empleo de Estación SF	No Empleo de Estación SF	
Aprovechamiento instalaciones existentes			
	Sistema de telecontrol	No sistema de telecontrol	
Sistema de telecontrol			
	Dos Subsectores	Un único sector de riego	
Sectorización del servicio			

4. DESARROLLO DE LAS ALTERNATIVAS A ESTUDIAR

4.1. ACTUACIÓN DE MODERNIZAR

Dentro de las alternativas la primera a considerar es si realmente llevar a cabo la modernización del regadío en la zona que nos ocupa es viable tanto desde el punto de vista económico, social y medioambiental.

Tabla 2. Ponderación Alternativa de actuación. -

Actuación de modernizar	(1-10 puntos)
Fijación de actividad en zona rural	5
Optimización de uso del recurso agua	5

El regadío se considera un elemento vertebrador del medio rural en el que mejora su economía, fija población y crea puestos de trabajo directos e indirectos vinculados a la actividad. Estos son hechos constatados del análisis de zonas que ya han llevado a cabo la modernización del regadío.

Modernizar regadíos es sinónimo de agricultura competitiva. Dos son las razones que avalan este argumento: mayor sostenibilidad y menor impacto ambiental.

Se estima que con la modernización de los regadíos se puede ahorrar en el uso medio de este recurso entre un 20 y 25 por ciento. Así, aumenta la rentabilidad y productividad de las explotaciones

agrarias, ya que los costes para el riego con presión se reducen en las zonas modernizadas un 35 por ciento respecto a las zonas sin modernizar, según se desprende en la Memoria de Sostenibilidad e Informe Anual de SEIASA (Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias) en colaboración con Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Dado el estado de la red de acequias en la zona de afección del proyecto el no realizar la actuación supondría la desaparición del regadío en la misma.

4.2. RED DE RIEGO.MATERIALES

Después de la experiencia en obras de modernización ejecutadas en nuestro territorio con los distintos materiales de tuberías en redes de riego y lo sucedido con alguno de ellos durante la explotación en las comunidades de regantes se ha decidido crear un coeficiente de explotación (k_{cex}) basado en las roturas registradas con respecto a los kilómetros instalados de dicho material.

Tabla 3. Coeficiente de Explotación para los distintos materiales.

Material	k_{cex}
PRFV	1,249
PEAD	1,132
PVC	1,029
FUNDICIÓN	1,00
HORMIGÓN CAMISA DE CHAPA	1,00
PVC-O	1,00
Acero	1,00

Desde el punto de vista de explotación, en cuanto a materiales de las tuberías se refiere, tendremos en cuenta:

- Vida útil del material
- Coeficiente de explotación
- Requerimiento de instalación

Considerando y aplicando los tres aspectos, arriba indicados, para el dimensionamiento de la red se considerarán todos los materiales.

El criterio de ponderación será:

Tabla 4. Ponderación alternativa en red de riego. -

Red de Riego	(1-10 puntos)
Valoración Económica	5
Valoración desde punto de vista de Explotación	5

4.3. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN. -

Con este punto se analiza cuál de las dos situaciones, si la balsa elevada o el bombeo directo, es la que permite conseguir un equilibrio entre coste económico de ejecución, mayor garantía de servicio de riego y una mayor calidad de vida al agricultor.

Además, en la red de alimentación desde la estación hasta la balsa de almacenamiento, se estudiará la posibilidad de doble tubería.

El criterio de ponderación será:

Tabla 5. Ponderación alternativa en sistema de explotación. -

Sistema de Explotación	(1-10 puntos)
Valoración Económica	4
Valoración desde punto de vista de Explotación	3
Valoración desde punto de vista del Servicio y calidad de vida al agricultor	3

4.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AL BOMBEO. -

Al igual que la alternativa anterior se persigue obtener en este punto, cuál de las tres posibles alternativas, enumeradas a continuación es la que aglutina la mejor puntuación en el conjunto económico, explotación y garantía del servicio unido a la calidad de vida del regante.

- Estación de Bombeo con alimentación de red eléctrica
- Estación de Bombeo con alimentación de energía solar
- Estación de Bombeo con alimentación de red eléctrica y/o parque fotovoltaico

El criterio de ponderación será:

Tabla 6. Ponderación alternativa en sistema de alimentación al bombeo. -

Sistema de Alimentación al Bombeo	(1-10 puntos)
Valoración Económica	3
Valoración desde punto de vista de Explotación	5
Valoración desde punto de vista del Servicio y calidad de vida al agricultor	2

4.5. TIPO DE CLASIFICACIÓN DE Balsa de Almacenamiento para Riego. -

En este proyecto las balsas, bien de almacenamiento y/o regulación en función de si sale como alternativa el bombeo directo o balsa elevada, se estudiarán desde dos puntos de vista:

- Volumen necesario para poder garantizar el servicio de riego y cierta autonomía en caso de que falle el suministro durante ciertas horas, siempre y cuando este dentro

del rango económico del proyecto. Además se considerará el condicionante de nivel de lámina de agua del canal, dado que estará condicionado tanto por los sectores que toman aguas arriba como el agua que se debe dejar pasar para los que se encuentran aguas debajo de este punto.

- Tipo de balsa, dada la complicación de la explotación de estas en clasificaciones tipo A, B y tipo C

El criterio de ponderación será:

Tabla 7. Ponderación alternativa en Tipo de Balsa (clasificación). -

Tipo de Balsa (clasificación)	(1-10 puntos)
Coste de Ejecución	5
Coste de Explotación	5

4.6. NECESIDAD DEL SISTEMA DE TELECONTROL EN LA RED DE RIEGO. -

Las redes de riego que tienen, como punto inicial su conexión con el colector de impulsión de la estación de bombeo y su punto final en los hidrantes que dan servicio a las distintas parcelas a través de las tomas de riego pueden estar o no gestionadas con equipos de telecontrol.

Este punto, se analizará considerando el aspecto económico, pero sobre todo, tal y como se refleja en la puntuación, la opción que nos permita tener un mayor control de la red de riego lo que conlleva, no solo a una mejor gestión del recurso agua, sino también una optimización energética.

Este punto es considerado de vital importancia para la gestión a realizar por la comunidad de regantes, sobre todo en años donde el recurso a repartir es inferior al habitual, dado que esta información de volumen consumido y volumen disponible permite que el agricultor pueda tomar las decisiones o estrategias empresariales dentro de su explotación que más le interesen.

El criterio de ponderación será:

Tabla 8. Ponderación alternativa en Sistema de Telecontrol. -

Sistema de telecontrol	(1-10 puntos)
Valoración Económica	2
Capacidad de Gestión y control de la Red	8

4.7. APROVECHAMIENTO DE INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ZONA. -

Este apartado surge con carácter muy particular dado que la Fase I de este proyecto tomará el agua en el mismo punto donde se ubica la estación de Bombeo del Sector F, actuación ejecutada en el año 2015.

Se analizarán tres aspectos:

- Posibilidad de regar la zona de regadío del Sector F desde la balsa elevada (en caso de que sea la opción elegida)
- Posibilidad de reutilizar los equipos de bombeo de la estación existente para elevar el agua a dicha balsa
- Si las opciones anteriores son más económicas que construir una estación en paralelo a esta

El criterio de ponderación será:

Tabla 9. Ponderación alternativa de aprovechamiento de instalaciones existentes. -

Aprovechamiento instalaciones existentes	(1-10 puntos)
Valoración Económica	7
Valoración desde punto de vista de Explotación	3

4.8. SECTORIZACIÓN DE LA ACTUACIÓN. -

En este punto se estudiará la posibilidad de sectorizar o no la actuación. Consideraremos la calidad del servicio y el análisis desde el punto de vista económico como principales parámetros determinantes.

El criterio de ponderación será:

Tabla 10. Ponderación alternativa de aprovechamiento de instalaciones existentes. -

Aprovechamiento instalaciones existentes	(1-10 puntos)
Valoración Económica	7
Valoración desde punto de vista de Explotación	3

4.9. MEDIO AMBIENTE. -

Con esta propuesta se intenta tener en consideración si la actuación a llevar a cabo en esta zona, que ya es de regadío, contribuye a un mantenimiento y mejora del medio ambiente tanto, en cuanto flora como fauna se refiere.

El criterio de ponderación será:

Tabla 11. Ponderación alternativa contribución al medio ambiente. -

Medio Ambiente	(1-10 puntos)
Mantenimiento y Conservación del medio	5
Mejora y adaptación al cambio climático	5

5. COMBINACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS. -

La combinación de alternativas se desarrolla en este documento.

6. VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS. –

En este punto vamos a valorar cada una de las alternativas propuestas para su estudio en este documento.

6.1. REALIZAR LA ACTUACIÓN DE MODERNIZAR SI O NO.

Dentro de las alternativas la primera a considerar es si realmente llevar a cabo la modernización del regadío en la zona que nos ocupa es viable tanto desde el punto de vista económico, social y medioambiental.

El regadío se considera un elemento vertebrador del medio rural en el que mejora su economía, fija población y crea puestos de trabajo directos e indirectos vinculados a la actividad. Estos son hechos constatados del análisis de zonas que ya han llevado a cabo la modernización del regadío.

Modernizar regadíos es sinónimo de agricultura competitiva. Dos son las razones que avalan este argumento: mayor sostenibilidad y menor impacto ambiental.

Se estima que con la modernización de los regadíos se puede ahorrar en el uso medio de este recurso entre un 20 y 25 por ciento. Así, aumenta la rentabilidad y productividad de las explotaciones agrarias, ya que los costes para el riesgo con presión se reducen en las zonas modernizadas un 35 por ciento respecto a las zonas sin modernizar, según se desprende en la Memoria de Sostenibilidad e Informe Anual de SEIASA (Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias) en colaboración con Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Dado el estado de la red de acequias en la zona de afección del proyecto el no realizar la actuación supondría la desaparición del regadío en la misma.

6.2. RED DE RIEGO. MATERIALES.

Para todas las alternativas de sectorización el trazado de la red, tanto en el Sub-Sector G1 como G2, es el mismo.

Con la experiencia en obras de modernización ejecutadas en nuestro territorio con los distintos materiales de tuberías en redes de riego se ha decidido crear un coeficiente de explotación (k_{cex}), recopilando información de las distintas comunidades de regantes modernizadas de la cuenca del Duero.

Tabla 12. Coeficiente de Explotación para los distintos materiales.

Material	k_{cex}
PRFV	1,249
PEAD	1,132
PVC	1,029
FUNDICIÓN	1,00
HORMIGÓN CAMISA DE CHAPA	1,00
PVC-O	1,00
Acero	1,00

Desde el punto de vista de explotación en cuanto a materiales de las tuberías se refiere tendremos en cuenta:

- Vida útil del material
- Coeficiente de explotación
- Requerimiento de instalación

Considerando y aplicando los tres aspectos arriba indicados para el dimensionamiento de la red se considerarán todos los materiales.

La red será calculada con el programa de cálculo SIGOPRAM y de los resultados obtenidos podremos determinar cuáles han sido los materiales seleccionados. Resaltar que, tanto el coeficiente de explotación como los precios de cada tubería, se han asignado a la tabla de la base de datos de calculo que considera este software.

6.3. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN.

En este punto se analiza cuál de las dos situaciones, si la balsa elevada o el bombeo directo, es la que permite conseguir un equilibrio entre coste económico de ejecución, mayor garantía de servicio de riego y una mayor calidad de vida al agricultor.

Y ligado a la opción de balsa elevada, se analiza la posibilidad de instalar dos tuberías ubicadas entre la estación de bombeo y la balsa de almacenamiento, donde una sería utilizada como tubería de abastecimiento estación de bombeo- balsa de almacenamiento y la otra para dar servicio a la red de riego. Para poder utilizar una u otra en caso de avería, se estudiará y diseñará conexión by-pass entre ambas.

Analizada la forma de funcionamiento de esta comunidad de regantes y considerado como válido el esquema de funcionamiento de la distribución de agua a lo largo de la zona dominada por el Canal del Pisuerga (Esquema nº 1, de este documento), es necesaria la consideración de balsas

elevadas, tanto en la opción de dos Sub-Sectores como de un único subsector, que acoge este proyecto para poder tener la garantía de suministro en la zona a modernizar.

Las balsas de almacenamiento en este proyecto son un elemento clave de garantía para el servicio de riego de esta zona regable.

Al tratarse de una comunidad de regantes que distribuye el agua desde un canal de riego con una longitud aproximada de 69 km la construcción de balsas elevadas le aporta el “pulmón de reserva” necesario en aquellos momentos críticos de demanda de servicio de riego máxima.

OPCIÓN DOS SUB-SECTORES

En el **Sub-Sector G1** se construirá una balsa ubicada en las parcelas 2,3 y 4 del polígono 14 del término municipal de Santoyo (Palencia) que se corresponde con las coordenadas UTM ETRS 89 H30 X = 387.490,92; Y = 4.672.771,79.

Está tendrá una capacidad de **300.000 m³** de necesarios para cubrir las demandas del sistema, tal y como se indica en la tabla 14.3, pues hay que considerar las dotaciones necesarias para los cultivos y las oscilaciones de suministro que pueden darse en este punto del canal.



Imagen 1. Esquema posible ubicación Balsa de riego Sub-Sector G1

De la misma forma, el **Sub-Sector de riego G2** se proyectará una balsa ubicada en las parcelas 13 26 y/o 31 del polígono 10 del término municipal de Melgar de Yuso (Palencia) que se corresponde con

las coordenadas en punto de coordenadas UTM ETRS 89 H30 X = 394.681,52; Y = 4.676.984,12 con 230.000 m³.

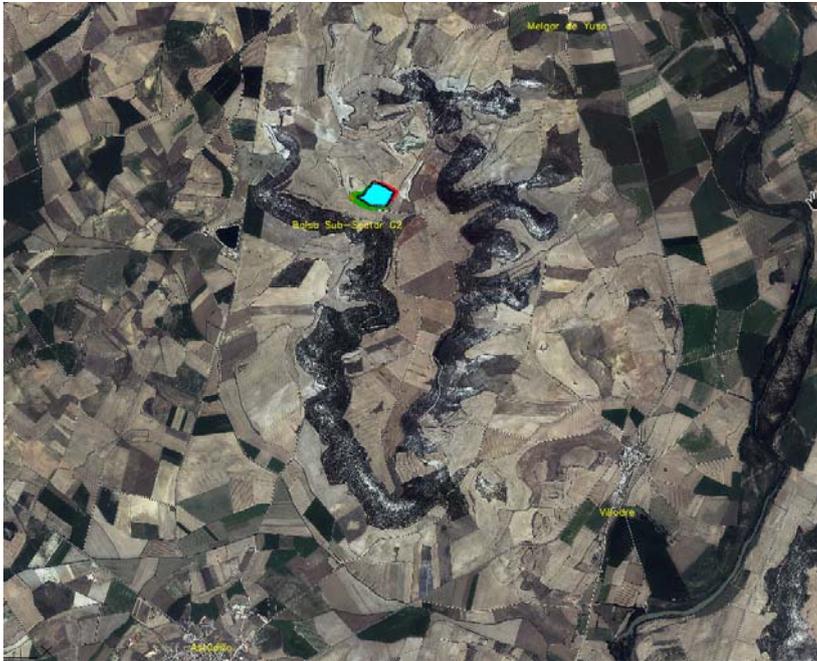


Imagen 2.
Esquema posible ubicación Balsa de Riego Sub-Sector 2

OPCIÓN UN ÚNICO SECTOR DE RIEGO

En la opción de un único sector de riego, se proyectará una balsa de almacenamiento ubicada en las parcelas 12, 22, 23, 24, 25 y 26 del polígono 10 del término municipal de Melgar de Yuso (Palencia) que se corresponde con las coordenadas en punto de coordenadas UTM ETRS 89 H30 X = 394.601,04; Y = 4.676.935,18 con 326.000 m³.

Además, se proyectará una balsa de regulación para garantizar el nivel de lámina de agua en las



bombas. Esta se ubicará en las parcelas 41, 42 y 43 del polígono 11 del término municipal de Melgar de Yuso (Palencia) que se corresponde con las coordenadas X= 393.505,86; Y= 4.676.884,63 con 42.000 m³.

Imagen 3.
Esquema posible ubicación Balsa de Regulación y Balsa de Almacenamiento

El posicionamiento de la toma de agua, la estación de bombeo y demás infraestructuras en caso de realizar un único sector esta condicionada por la sección del canal y por lo tanto por su capacidad de suministro.

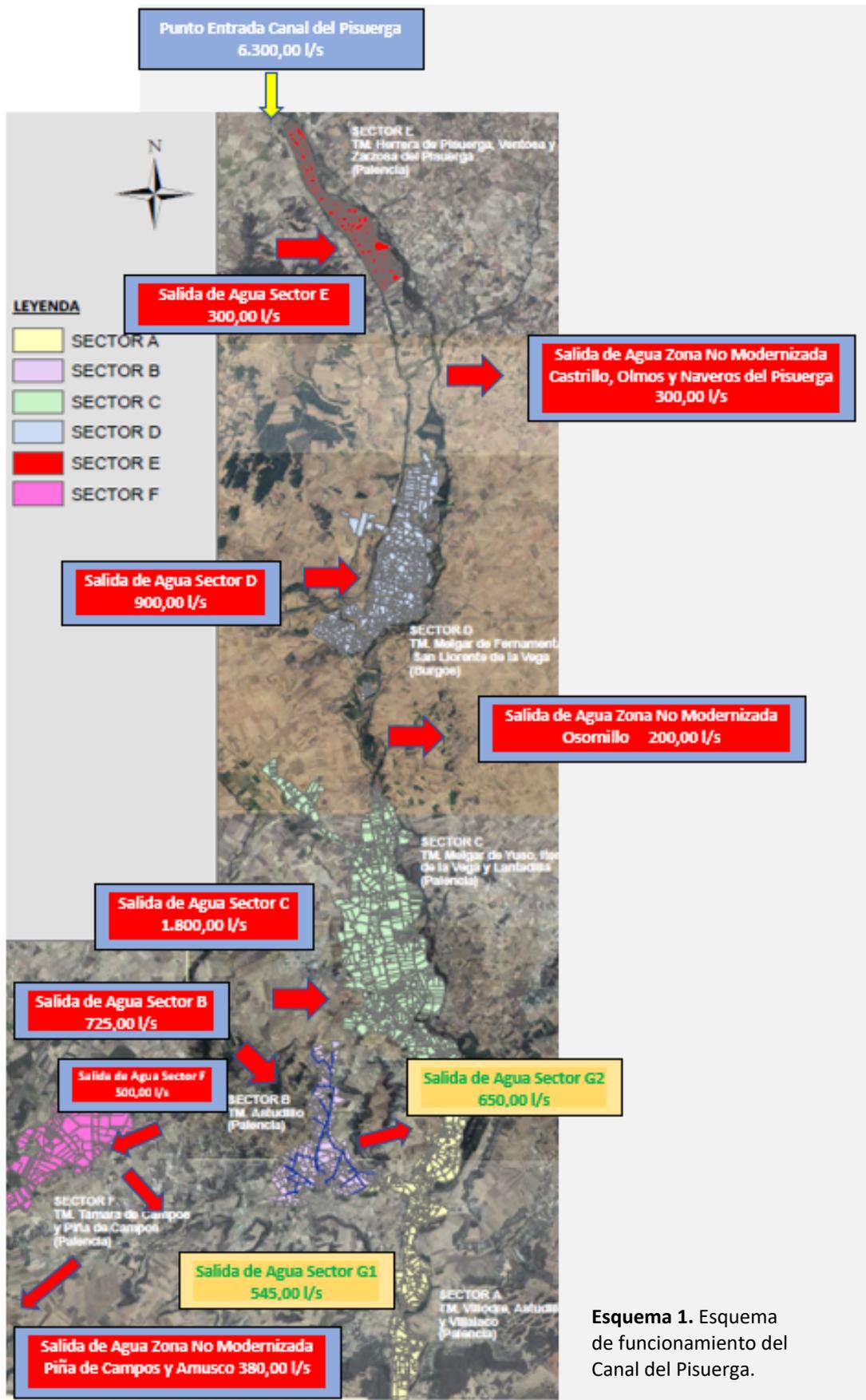
Para entender el porqué de estos volúmenes de agua analizaremos tres aspectos:

1. Esquema de funcionamiento del Canal del Pisuerga
2. Análisis de la demanda de los cultivos
3. Capacidad de bombeo de agua canal- balsa optimizando el uso de energías limpias (solar)

En cuanto al esquema de funcionamiento, resaltar que la capacidad máxima de transporte del canal del Pisuerga en su tramo inicial es de 6.300 l/s, caudal en ciertos momentos de la campaña de riego insuficiente para satisfacer las demandas.

Tal y como se ha comentado en el inicio de este documento, en esta comunidad de regantes coexisten zonas modernizadas de riego (Imagen 1) y no modernizadas.

En el siguiente esquema del canal, se explica cómo se va distribuyendo el agua a lo largo del recorrido de dicho canal. Hay que indicar que el Sector A no se le asigna consumo desde el canal dado que toma directamente del río Pisuerga.



Esquema 1. Esquema de funcionamiento del Canal del Pisuerga.

Una vez analizada la distribución de agua a largo de los 69 km de canal, y continuando con el punto 2, necesidades de los cultivos indicar que se han calculado empleando el software CROPWAT.

OPCIÓN DOS SUB-SECTORES

De este extraemos que el mes de **máxima demanda es Julio con un caudal de 0,725 l/s.ha**. Si analizamos la rotación propuesta y consideramos los cultivos activos en el mes de julio (Tabla 13) obtenemos que para satisfacer las necesidades de estos requerimos tener disponibles **645,21 l/s**.

Tabla 13. Necesidades hídricas de los cultivos en mes de julio. CROPWAT.

	Cultivo	%	Superficie total (ha)	Superficie por Cultivo (ha)	Superficie activa julio (ha)
Sub-Sector G1	Alfalfa	44	1047	460,68	460,68
	Cebada	7	1047	73,29	0,00
	Trigo	8	1047	83,76	0,00
	Girasol	8	1047	83,76	83,76
	Maíz	12	1047	125,64	125,64
	Patata	1	1047	10,47	10,47
	Remolacha	10	1047	104,7	104,7
	Soja	10	1047	104,7	104,7
					889,95

Y para finalizar, si tenemos la capacidad de agua aportada por el canal en el punto de la estación de bombeo de este Sub-Sector (545,00 l/s), tenemos el volumen de agua de riego requerida para satisfacer la demanda de los cultivos implantados, se puede obtener el balance del agua que se necesita tener almacenada en la balsa para dar el servicio de riego en los 6 días de la semana considerados.

Tabla 14.1. Tabla Demanda Semanal de la Red de Riego.

Demanda de la Red de Riego						
					Columna 5 x Columna 6 = Colum. 7	
1	2	3	4	5	6	7
	Zona de Proyecto Sector G Sub-Sector G1	Sector Modernizado Sector F	Total demanda (l/s)	Horas de riego	Volumen diario (m ³)	Volumen a Red (m ³)
Lunes	645,00	586,67	1231,67	16	70944,19	70944,19
Martes	645,00	586,67	1231,67	24	106416,29	177360,48
Miércoles	645,00	586,67	1231,67	24	106416,29	283776,77
Jueves	645,00	586,67	1231,67	24	106416,29	390193,06
Viernes	645,00	586,67	1231,67	24	106416,29	496609,34
Sábado	645,00	586,67	1231,67	8	35472,10	532081,44
Domingo	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00

Para este análisis, se presenta la Tabla 14.3, *Balance de capacidad de balsa entre posibilidad de bombeo y demanda de la red*, que se compone de:

- La primera columna los siete días de la semana
- La segunda y tercera columna la demanda del sector F (ya ejecutado en 2015) y el Sub-Sector G1. Ambos puntos coinciden en la misma ubicación y en esta actuación se proyecta reutilizar la estación de bombeo del Sector F, para que junto con una nueva bombeen agua a la balsa elevada y ambas zonas regable puedan regar desde la balsa elevada en cuestión, haciendo una gestión más eficiente
- La cuarta columna, es la suma de la demanda de las dos zonas
- La quinta columna, son las horas de riego en las que se da servicio planteando seguir con el sistema de funcionamiento de esta comunidad de regantes que inician este desde el lunes a las 8:00 h hasta el sábado a las 8:00 horas
- La sexta columna es el volumen de agua diariamente consumido
- La séptima columna, es el volumen acumulado desde el lunes (se va sumando el valor anterior)

Tabla 14.2. Tabla Aportaciones a la Balsa Elevada.

Bombeo de Canal a Balsa					
13	12	11	10	9	
Columna 13 + Colum. 12 = Columna 11			Colum. 11 * Colum 10 = Colum. 9		
Caudal disponible canal SF(l/s)	Caudal disponible canal Sub-Sector G1(l/s)	Volumen diario (l/s)	Horas Bombeo Balsa	Volumen Aportado Diario (m ³)	
Lunes	500	545	1045	14	52668
Martes	500	545	1045	14	52668
Miércoles	500	545	1045	12	45144
Jueves	500	545	1045	12	45144
Viernes	500	545	1045	12	45144
Sábado	800	800	1600	24	138240
Domingo	780	1000	1780	24	153792

- La doceava y treceava columna, son los caudales capaces de bombear por las estaciones de bombeo, existente y proyectada a la balsa
- La onceava, es el caudal diario bombeado
- La décima columna son las horas de funcionamiento de estas estaciones de bombeo, considerando que se priorizara la alimentación con energía solar desde lunes a viernes, y que los fines de semana se regará durante las 24 horas mayor cantidad de agua dado que se para también el riego en las zonas aguas arriba de este punto
- La novena columna indica el volumen bombeado a la balsa

Tabla 14.3. Tabla Balance de agua de Consumo en Red- Bombeado a balsa.

	Volumen a Red (m ³)	Volumen Aportado Diario (m ³)	Balance
Lunes	70944,19	52668	300000
Martes	177360,48	52668	281723,81
Miércoles	283776,77	45144	227975,52
Jueves	390193,06	45144	166703,23
Viernes	496609,34	45144	105430,94
Sábado	532081,44	138240	44158,66
Domingo	0	153792	146926,56
			300718,56

En esta tabla en la columna balance, se parte de considerar la capacidad de la balsa en 300.000 m³, y operar con el volumen que demanda la red en ese día, (por tanto un caudal que se extrae) y el volumen que estamos aportando que se obtiene del canal ese día y se bombea a la balsa.

- Para el lunes el balance sería:

$$300.000+52.668-70.944,19=281.723,81 \text{ m}^3$$

- Para el martes el balance sería:

$$300.000+52.668+52.668-177360,48=227.975,52 \text{ m}^3$$

- Para el miércoles el balance sería:

$$300.000+52.668+52.668+45.144-283.776,77=166.703,23 \text{ m}^3$$

Y así para el resto de los días de la semana.

Por tanto, la cifra que se estimó de **300.000 m³** de capacidad de la balsa, se aproxima a la cifra resultante de los aportes y extracciones durante la semana de riego

De la misma forma que hemos expuesto los datos anteriores lo haremos para el Sub-Sector G2.

Las necesidades de los cultivos también se han calculado empleando el software CROPWAT y el mes de máxima demanda es Julio con un caudal de **0,725 l/s.ha.**

Si analizamos la rotación de cultivos propuesta y consideramos los activos en este mes (Tabla 15. "Necesidades hídricas de los cultivos en mes de julio. CROPWAT") se obtiene que para satisfacer las necesidades de éstos, se requiere tener disponibles **1064,50 l/s.**

Tabla 15. Necesidades hídricas de los cultivos en mes de julio. CROPWAT.

	Cultivo	%	Superficie total (ha)	Superficie por Cultivo (ha)	Superficie activa julio (ha)
Sub-Sector G2	Alfalfa	44	1727,34	760,0296	760,0296
	Cebada	7	1727,34	120,9138	
	Trigo	8	1727,34	138,1872	
	Girasol	8	1727,34	138,1872	138,1872
	Maíz	12	1727,34	207,2808	207,2808
	Patata	1	1727,34	17,2734	17,2734
	Remolacha	10	1727,34	172,734	172,734
	Soja	10	1727,34	172,734	172,734
					1468,239

Igualmente, tal y como se ha analizado para el Sub-Sector G1, se hace el mismo estudio para el Sub-Sector G2, si se tiene la capacidad de agua aportada por el canal en el punto de la estación de bombeo de este Sub-Sector 690,00 l/s, y se tiene el volumen de agua de riego requerida para satisfacer la demanda de los cultivos implantados, se puede obtener el balance del agua que se necesitaría tener almacenada en la balsa de riego para poder dar el servicio de riego en los 6 días de la semana considerados.

Tabla 16.1. Tabla Demanda Semanal de la Red de Riego.

Demanda de la Red de Riego					
1	2	3	4	5	6
			Colum. 4 x Colum. 5 = Colum. 6		
	Zona de Proyecto Sector G Sub-Sector G2	Total demanda (l/s)	Horas de riego	Volumen diario (m ³)	Volumen a Red (m ³)
Lunes	1064,47	1064,47	16	61313,66	61313,6606
Martes	1064,47	1064,47	24	91970,49	153284,152
Miércoles	1064,47	1064,47	24	91970,49	245254,643
Jueves	1064,47	1064,47	24	91970,49	337225,134
Viernes	1064,47	1064,47	24	91970,49	429195,624
Sábado	1064,47	1064,47	8	30656,83	459852,455
Domingo	0	0	0	0	0

Tabla 16.2. Tabla Aportaciones a la Balsa Elevada.

Bombeo de Canal a Balsa				
	12	11	10	9
		Colum. 11 x Colum. 10 = Colum. 9		
	Caudal disponible canal Sub-Sector G2 (l/s)	Volumen diario (l/s)	Horas Bombeo Balsa	Volumen Aportado Diario (m ³)
Lunes	690	690	18	44712
Martes	690	690	18	44712
Miércoles	690	690	18	44712
Jueves	690	690	18	44712
Viernes	690	690	18	44712
Sábado	1200	1200	24	103680
Domingo	1540	1540	24	133056

Tabla 16.3. Tabla Balance de agua de Consumido en Red- Bombeado a balsa.

	Volumen a Red (m ³)	Volumen Aportado Diario (m ³)	Balance
Lunes	61313,6606	44712	230000
Martes	153284,152	44712	213398,34
Miércoles	245254,643	44712	166139,85
Jueves	337225,134	44712	118881,36
Viernes	429195,624	44712	71622,87
Sábado	459852,455	103680	24364,38
Domingo	0,00	133056	97387,55
			230443,55

En esta tabla en la columna Balance se puede verificar que para tener garantía de suministro necesitamos un volumen de **230.000 m³**.

OPCIÓN UN ÚNICO SECTOR DE RIEGO

Tal y como hemos expuesto en los puntos anteriores, de las necesidades de los cultivos extraemos que el mes de **máxima demanda es Julio con un caudal de 0,725 l/s.ha**. Si analizamos la rotación propuesta y consideramos los cultivos activos en el mes de julio (Tabla 17) obtenemos que para satisfacer las necesidades de estos requerimos tener disponibles **1.586,92 l/s**.

Tabla 17. Necesidades hídricas de los cultivos en mes de julio. CROPWAT.

	Cultivo	%	Superficie total (ha)	Superficie por Cultivo (ha)	Superficie activa julio (ha)
SECTOR G	Alfalfa	30	2.842,67	852,801	852,80
	Cebada	8	2.842,67	227,4136	0,00
	Trigo	15	2.842,67	426,4005	0,00
	Girasol	9	2.842,67	255,8403	255,84
	Maíz	18	2.842,67	511,6806	511,68
	Patata	5	2.842,67	142,1335	142,13
	Remolacha	10	2.842,67	284,267	284,27
	Soja	5	2.842,67	142,1335	142,13
					2.188,86

De la misma forma que en la opción de sub-sectores, se hace el estudio de cuál debe ser la capacidad de la balsa de almacenamiento para garantizar el servicio de riego.

En este análisis se tienen en consideración tres puntos:

- La capacidad de agua aportada por el canal en el punto de la toma de este sector (1.110 l/s)
- El volumen de agua de riego requerida para satisfacer la demanda de los cultivos implantados
- La producción de energía solar, propiedad de la comunidad de regantes, con el objetivo de minimizar al máximo los gastos de consumo de energía eléctrica de la red.

Tabla 18. Balance demanda de servicio de riego y aporte de bombeo a balsa de regulación.

Capacidad de Balsa (m ³)		Parque Solar de 4,4 MW			
326.000,00		Agua Almacenada en Balsa	Demanda de la Red de Riego	Demanda de la Red de Riego	Agua Bombeada Balsa Almacenamiento
HORA	m ³	l/s	m ³ /h	m ³	
DÍA 1	0	324.247,09	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	1	322.494,18	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	2	320.741,26	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	3	318.988,35	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	4	317.235,44	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	5	315.482,53	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	6	313.729,62	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	7	309.330,70	1.586,92	5.712,91	1.314,00
	8	307.577,79	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	9	305.824,88	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	10	304.071,97	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	11	302.319,06	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	12	300.566,14	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	13	298.813,23	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	14	297.060,32	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	15	295.307,41	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	16	293.554,50	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	17	291.801,58	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	18	290.048,67	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	19	288.295,76	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	20	286.542,85	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	21	283.159,14	1.586,92	5.712,91	2.329,20
	22	281.406,22	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	23	279.653,31	1.586,92	5.712,91	3.960,00

Capacidad de Balsa (m³)
326.000,00

Parque Solar de 4,4 MW

DÍA 2

HORA	Agua Almacenada en Balsa m ³	Demanda de la Red de Riego l/s	Demanda de la Red de Riego m ³ /h	Agua Bombeada Balsa Almacenamiento m ³
0	279.653,31	1.586,92	5.712,91	3.960,00
1	277.900,40	1.586,92	5.712,91	3.960,00
2	276.147,49	1.586,92	5.712,91	3.960,00
3	274.394,58	1.586,92	5.712,91	3.960,00
4	272.641,66	1.586,92	5.712,91	3.960,00
5	270.888,75	1.586,92	5.712,91	3.960,00
6	269.135,84	1.586,92	5.712,91	3.960,00
7	264.736,93	1.586,92	5.712,91	1.314,00
8	262.984,02	1.586,92	5.712,91	3.960,00
9	261.231,10	1.586,92	5.712,91	3.960,00
10	259.478,19	1.586,92	5.712,91	3.960,00
11	257.725,28	1.586,92	5.712,91	3.960,00
12	255.972,37	1.586,92	5.712,91	3.960,00
13	254.219,46	1.586,92	5.712,91	3.960,00
14	252.466,54	1.586,92	5.712,91	3.960,00
15	250.713,63	1.586,92	5.712,91	3.960,00
16	248.960,72	1.586,92	5.712,91	3.960,00
17	247.207,81	1.586,92	5.712,91	3.960,00
18	245.454,90	1.586,92	5.712,91	3.960,00
19	243.701,98	1.586,92	5.712,91	3.960,00
20	241.949,07	1.586,92	5.712,91	3.960,00
21	238.565,36	1.586,92	5.712,91	2.329,20
22	236.812,45	1.586,92	5.712,91	3.960,00
23	235.059,54	1.586,92	5.712,91	3.960,00

Capacidad de Balsa (m ³)		Parque Solar de 4,4 MW			
326.000,00		Agua Almacenada en Balsa	Demanda de la Red de Riego	Demanda de la Red de Riego	Agua Bombeada Balsa Almacenamiento
HORA	m ³	l/s	m ³ /h	m ³	
0	235.059,54	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
1	233.306,62	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
2	231.553,71	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
3	229.800,80	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
4	228.047,89	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
5	226.294,98	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
6	224.542,06	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
7	220.143,15	1.586,92	5.712,91	1.314,00	
8	218.390,24	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
9	216.637,33	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
10	214.884,42	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
11	213.131,50	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
12	211.378,59	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
13	209.625,68	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
14	207.872,77	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
15	206.119,86	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
16	204.366,94	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
17	202.614,03	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
18	200.861,12	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
19	199.108,21	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
20	197.355,30	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
21	193.971,58	1.586,92	5.712,91	2.329,20	
22	192.218,67	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
23	190.465,76	1.586,92	5.712,91	3.960,00	

DÍA 3

Capacidad de Balsa (m ³)		Parque Solar de 4,4 MW			
326.000,00		Agua Almacenada en Balsa	Demanda de la Red de Riego	Demanda de la Red de Riego	Agua Bombeada Balsa Almacenamiento
HORA	m ³	l/s	m ³ /h	m ³	
0	190.465,76	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
1	188.712,85	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
2	186.959,94	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
3	185.207,02	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
4	183.454,11	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
5	181.701,20	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
6	179.948,29	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
7	175.549,38	1.586,92	5.712,91	1.314,00	
8	173.796,46	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
9	172.043,55	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
10	170.290,64	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
11	168.537,73	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
12	166.784,82	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
13	165.031,90	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
14	163.278,99	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
15	161.526,08	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
16	159.773,17	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
17	158.020,26	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
18	156.267,34	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
19	154.514,43	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
20	152.761,52	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
21	149.377,81	1.586,92	5.712,91	2.329,20	
22	147.624,90	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
23	145.871,98	1.586,92	5.712,91	3.960,00	

DÍA 4

Capacidad de Balsa (m ³)		Parque Solar de 4,4 MW			
326.000,00		Agua Almacenada en Balsa	Demanda de la Red de Riego	Demanda de la Red de Riego	Agua Bombeada Balsa Almacenamiento
HORA	m ³	l/s	m ³ /h	m ³	
DÍA 5	0	145.871,98	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	1	144.119,07	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	2	142.366,16	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	3	140.613,25	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	4	138.860,34	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	5	137.107,42	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	6	135.354,51	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	7	130.955,60	1.586,92	5.712,91	1.314,00
	8	129.202,69	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	9	127.449,78	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	10	125.696,86	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	11	123.943,95	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	12	122.191,04	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	13	120.438,13	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	14	118.685,22	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	15	116.932,30	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	16	115.179,39	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	17	113.426,48	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	18	111.673,57	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	19	109.920,66	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	20	108.167,74	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	21	104.784,03	1.586,92	5.712,91	2.329,20
	22	103.031,12	1.586,92	5.712,91	3.960,00
	23	101.278,21	1.586,92	5.712,91	3.960,00

Capacidad de Balsa (m ³)		Parque Solar de 4,4 MW			
326.000,00		Agua Almacenada en Balsa	Demanda de la Red de Riego	Demanda de la Red de Riego	Agua Bombeada Balsa Almacenamiento
HORA	m ³	l/s	m ³ /h	m ³	
0	101.278,21	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
1	99.525,30	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
2	97.772,38	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
3	96.019,47	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
4	94.266,56	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
5	92.513,65	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
6	90.760,74	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
7	86.361,82	1.586,92	5.712,91	1.314,00	
8	84.608,91	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
9	82.856,00	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
10	81.103,09	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
11	79.350,18	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
12	77.597,26	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
13	75.844,35	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
14	74.091,44	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
15	72.338,53	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
16	70.585,62	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
17	68.832,70	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
18	67.079,79	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
19	65.326,88	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
20	63.573,97	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
21	60.190,26	1.586,92	5.712,91	2.329,20	
22	58.437,34	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
23	56.684,43	1.586,92	5.712,91	3.960,00	

DÍA 6

Capacidad de Balsa (m ³)		Parque Solar de 4,4 MW			
326.000,00		Agua Almacenada en Balsa	Demanda de la Red de Riego	Demanda de la Red de Riego	Agua Bombeada Balsa Almacenamiento
HORA	m ³	l/s	m ³ /h	m ³	
0	56.684,43	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
1	54.931,52	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
2	53.178,61	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
3	51.425,70	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
4	49.672,78	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
5	47.919,87	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
6	46.166,96	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
7	41.768,05	1.586,92	5.712,91	1.314,00	
8	40.015,14	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
9	38.262,22	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
10	36.509,31	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
11	34.756,40	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
12	33.003,49	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
13	31.250,58	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
14	29.497,66	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
15	27.744,75	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
16	25.991,84	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
17	24.238,93	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
18	22.486,02	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
19	20.733,10	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
20	18.980,19	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
21	15.596,48	1.586,92	5.712,91	2.329,20	
22	13.843,57	1.586,92	5.712,91	3.960,00	
23	12.090,66	1.586,92	5.712,91	3.960,00	

En esta tabla se puede confirmar que para tener garantía de suministro necesitamos un volumen de **326.000 m³**.

6.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA AL BOMBEO

Considerando que esta comunidad de regantes dispone de parques fotovoltaicos de su propiedad y próximos a los puntos de demanda de esta actuación, los distintos equipos de bombeo a instalar en este proyecto deberán poder ser alimentados bien desde red eléctrica, desde un parque fotovoltaico o mediante un sistema mixto.

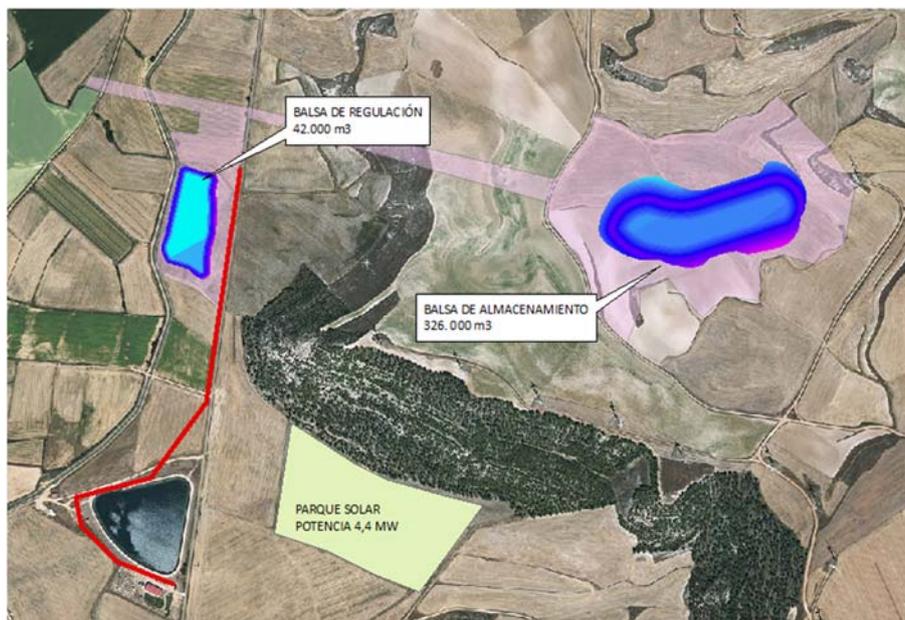
El sistema mixto, consiste en que la demanda de energía se puede satisfacer solo desde el parque solar (si la producción de este es superior o igual a la demandada), desde el parque solar y la red eléctrica (si la producción del parque solar es inferior a la demanda, cuya diferencia se cubrirá desde la línea eléctrica) o solo desde la red eléctrica si la producción de la planta es nula.



Esquema 2. Ubicación del parque solar y la estación de bombeo para Sub-Sector G1.



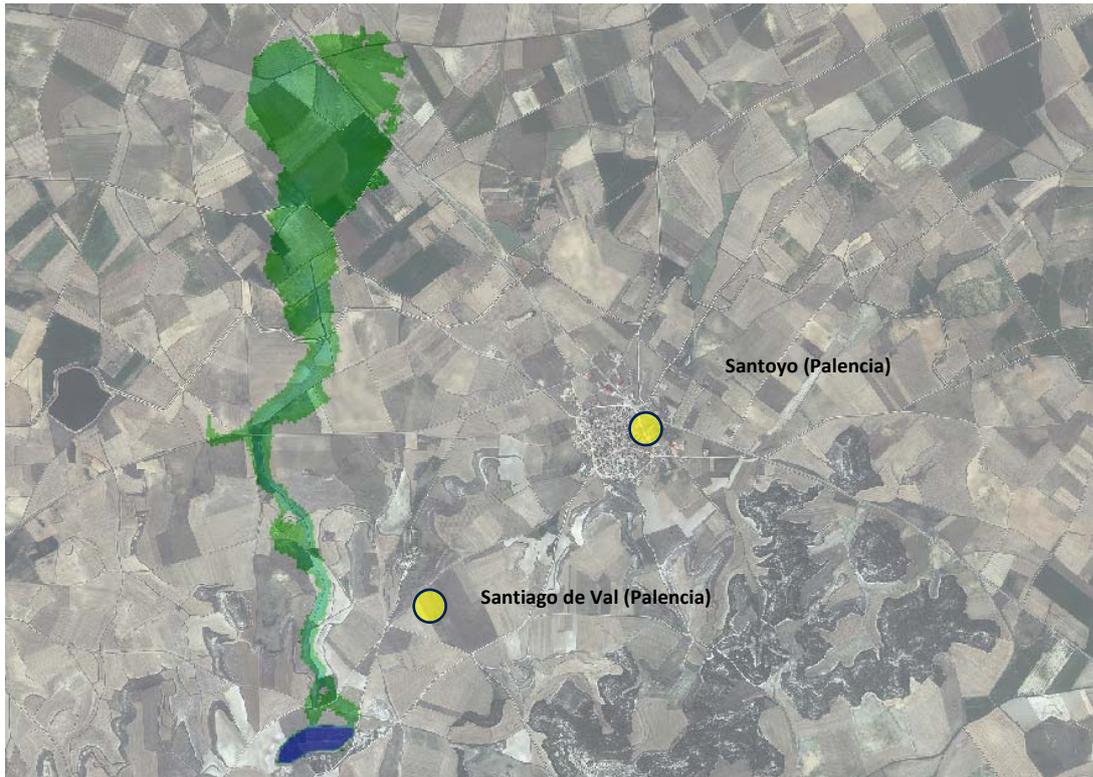
Esquema 3. Ubicación del parque solar y la estación de bombeo para Sub-Sector G2.



Esquema 4. Ubicación del parque solar, balsas y línea eléctrica en la opción de un único sector.

6.5. CLASIFICACIÓN DE Balsa de Almacenamiento para Riego

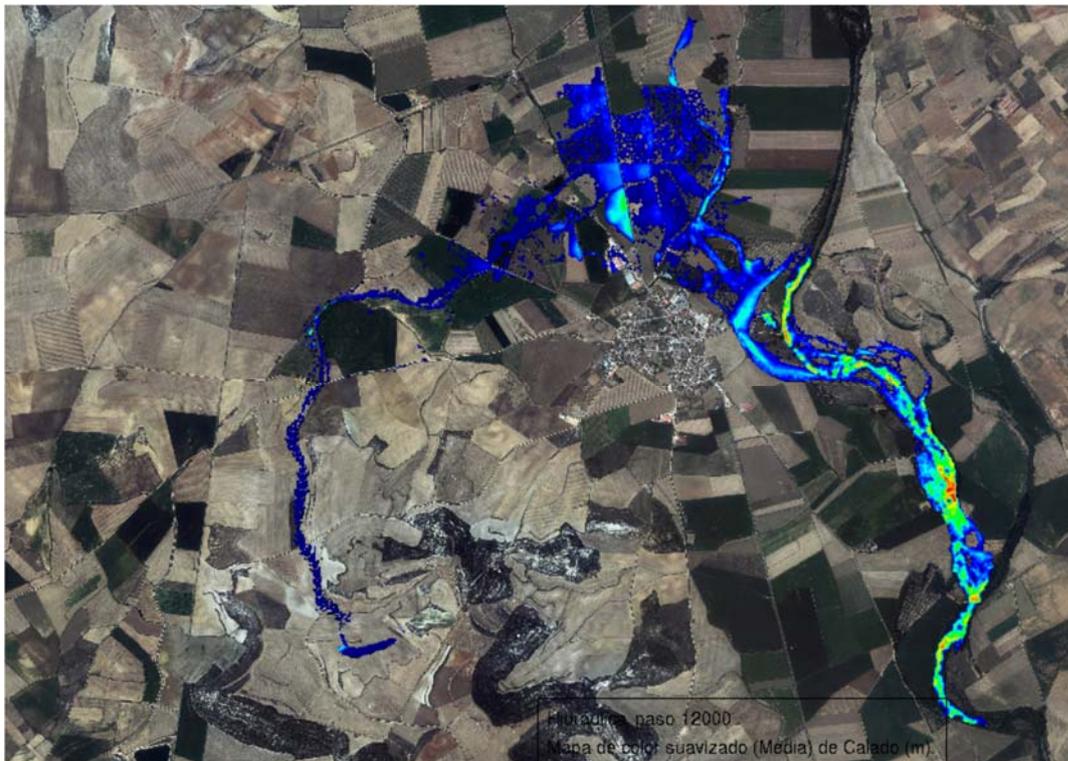
Las balsas proyectadas para esta modernización, tal y como puede comprobarse en el punto 4 de este documento “Identificación, descripción y análisis derivados de la vulnerabilidad del proyecto ante riesgos de accidentes: rotura accidental de la balsa”, una vez simulada la rotura de estas se ha descartado el peligro de vidas humanas que unido a una altura de dique inferior a los 15 m presentarían una clasificación tipo C.



Esquema 5. Zona de inundación tras la rotura de la balsa Sub-Sector G1.



Esquema 6. Zona de inundación tras la rotura de la balsa Sub-Sector G2.



Esquema 7. Zona de inundación tras la rotura de la balsa de Almacenamiento. Opción un único Sector.

6.6. NECESIDAD DEL SISTEMA DE TELECONTROL EN LA RED DE RIEGO

La actuación que nos ocupa dominará una superficie regable de 2.842,67 ha con unos 345 hidrantes y unas 828 tomas (en la opción de sectorización) y con unos 259 hidrantes y unas 932 tomas (en la opción de un único sector).

Estos puntos de control deben recibir y aportar información a nuestro sistema de gestión, tanto para el control de dotación consumida/ disponible (por explotación) como para retroalimentar el sistema de control de la estación de bombeo ajustando el funcionamiento de este a la curva del sistema que más se aproxime al consumo en ese instante.

La necesidad de tener a disposición esta información, no solo el personal de la comunidad sino también los regantes, hace imprescindible disponer de un sistema de telecontrol que permita optimizar el uso de un recurso tan limitado como el agua, así como poder llevar un control de consumo dotacional por explotación de riego.

6.7. APROVECHAMIENTO DE INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ZONA

Este punto se propone a estudio dada la posibilidad que surge con los equipos de bombeo del sector F, que se ubican en un punto muy próximo a la toma de agua para bombeo a balsa elevada del Sub-Sector G1, y dado que según el fabricante de las bombas estas serían capaces de alcanzar los requerimientos técnicos exigidos con pequeñas modificaciones.

Los elementos considerados son la edificación, los equipos de bombeo, centro de transformación, línea eléctrica y equipos de filtrado.

Se considera la utilización de estos recursos en el diseño del Sub- Sector G1, lo que permitirá reducir los costes de ejecución en las instalaciones de bombeo de este.

Este aprovechamiento de recursos ya existente solo se podrá realizar en la alternativa que considere balsa elevada y no en la de bombeo directo donde la red de riego del sector F (ya ejecutado) y la del Sub- Sector G1 (en fase de redacción de proyecto) serían independientes. Tampoco puede considerarse en la situación de un único sector de riego.

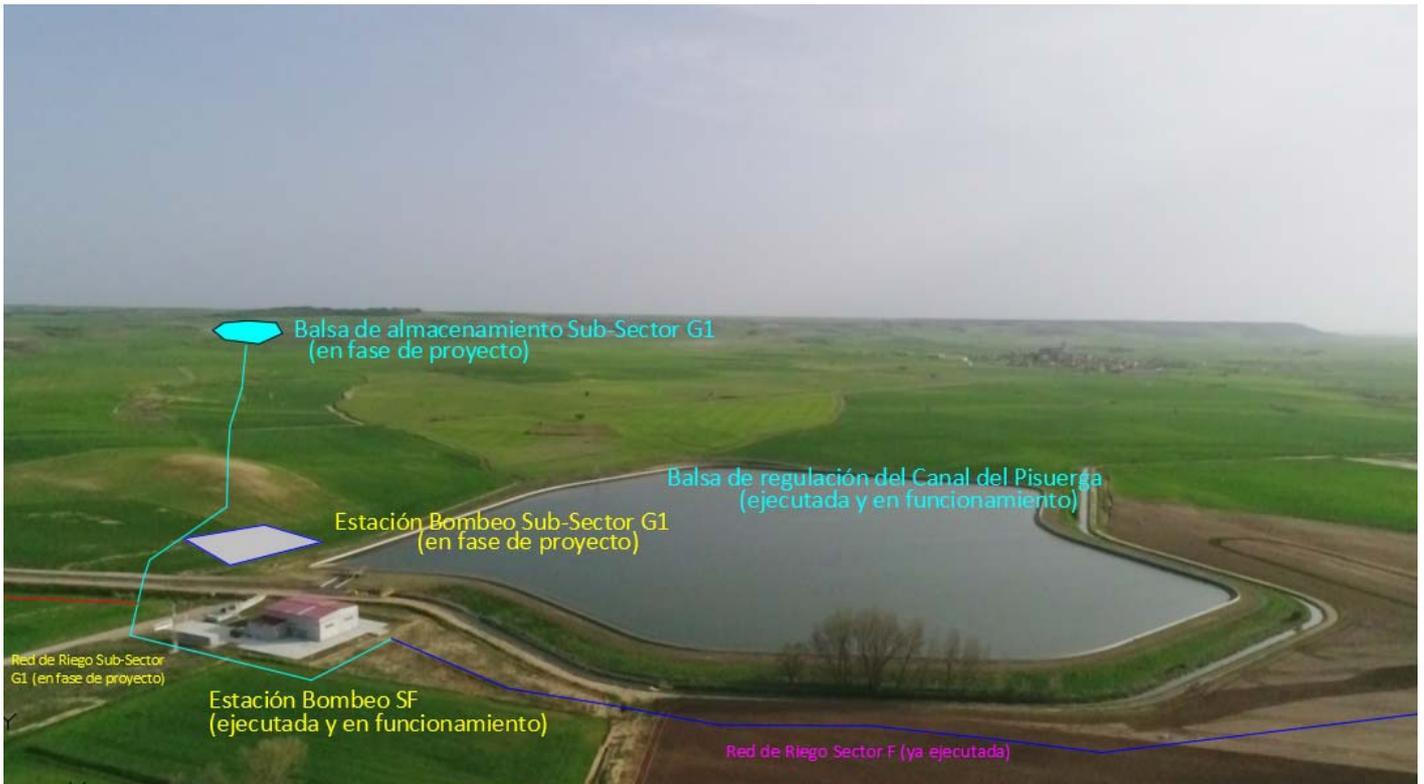


Imagen 4. Esquema de ubicación de los distintos elementos en el punto de toma de agua Sub-Sector G1.

6.8. MEDIO AMBIENTE

Este último aspecto por considerar, aunque parece repetido con respecto al apartado 3.2.1 analiza la ejecución o no de la actuación solo desde un punto de vista ambiental.

Los sistemas de riego modernizados presentan frente a los sistemas de riego tradicionales dos ventajas muy importantes: evitan las filtraciones y escorrentías que son fuentes de contaminación de las aguas subterráneas y cauces superficiales, así como, mantienen la fertilidad de los suelos y evitan su degradación.

7. RESULTADO FINAL DE VALORACIÓN. ALTERNATIVA SELECCIONADA

Una vez desarrollado el apartado 3.2 y analizados cada uno de los puntos a estudiar la alternativa seleccionada es la combinación que contempla la **EJECUCIÓN DE LA MODERNIZACIÓN** del regadío en **ÚNICO SECTOR DE RIEGO** con **BOMBEO DESDE EL CANAL DEL PISUERGA CON Balsa de Regulación y Balsa de Almacenamiento** con clasificación **tipo C** y distribución del agua mediante una **red de riego** que contemple todos los materiales de tuberías excepto el PRFV. El reparto y control del recurso agua entre los regantes se realizará por la comunidad de regantes con apoyo de un **SISTEMA DE TELECONTROL**.

8. ALTERNATIVA SELECCIONADA PARA EJECUTAR. -

La alternativa que ha resultado con más puntuación y por lo tanto que la que se desarrollará en este proyecto de modernización será:

1. Realizar la actuación de modernizar
2. En cuanto a los materiales de la red de riego, así como diámetros y longitudes serán:

Tabla 19. Característica Red de Riego Sector G.

	Material	DN (mm)	Medición (m)		
RED DE RIEGO	PVCO	160,00	4.589,61		
	PVCO	200,00	3.255,40		
	PVCO	250,00	3.596,62		
	PVCO	315,00	5.306,49		
	PVCO	400,00	9.493,24		
	PVCO	450,00	1.994,34		
	PVCO	500,00	1.485,18		
	PVCO	630,00	2.606,81	32.327,69	
	ACERO	711,00	971,88		
	ACERO	813,00	1.820,03		
	ACERO	1.016,00	712,96		
	ACERO	1.118,00	5.022,20		
	ACERO	1.219,00	995,03		
	ACERO	1.524,00	4.089,86	13.611,96	
	ABASTECIMIENTO Balsa Almac.	ACERO	2.000,00	971,60	
				971,60	
	Total (m)		46.911,25		

3. Sistema de Explotación: Bombeo a balsa elevada
 - Balsa de Regulación: 42.000 m³
 - Balsa de Almacenamiento: 326.000 m³
4. Sistema de alimentación de los bombeos, tanto en un subsector de riego como el otro, será un sistema mixto, conectado a la red y alimentado desde una planta fotovoltaica
5. Clasificación de las balsas de almacenamiento. La clasificación será tipo C
6. La red será gestionada con sistema de telecontrol
7. Desde el punto de vista medioambiental, se persigue el objetivo de la No contaminación difusa, aspecto que en este proyecto se conseguirá mediante el uso del telecontrol que nos permitirá realizar las recomendaciones de dosis de riego necesarias.

**ANEJO Nº 9 RESOLUCIÓN BOE DONDE SE SOMETE A
EVALUACIÓN ORDINARIA EL PROYECTO**

III. OTRAS DISPOSICIONES

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

- 9906** *Resolución de 2 de junio de 2021, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula informe de impacto ambiental del «Proyecto modernización del regadío en la Comunidad de Regantes del Canal de Pisuerga Sector G (Palencia)».*

Antecedentes de hecho

Con fecha 2 de junio de 2020 tuvo entrada en esta Dirección General una solicitud de inicio de procedimiento de evaluación de impacto ambiental simplificada del «Proyecto modernización del regadío en la Comunidad de Regantes del Canal de Pisuerga Sector G (Palencia)», remitida por la Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias S.A. (SEIASA) como promotora del proyecto, respecto al que la Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Formación Agroalimentaria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación es órgano sustantivo.

1. Descripción y localización del proyecto

El objeto del proyecto es modernizar las infraestructuras de riego del Sector G de la Comunidad de Regantes del Canal del Pisuerga (Palencia). La actuación proyectada pretende mejorar la eficiencia del sistema y sustituir las actuales infraestructuras diseñadas para riego por gravedad por otras que posibiliten el cambio a riego por aspersión.

Según el Documento ambiental, la superficie regable de la comunidad de regantes del Canal del Pisuerga es de 11.061,00 ha, y la superficie sobre la que se va a actuar en este proyecto es de 2.842,67 ha en los municipios de Santoyo (1.759,23 ha), Boadilla del Camino (490,99 ha) y Frómista (592,45 ha), todos ellos de Palencia.

La zona regable del Canal de Pisuerga figura en el Plan Hidrológico del Duero como unidad de demanda agraria UDA-2100005, con 9.297 ha de superficie, asignación de 55,778 hm³/año, eficiencia global en el uso del agua del 54,19 % y demanda en el mes de máximo uso de 18,29 hm³. Capta el agua mediante toma en la margen derecha del Pisuerga en el Azud de San Andrés, en Herrera del Pisuerga (Palencia), que solo utiliza esta comunidad. La toma tiene lugar en la masa de agua superficial ES020MSPF000000090 río Pisuerga desde confluencia con río Burejo hasta confluencia con arroyo de Ríofresno, y arroyo de Soto Román. La Comunidad de regantes dispone de concesión de aguas otorgada por resolución de 03 de junio de 2004 del Ministerio de Medio Ambiente, inscrita en la Sección A del Registro de Aguas con el número 12.451, para riego de 9.297 ha, caudal máximo de derivación de 14 m³/s y una dotación de 6.000 m³/ha. El canal tiene capacidad de unos 14 m³/s y 71,10 km de longitud.

Desde el año 2005 se han venido realizando obras de modernización y consolidación de regadíos en el resto de los sectores (A al F) de la Comunidad de Regantes.

El sector G objeto del proyecto se ha dividido en dos Sub-Sectores de riego, G1 y G2, cada uno con su propia infraestructura independiente de distribución de agua. El Sub-Sector G1 cuenta con una superficie a modernizar de 1.115,33 ha y el Sub-Sector G2 con 1.727,34 ha. El esquema de las infraestructuras a ejecutar en ambos es similar y consiste en una estación de bombeo ubicada junto al canal desde la que se bombea el agua a una balsa elevada de almacenamiento que domina la zona regable y desde la cual a través de la red de riego y mediante los hidrantes se distribuye el agua a las parcelas.

Se plantean 6 alternativas, aparte de la alternativa 0 o de no actuación, en función de si se realiza bombeo directo desde el canal a la red de riego o a una balsa elevada, de la categoría de balsa en función del riesgo potencial de rotura (A, B o C), del material de la red de riego y de si se reutilizan las infraestructuras de bombeo del sector F. En todas ellas se instalará un sistema de telecontrol. Las alternativas propuestas son:

- Alternativa 1. Bombeo desde el canal a balsa elevada de categoría B o C, con distribución del agua mediante una red de riego de PVC-O y tubería de hormigón armado con camisa de chapa (HACC), con reutilización de las infraestructuras del bombeo del Sector F.

- Alternativa 2. Bombeo desde el canal a balsa elevada de categoría B o C, con distribución del agua mediante una red de riego de PVC-O y HACC, sin reutilización de las infraestructuras del bombeo del Sector F.

- Alternativa 3. Bombeo desde el canal a balsa elevada de categoría A, con distribución del agua mediante una red de riego de PVC-O y HACC, con reutilización de las infraestructuras del bombeo del Sector F.

- Alternativa 4. Bombeo desde el canal a balsa elevada de categoría A, con distribución del agua mediante una red de riego de PVC-O y HACC, sin reutilización de las infraestructuras del bombeo del Sector F.

- Alternativa 5. Bombeo directo a red de riego, con distribución del agua mediante una red de riego de PVC-O y HACC.

- Alternativa 6. Bombeo directo a red de riego, con distribución del agua mediante una red de riego de PVC-O, Fundición, PRFV, acero y HACC.

La alternativa seleccionada por el promotor es la alternativa 1, y sus principales actuaciones son:

- En Subsector G1: estación de bombeo, balsa elevada de 300.000 m³, red de riego con 22.122 m de tubería, hidrantes de riego y línea eléctrica que conecta a la línea de 13,2 kV ya ejecutada en la fase de modernización del sector F de unos 700 m.

- En Subsector G2: estación de bombeo, balsa elevada con 230.000 m³, red de riego con 36.010 m de tubería, hidrantes de riego y línea eléctrica que conecta a la línea de 45 kV ya ejecutada en la fase de modernización del sector C de unos 4.100 m.

2. Tramitación realizada

Una vez analizado el documento ambiental del proyecto, el 1 de julio de 2020 se requirió a SEIASA su subsanación, recibándose una nueva versión el 14 de septiembre de 2020.

Las consultas a las administraciones públicas afectadas y personas interesadas se realizaron el 30 de septiembre de 2020, de acuerdo con el artículo 46 de la Ley de evaluación ambiental. En el anexo I se recogen los organismos y entidades consultados y si han remitido o no su informe.

No habiéndose recibido en plazo los informes de la Confederación Hidrográfica del Duero, Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal y Servicio Territorial de Medio Ambiente de Palencia, con fecha 11 de enero de 2021 se requirió de nuevo a órganos jerárquicamente superiores. A la fecha de elaboración de esta resolución se ha recibido el de la Confederación Hidrográfica del Duero, pero no el del Servicio Territorial de Medio Ambiente de Palencia.

El contenido más significativo de los informes recibidos es:

La Dirección General de Patrimonio Cultural de la Junta de Castilla y León informa que se ha comprobado en la prospección arqueológica realizada que el proyecto afectará de forma directa a 3 yacimientos arqueológicos conocidos, todos ellos en el término municipal de Santoyo (Las Quintanas, Las Quintanillas y Villapelayo), y que una vez se reciba el informe de la prospección realizada con los resultados y propuestas de

diagnóstico y protección, se podrá emitir por el Delegado Territorial de la Junta de Castilla y León en Palencia el informe exigido por la normativa en materia de patrimonio cultural. Con posterioridad dicho informe es remitido por el Servicio Territorial de Cultura y Turismo de Palencia, y en él se concretan las medidas correctoras que deberán tenerse en cuenta para minimizar la incidencia de las obras sobre los 3 yacimientos arqueológicos citados.

La Dirección General de Salud Pública de la Junta de Castilla y León no realiza alegaciones.

La Agencia de Protección Civil de la Viceconsejería de Infraestructuras y Emergencias de la Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León informa acerca de la clasificación de los municipios en los que se localiza el proyecto en función del índice de riesgo de inundaciones, de incendios forestales, y del derivado del transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril. Considera que ninguna de las acciones del proyecto ni de los usos que se asignen al suelo debe incrementar el riesgo hacia las personas, los bienes o el medio ambiente, y que, si alguna de las actuaciones pudiera potencialmente aumentar dicho riesgo, debería realizarse un análisis previo indicando su grado de afección, así como las medidas necesarias para evitar incrementar dichos riesgos.

La Confederación Hidrográfica del Duero informa que las actuaciones del proyecto afectan a diversos cauces públicos (afluentes o subafluentes del río Ucieza en el ámbito occidental y del río Pisuerga en el ámbito oriental) y a sus zonas de servidumbre y policía, que el límite meridional del sector a modernizar es colindante con el Canal de Palencia, y señala los aspectos relacionados con el agua que deben ser tenidos en cuenta por el promotor a la hora de redactar el estudio de impacto ambiental en caso de que el órgano ambiental decida el sometimiento del proyecto a evaluación de impacto ambiental ordinaria, incluyendo las afecciones al dominio público hidráulico, zonas de servidumbre y policía, afecciones a las aguas subterráneas, posibles captaciones de aguas superficiales y/o subterráneas, posible afección a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, riesgo de que se produzcan vertidos, afecciones a la red de drenaje natural de los terrenos, e importancia del mantenimiento de la vegetación de ribera autóctona, entre otras.

Así mismo, desde el punto de vista de la planificación hidrológica realiza un análisis de la incidencia del proyecto sobre las presiones a que están actualmente sometidas las masas de agua afectadas por el proyecto que se recoge en el apartado 3.c. Características del potencial impacto.

3. Análisis para determinar la necesidad de sometimiento a procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinaria

Una vez analizada la documentación que obra en el expediente y considerando las respuestas recibidas a las consultas practicadas, se realiza el siguiente análisis para determinar la necesidad de sometimiento del proyecto al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinaria previsto en la sección 1.ª del capítulo II, del título II, según los criterios del anexo III, de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

a) Características del proyecto:

La modernización del regadío se extenderá sobre una superficie total de 2.842,67 ha, dentro de las cuales actualmente se riegan por gravedad 1.478,18 ha y por aspersión 369,54 ha.

Los nuevos impactos en fase de construcción provendrán de la realización de las obras y en especial de la construcción de las balsas elevadas, así como de la instalación de toda la red de tuberías. Según la documentación ambiental, la construcción de las balsas no producirá excedente de tierra por quedar los volúmenes prácticamente compensados. Por otro lado, la retirada de las actuales infraestructuras de riego de

hormigón generará un volumen considerable de residuos que deberá ser adecuadamente clasificado y gestionado.

En cuanto al uso de recursos naturales, cabe considerar los usos y consumos de agua en fase de funcionamiento del proyecto y si suponen un incremento o reducción respecto a los usos y consumos actuales, aspecto que se analiza con detalle en apartado c. Características del potencial impacto.

También en fase de explotación debe considerarse el riesgo de contaminación del suelo y las aguas de retorno del riego por variaciones en el uso de fertilizantes y fitocidas en el cultivo tras la modernización. La zona a modernizar está en la Tierra de Campos, comarca de uso agrícola generalizado en la que se han transformado en regadío grandes superficies. La Comunidad de Regantes del Canal del Pisuerga cuenta con una superficie regable de 11.061 ha según el Documento ambiental, y tiene modernizadas las infraestructuras de los sectores del A al F.

Por otra parte, en paralelo a la mejora y modernización del regadío de la zona objeto del proyecto, se va a realizar un proyecto de concentración parcelaria. Este proyecto tendrá su propia evaluación de impacto ambiental por el órgano ambiental de la comunidad autónoma. La presente evaluación se refiere exclusivamente al proyecto de modernización del regadío. Es posible que la combinación de la concentración parcelaria y la modernización del regadío pueda producir una afección negativa sobre la escasa vegetación natural existente en la zona si no se coordinan adecuadamente ambas evaluaciones de impacto ambiental.

b) Ubicación del proyecto:

El proyecto se localiza en la comarca de Tierra de Campos, en los términos municipales de Santoyo, Boadilla del Camino y Frómista, todos ellos de Palencia. Se trata de un territorio eminentemente agrícola, en el que se ha venido produciendo la transformación en regadío de amplias superficies.

La zona a modernizar no coincide territorialmente con ningún espacio natural protegido ni Red Natura 2000, pero próximos a la misma se encuentran:

- ZEPA ES0000201 «Camino de Santiago», aproximadamente a 1 km al oeste de la zona regable. Este espacio incluye una serie de llanuras cerealistas atravesadas por el Canal de Castilla. Sus principales especies objeto de conservación son aves esteparias como la avutarda (*Otis tarda*) con una población estimada en 421 aves, sisón (*Tetrax tetrax*) con 30-40 machos, aguilucho cenizo (*Circus pygargus*) con 12-14 parejas, alcaraván (*Burhinus oedicephalus*) con 50 parejas, cernícalo primilla (*Falco naumanni*), lechuza campestre (*Asio flammeus*) y calandria (*Melanocorypha calandra*). En algunos humedales asociados al Canal de Castilla tienen importancia el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*) con 6 parejas, avetorillo (*Ixobrychus minutus*), garza imperial (*Ardea purpurea*) y polluela chica (*Porzana pusilla*), siendo también utilizados en la migración por la espátula (*Platalea leucorodia*).

- ZEC ES4140082 «Riberas del Río Pisuerga y afluentes», ubicada al este de la zona regable a una distancia superior a 4 km, pero asentada sobre el río Pisuerga y en consecuencia afectada tanto por la alteración de las extracciones como de los retornos sobre este río que provoque el proyecto. Entre sus objetivos de conservación figuran los peces *Chondrostoma toxostoma* y *Rutilus rutilus*, el odonato *Coenagrion mercuriale*, la nutria, el desmán y varios tipos de vegetación en galería fluvial, acuática o higrófila.

- ZEC y ZEPA ES0000205 «Lagunas del Canal de Castilla», ubicada a lo largo del Canal de Castilla, aproximadamente a 2 km al norte.

Fuera de Red Natura 2000, en la zona a modernizar se han identificado 2 recintos de los hábitats de interés comunitario 6220 Zonas subestépicas de gramíneas y anuales del *TheroBrachypodietea* (*) y 4090 Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga.

Las masas de agua afectadas por la actuación, su estado y sus objetivos ambientales según la planificación hidrológica vigente son:

Masas de agua afectadas por las extracciones de la toma del Canal del Pisuega:

Masa de agua ES020MSPF000000090 río Pisuega desde confluencia con río Burejo hasta confluencia con arroyo de Ríofresno, y arroyo de Soto Román, que es la que tiene la derivación del canal. Según la información aportada por la Confederación Hidrográfica del Duero se trata de una masa de agua calificada como «muy modificada» como consecuencia de la alteración hidrológica producida por regulación de caudal, por importantes extracciones y por acumulación de azudes con franqueabilidad baja. En particular, el azud de San Andrés, de 6 m de altura desde el cauce, donde se inicia el Canal del Pisuega (ID 1007552) que da servicio a la comunidad de regantes, carece de escala para peces y es infranqueable. El objetivo medioambiental de la masa es mantener el buen potencial ecológico y el buen estado químico.

Las extracciones del Canal del Pisuega también afectan a las masas situadas inmediatamente aguas abajo de la que tiene la derivación, siendo las dos primeras:

ES020MSPF000000156 río Pisuega desde confluencia con arroyo de Ríofresno hasta confluencia con río Valdavia, también considerada «muy modificada» por estar sometida a un elevado grado de alteración hidrológica.

ES020MSPF000000157 río Pisuega desde confluencia con río Valdavia hasta confluencia con río Arlanza, también considerada «muy modificada».

Masas de agua afectadas por los retornos del riego:

Masa de agua ES020MSPF000000157 río Pisuega desde confluencia con río Valdavia hasta confluencia con río Arlanza. Situada aguas abajo de la masa ES020MSPF000000156, esta masa está tanto afectada por las extracciones como por los retornos de la zona de riego a modernizar. También se considera «muy modificada» por la baja conectividad longitudinal provocada por acumulación de azudes con franqueabilidad baja. La Confederación indica que esta masa también presenta presiones que pueden llegar a ser significativas por contaminación difusa de nutrientes. Su objetivo medioambiental es mantener el buen potencial ecológico y el buen estado químico.

Masa de agua ES020MSPF000000140 Río Ucieza desde límite ZEPA «Camino de Santiago» hasta confluencia con río Carrión. Es una masa «muy modificada» por su baja conectividad lateral, presentando presiones significativas por una gran longitud de defensas de márgenes y encauzamientos, si bien estas presiones tienen lugar fuera de la zona objeto de proyecto. La Confederación indica que esta masa también presenta presiones que pueden llegar a ser significativas por contaminación difusa de nutrientes. Su objetivo medioambiental es mantener el buen potencial ecológico y el buen estado químico.

Masa de agua subterránea ES020MSBT000400006 Valdavia. No presenta presiones significativas y su objetivo medioambiental es mantener el buen estado cuantitativo y el buen estado químico. No obstante, la Confederación indica que en su parte sur los nitratos presentan una concentración en torno a 40 mg/l próxima al umbral de 50 mg/l y una tendencia ligeramente creciente, lo que indica que el objetivo medioambiental común a todas las masas subterráneas de evitar o limitar la entrada de contaminantes y evitar el deterioro del estado puede encontrarse comprometido.

En cuanto a patrimonio cultural, en la prospección arqueológica realizada se han identificado 3 yacimientos arqueológicos en el término municipal de Santoyo (Las Quintanas, Las Quintanillas y Villapelayo), y el Camino de Santiago cruza una pequeña superficie al norte del sector G.

c) Características del potencial impacto:

En fase de construcción, los principales factores ambientales sobre los que el proyecto puede producir impactos son suelo, agua, vegetación, fauna, paisaje, red natura 2000, y patrimonio cultural. En general, se trata de impactos que podrían evitarse o minimizarse si se toman las medidas preventivas y correctoras adecuadas.

En cuanto a la gestión de residuos, en el documento ambiental remitido inicialmente se contempla la posibilidad de convertir en árido las infraestructuras de riego antiguas coincidentes con la traza mediante una pequeña planta móvil de tratamiento, para poder ser utilizado para reposiciones de firme de caminos afectados u otros fines. Con fecha 1 de julio de 2020 se solicita al promotor aclaración sobre si el proyecto incluye o no la retirada de las infraestructuras de riego que queden en desuso, así como el tratamiento que se dará a las mismas. En el documento ambiental subsanado remitido con posterioridad se indica que la retirada de infraestructuras de riego antiguas está incluida como unidad de obra en el proyecto de Concentración Parcelaria de los términos municipales de Boadilla del Camino, Frómista y Santoyo (Palencia), que corresponde a la Junta de Castilla y León, de modo que el hormigón procedente de las acequias, tras pasar por una planta móvil, será utilizado como sub-base en los caminos de concentración parcelaria, y que esta actuación se ejecutará en paralelo con las obras de modernización del regadío, y adjunta un oficio de 20 de agosto de 2020 del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León en el que indica que así está reflejado en el Estudio Técnico Previo. Esta solución resultaría adecuada para asegurar la reutilización de los residuos generados con el desmantelamiento de las infraestructuras de riego que queden en desuso, si bien su materialización exige asegurar la programación y ejecución coordinada de los proyectos de modernización de regadío y de concentración parcelaria que van a ser ejecutados por diferentes administraciones, de lo que no se han aportado garantías. Dada la magnitud de la red de distribución de agua que se va a sustituir con la modernización en toda la zona de riego, se considera necesario que queden asegurados su desmantelamiento y su adecuada gestión aplicando los principios de jerarquía de residuos y de economía circular.

Los impactos más significativos del proyecto en la fase de explotación se producirán sobre el agua, tanto por el efecto del proyecto sobre las extracciones en la masa cedente del recurso como por los retornos en las tres masas de agua receptoras, tanto en cantidad como en calidad. La evaluación de estos impactos se requirió en la petición de subsanación del Documento ambiental del 1 de julio de 2020.

Sin embargo, en su informe la Confederación Hidrográfica del Duero indica que en el documento ambiental no se analiza la incidencia de la modernización sobre las presiones actuales de las masas de agua afectadas.

Efectos sobre la morfología y continuidad de los cauces:

La Confederación Hidrográfica del Duero considera necesario señalar la importancia que tiene el mantenimiento de los cauces y sus riberas en estado natural, así como del resto de elementos que integran el dominio público hidráulico. La rectificación y modificación de los cauces, aunque se trate de cauces temporales, provocaría impactos de importancia. Por lo anteriormente expuesto, informa desfavorablemente la intercepción de cauces públicos o su modificación en cualquiera de sus dimensiones espaciales, así como la eliminación de aquellos que en la actualidad actúen como drenajes en la zona de actuación. Por lo tanto, la transformación en regadío se deberá definir estableciendo las medidas necesarias para asegurar el trazado original de los cauces, tanto en su dimensión longitudinal como en su sección.

La Confederación también indica que el proyecto debería contemplar la mejora de la franqueabilidad del Azud de San Andrés en el que se ubica la toma del Canal del Pisuerga que abastece a la comunidad de regantes, actualmente infranqueable para los peces, en aplicación del artículo 22 de las Disposiciones Normativas del Plan Hidrológico del Duero aprobadas por Real Decreto 1/2016, de 8 de enero.

Efectos cuantitativos sobre las principales masas de agua afectadas por las extracciones:

El documento ambiental estima el «ahorro potencial» y «efectivo» de agua derivado del proyecto de modernización. Considera que el principal «ahorro potencial» provendrá de la reducción de las pérdidas en el sistema de distribución de agua desde el canal principal hasta las parcelas y por el cambio en parcela del sistema de riego. Las acequias actuales de distribución de agua se encuentran en mal estado y como consecuencia existe una pérdida importante por las fugas que presentan. Se ha estimado que la pérdida de agua en la red de acequias actual hasta cada parcela es de un 30%, y la pérdida por fugas en la nueva red presurizada en el caso más desfavorable será de un 5%. Se evalúa el ahorro potencial en la distribución hasta las parcelas en un 25%. Actualmente se riega un 80 % de la superficie por gravedad y el 20% restante por aspersión, estimándose la eficiencia del riego por gravedad entre el 40-65 %, y la del riego por aspersión en torno a 80-85%. El documento ambiental estima a escala de las parcelas un ahorro de del 20% cuando toda la superficie pase a regarse por aspersión tras la modernización.

La previsión del promotor es dedicar la totalidad de este «ahorro potencial» de agua que pudiera producir el proyecto en base a los aumentos de eficiencia del sistema de distribución y de aplicación del riego en parcela a aumentar la superficie de la zona de regadío y a posibilitar cultivos con mayores requerimientos hídricos, por lo que el proyecto no producirá ningún «ahorro efectivo» de agua, y las extracciones se mantendrán iguales que en la actualidad.

La tabla 5 (página 46) del Documento ambiental compara la situación antes del proyecto, con una superficie de riego de 1.847 ha y unas extracciones de 19,57 hm³/año, con la situación después de la modernización, pasando a una superficie de regadío de 2.842 ha (994 has más que en la actualidad) y unas extracciones de 19,56 hm³/año, sensiblemente iguales a las originales, dando lugar a una reducción de las extracciones prácticamente nula.

A dicha tabla se le ha añadido una última fila en la hipótesis de que tras la modernización se mantuviese la misma superficie de riego original de 1.847 ha en lugar de aumentar hasta 2.842 ha, lo que de acuerdo con el método de cálculo utilizado supondría una reducción de las extracciones en torno a 6,84 hm³/año en beneficio de la masa de agua cedente del recurso y siguientes aguas abajo.

Situación	Tipo riego	Superficie tipo de riego (ha)	Consumo (m ³ /ha)	Pérdidas sistema de riego (m ³ /ha)	Pérdidas transporte red (m ³ /ha)	Necesidades brutas (m ³ /ha)	Total consumo (m ³)	Ahorro (m ³)
Antes modernización.	Gravedad.	1.478,18	5.700	2.850	2.565	11.115,00	16.430.064	19.579.160
	Aspersión.	369,54	5.700	855	1.966,5	8.521,50	3.149.095	
Después modernización y aumentando 994,93 ha la superficie de regadío (proyecto).	Aspersión.	2.842,67	5.700	855,00	327,75	6.882,75	19.565.387	Aprox. 0
Después modernización si se mantuviera la misma superficie de regadío.	Aspersión.	1.847,74	5.700	855	327,7	6.882,75	12.717.440	6.847.947

La toma del aprovechamiento se realiza en la margen derecha del río Pisuerga, en el azud de San Andrés en Herrera del Pisuerga, en la masa de agua ES020MSPF00000090 río Pisuerga desde confluencia con río Burejo hasta confluencia con arroyo de Ríofresno, y arroyo de Soto Román. Se trata de una masa de agua «muy modificada» como consecuencia de la alteración hidrológica producida por regulación de

caudal en embalses aguas arriba, por elevadas extracciones y por la presencia de varios azudes interrumpiendo la continuidad longitudinal, entre otros el Azud de San Andrés.

La Confederación Hidrográfica del Duero considera que la masa de agua donde está la captación está muy alterada hidrológicamente, y que la modernización de regadío, al mejorar la eficiencia global del uso del agua, debería conllevar una reducción de la presión por extracción reduciendo el caudal máximo de toma por el Canal pasando de los 14 m³/s actuales a menos de 8 m³/s, reduciendo el volumen anual máximo demandado en la zona regable y el mejorando el régimen de extracciones del río. Considera que esta reducción de caudal debería conllevar una modificación de las características de la concesión en la que se ajusten caudales y volúmenes máximos a la nueva forma de hacer uso del agua, de acuerdo con el artículo 12.2 de la Normativa del Plan Hidrológico del Duero, y en ningún caso debería suponer incrementos de superficie regable no amparada por la declaración de la zona regable en su momento efectuada por el Decreto 1221/1966, de 5 de mayo, por el que se conceden a las obras de sistematización de tierras a realizar en la zona regable por el último tramo del canal del Pisuerga los beneficios que determinan la vigente legislación de colonización de zonas regables. También considera elevados los caudales de bombeo previstos desde las tomas del canal a ambas balsas de los subsectores G1 y G2, que requerirán mantener unos caudales en la toma del canal que no van a contribuir a reducir la presión por extracción en la masa de agua ES020MSPF000000090, proponiendo estudiar una reducción del caudal, si fuera necesario teniendo en cuenta fuentes de energía renovables para aumentar los horarios de bombeo. Todos estos aspectos deberían analizarse con detalle en el proyecto definitivo buscando esa reducción de la presión por extracción y tratando de asegurar un régimen fluyente en la masa de agua lo más estable posible.

No obstante, la previsión del Documento ambiental es que todo el ahorro potencial se dedique a aumentar la superficie regada y a consolidar el regadío existente, por lo que el proyecto no contribuirá a reducir la actual presión por extracciones a que está sometida esta masa de agua muy modificada ES020MSPF000000090. La previsión de no reducir las extracciones también compromete las posibilidades de reducción de la presión por extracciones y de mejora del potencial ecológico en el resto de masas del Pisuerga existentes aguas abajo, como son las masas también muy modificadas ES020MSPF000000156 y ES020MSPF000000157.

Cabe señalar además que existe una discrepancia entre los datos de superficie que figuran en el documento ambiental y en el aprovechamiento inscrito en el Registro de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Duero. Según el primero la Comunidad de Regantes del Canal del Pisuerga tiene inscrito en el Registro de Aguas un aprovechamiento que permite derivar del río Pisuerga un volumen máximo anual de 6.000 m³/ha de agua que se destina para riego de la zona regable por el Canal del Pisuerga, con una superficie de 11.061 ha. Sin embargo, la superficie regable a nombre de esta Comunidad según la concesión otorgada mediante Resolución de 3 de junio de 2004 es de 9.297 ha.

Efectos cuantitativos sobre las principales masas de agua afectadas por los retornos:

Los retornos de la zona regable del Canal del Pisuerga tendrán lugar en la masa de agua superficial ES020MSPF000000157 río Pisuerga desde confluencia con río Valdavia hasta confluencia con río Arlanza, que por encontrarse aguas abajo del punto de extracción se verá afectada tanto por la variación de las extracciones como por la variación de los retornos. Los retornos también afectan a la masa de agua ES020MSPF000000140 río Ucieza desde límite ZEPA «Camino de Santiago» hasta confluencia con río Carrión que posteriormente desemboca en el río Carrión, y a la masa de agua subterránea ES020MSBT000400006 río Valdavia.

En el documento ambiental no se cuantifica el efecto de la modernización sobre los retornos en las diferentes masas de agua afectadas, cuantificación que se requería en la petición de subsanación del documento ambiental de 1 de julio de 2020 ya que es

esperable una reducción de los retornos directamente asociada al aumento de la eficiencia en la distribución de agua y en el sistema de riego y al aumento de la evapotranspiración potencial de los nuevos cultivos. En el documento ambiental tampoco se incluyen medidas para mitigar los efectos desfavorables de esta reducción de retornos, ni medidas de seguimiento (medidores de retornos obligatorios según la Orden ARM/1312/2009).

La previsión de aplicar todo el «ahorro potencial» a ampliar la superficie regada y a consolidar el regadío y posibilitar cultivos más exigentes en agua no supondrá ninguna reducción de las extracciones en la masa de agua muy modificada en que se sitúa la toma ES020MSPF000000090 río Pisuegra desde confluencia con río Burejo hasta confluencia con arroyo de Ríofresno, y arroyo de Soto Román, ni en las demás masas muy modificadas conectadas aguas abajo, por lo que el proyecto no contribuirá a mejorar sus condiciones hidrológicas. Por su parte, los aumentos en la eficiencia derivados del proyecto supondrán una sistemática reducción de los retornos a las masas de agua superficial ES020MSPF000000157 Río Pisuegra desde confluencia con río Valdavia hasta confluencia con río Arlanza, ES020MSPF000000140 río Ucieza desde límite ZEPA «Camino de Santiago» hasta confluencia con río Carrión y a la masa de agua subterránea ES020MSBT000400006 río PisuegraValdavia. Al no haberse cuantificado los efectos del proyecto sobre los retornos, no es posible determinar el efecto cuantitativo neto del proyecto sobre las masas de agua afectadas, como resultado de la variación en las extracciones (que se prevé nula) disminuida en la variación de los retornos (no cuantificados).

Efectos cualitativos sobre las masas de agua afectadas por los retornos:

Teóricamente, con la modernización del método de riego la mejor aplicación y optimización de la dosis de riego supone un menor arrastre a las aguas de fitosanitarios y fertilizantes. No obstante, la modernización del regadío también suele implicar la intensificación de los cultivos y en consecuencia un aumento en el uso de fertilizantes y fitosanitarios, y siempre supone una reducción de los retornos en que los excedentes de estas sustancias se diluyen, por lo que puede provocar incremento en las concentraciones de nutrientes y contaminantes.

En la petición de subsanación del documento ambiental de 1 de julio de 2020 se requirió la cuantificación del efecto de la modernización sobre las sustancias que podían generar incumplimientos (nitratos, fósforo, sustancias activas de pesticidas) en concentración (mg/l) y masa total (kg/año). En caso de que los retornos pudieran producir o pudieran empeorar el incumplimiento en alguno de estos parámetros, se requería especificar las medidas concretas y obligatorias que fuera a establecer la comunidad de regantes para prevenir que se produjesen estos impactos (reducción de la aportación/ excedentes de fertilizantes o pesticidas causantes / agravantes de los incumplimientos). También se requería especificar la forma de seguimiento adaptativo de la efectividad de esta medida.

La Confederación Hidrográfica del Duero indica que las dos masas de agua superficial ES020MSPF000000140 y ES020MSPF000000157 receptoras de los retornos están sometidas a presiones potencialmente significativas por acumulación de nutrientes debido a la contaminación difusa, y que en la parte sur de la masa de agua subterránea ES020MSBT000400006 «Valdavia» también receptora de retornos presenta niveles de nitratos en torno a 40 mg/l (valor umbral 50 mg/l) y tendencia ligeramente creciente en los últimos 10 años. Los análisis del modelo Patricial que la Dirección General del Agua ha elaborado para las cuencas hidrográficas intercomunitarias indican que la tendencia de acumulación de nitratos en esta masa de agua es creciente, y por ello el modelo propone una reducción del 50% de los excesos de nitrógeno generados. La Confederación considera que el proyecto debería plantear en su plan de vigilancia ambiental un seguimiento de los nutrientes en las masas de agua de retorno de la zona regable, que permitiera conocer el efecto real de la modernización sobre el nivel de contaminación difusa, y en su caso permitiera adoptar medidas de corrección. En el

documento ambiental se proponen medidas preventivas basadas en la formación y concienciación de los regantes para realizar un uso eficiente de los fertilizantes. El organismo de cuenca considera que todas estas masas presentan presiones potencialmente significativas por acumulación de nutrientes debidos a la contaminación difusa, sin que el proyecto plantee medidas concretas de reducción de contaminación difusa ni un plan de vigilancia ambiental que permita su seguimiento e incluya posibles medidas de corrección.

La Confederación también considera que, si la modernización va a ir acompañada de una concentración parcelaria, convendría disponer parte de las superficies de masa común como bandas tampón de vegetación de ribera en las franjas de protección delimitadas en artículo 17 de la Normativa del Plan Hidrológico para mitigar la contaminación difusa.

De acuerdo con la base de datos «Mírame» de la Confederación Hidrográfica del Duero, en el Programa de medidas del Plan Hidrológico de tercer ciclo se ha previsto incluir con el código 6403909 el proyecto «Modernización de regadíos. Modernización Canal de Pisuegra. Sector G. Fase I». Su tipo de objetivo es «A1-Destinadas a cumplir objetivos medioambientales de la Directiva Marco del Agua», su tipo para los informes a la Comisión Europea o «Reporting» es «03-Reducción de la presión por extracción de agua», y su efecto esperado sobre los objetivos ambientales debe ser positivo.

Del informe de la Confederación Hidrográfica del Duero se deduce que la modernización de la zona regable podría contribuir a mejorar el logro de los objetivos ambientales de las masas de agua afectadas con respecto a la situación actual, pero para ello el proyecto debería modificarse en los aspectos que la Confederación menciona en su informe de manera que pueda contribuir de manera efectiva a reducir las presiones por extracciones, contaminación difusa y efecto barrera que el regadío y sus infraestructuras asociadas provocan sobre las masas de agua muy modificadas a las que principalmente afecta, así como a aquellas otras en las que se han puesto de manifiesto presiones potencialmente significativas susceptibles de provocar deterioro en su estado o potencial. Debe igualmente garantizarse que el proyecto no producirá efectos negativos por la reducción de los retornos y por incremento de la contaminación difusa, aspectos que no se han evaluado ni cuantificado en el Documento ambiental.

En lo relativo a los impactos del proyecto sobre la Red Natura 2000, el documento ambiental indica que al no existir solape del proyecto con ningún espacio no hay afecciones sobre la Red Natura 2000. Sin embargo, al norte y oeste de la zona objeto de proyecto se encuentran próximas la ZEPA ES0000201 «Camino de Santiago» y la ZEC y la ZEPA ES0000205 «Lagunas del Canal de Castilla». El «ahorro potencial» de agua generado por el proyecto permitirá en la zona la puesta en regadío de 994 ha que actualmente deben cultivarse en secano, lo que supone un cambio en el uso del suelo sobre una importante superficie que puede generar impactos sobre las aves esteparias que habitualmente salgan de la ZEPA a secanos del entorno. El inventario de avifauna del Documento ambiental no se ha elaborado a partir de trabajo de campo, sino según se indica mediante consulta al inventario de biodiversidad en cuadrículas de 10 km de lado del MITERD, facilitando una información sobre la comunidad de aves muy insuficiente. Asimismo, la ZEC ES4140082 «Riberas del río Pisuegra y afluentes» se verá afectada por la variación en la presión por extracciones (variación en tanto en las extracciones como en los retornos) y por contaminación difusa que provocará el proyecto, sin que estos efectos hayan sido considerados en el Documento ambiental.

Fundamentos de Derecho

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, establece, en el apartado segundo del artículo 7, los proyectos que deben ser sometidos a evaluación de impacto ambiental simplificada, de conformidad con el procedimiento previsto en la sección 2.^a del capítulo II del título II de la Ley.

Este procedimiento se desarrolla en los artículos 45 y siguientes de la Ley de evaluación ambiental, y así, el artículo 47 dispone que, teniendo en cuenta el resultado de las consultas realizadas, el órgano ambiental determinará, mediante la emisión del informe de impacto ambiental, si el proyecto debe someterse a una evaluación de impacto ambiental ordinaria, por tener efectos significativos sobre el medio ambiente, o si por el contrario no es necesario dicho procedimiento en base a la ausencia de esos efectos, de acuerdo con los criterios establecidos en el Anexo III de la citada norma.

El proyecto «Proyecto modernización del regadío en la Comunidad de Regantes del Canal de Pisuerga Sector G (Palencia)» se encuentra encuadrado en el artículo 7.2, apartado a) «Los proyectos comprendidos en el anexo II», de la Ley 21/2013, de evaluación ambiental. Concretamente está encuadrado dentro del Grupo 1, apartado c) del anexo II: Proyectos de gestión de recursos hídricos para la agricultura, 1.º Proyectos de consolidación y mejora de regadíos en una superficie superior a 100 ha (proyectos no incluidos en el anexo I).

Corresponde a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental la resolución de los procedimientos de evaluación de impacto ambiental de proyectos de competencia estatal, de acuerdo con el artículo 7.1 c) del Real Decreto 500/2020, de 28 de abril, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y se modifica el Real Decreto 139/2020, de 28 de enero, por el que se establece la estructura orgánica básica de los departamentos ministeriales.

En consecuencia, esta Dirección General a la vista de la propuesta de la Subdirección General de Evaluación Ambiental, resuelve de acuerdo con los antecedentes de hecho y fundamentos de derecho alegados y como resultado de la evaluación de impacto ambiental simplificada practicada, que es necesario el sometimiento al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinaria del «Proyecto modernización del regadío en la Comunidad de Regantes del Canal de Pisuerga Sector G (Palencia)», por poder provocar efectos adversos significativos sobre el medio ambiente.

Esta Resolución se hará pública a través del «Boletín Oficial del Estado» y de la página web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (www.miteco.es).

De conformidad con el apartado 6, del artículo 47 de la Ley de evaluación ambiental, el informe de impacto ambiental no será objeto de recurso alguno sin perjuicio de los que, en su caso, procedan en vía administrativa o judicial frente al acto de autorización del proyecto.

Madrid, 2 de junio 2021.–El Director General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ismael Aznar Cano.

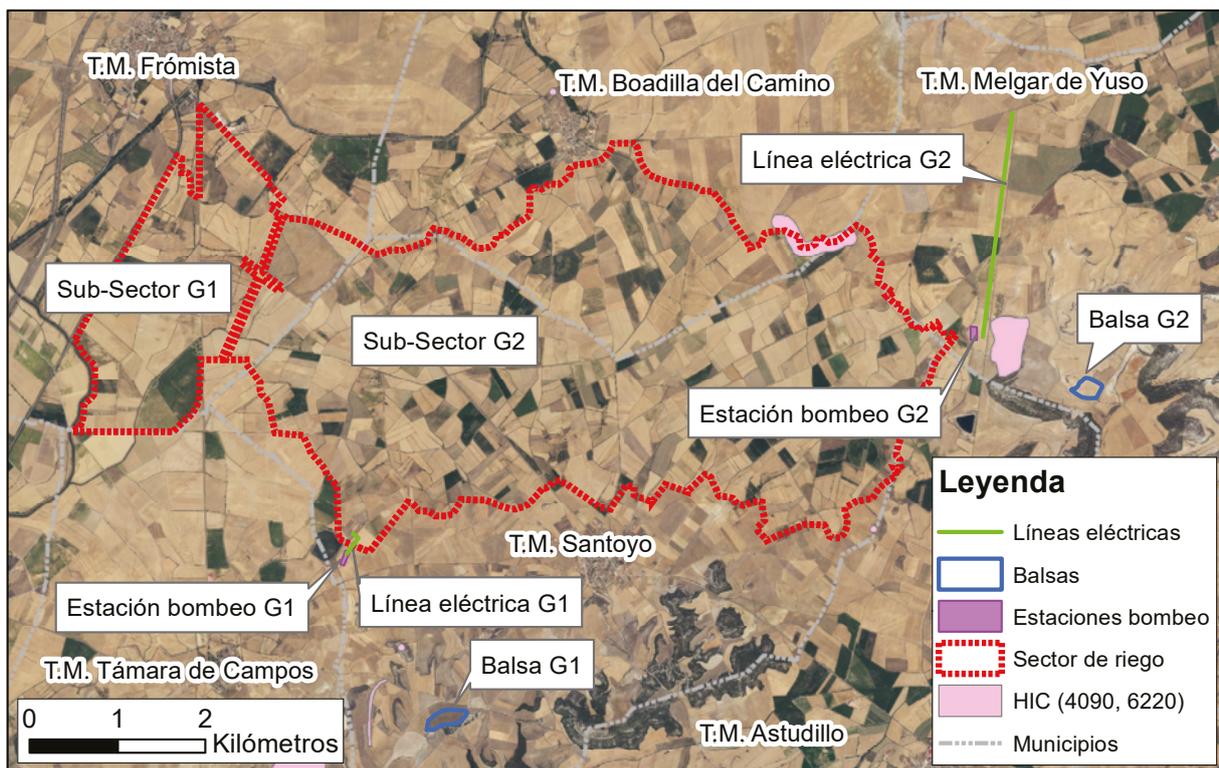
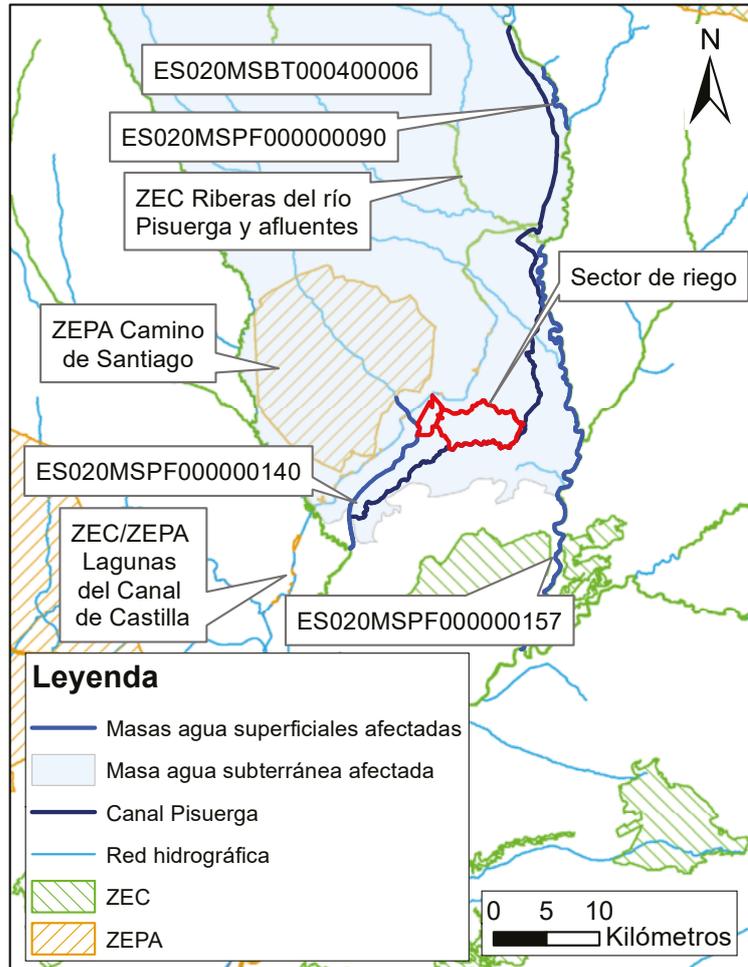
ANEXO

Consultas a las administraciones públicas afectadas e interesados, y contestaciones

Consultados	Contestación
Agencia de Protección Civil. Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Junta de Castilla y León.	Sí
Dirección General de Calidad y Sostenibilidad Ambiental Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Junta de Castilla y León.	No
Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal. Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Junta de Castilla y León.	Remite a STMAP
Servicio Territorial de Medio Ambiente en Palencia (STMAP).	No

Consultados	Contestación
Dirección General de Patrimonio Cultural. Consejería de Cultura y Turismo. Junta de Castilla y León.	Sí
Servicio Territorial de Cultura y Turismo en Palencia.	Sí
Dirección General de Ordenación del Territorio y Planificación. Junta de Castilla y León.	No
Dirección General de Desarrollo Rural. Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Junta de Castilla y León.	No
Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad. Junta de Castilla y León.	Sí
Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.	Sí
Confederación Hidrográfica del Duero. Oficina de Planificación Hidrológica.	No
Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.	No
Ayuntamiento de Boadilla del Camino.	No
Ayuntamiento de Frómista.	No
Ayuntamiento de Santoyo.	No
Diputación Provincial de Palencia.	No
Delegación del Gobierno en Castilla y León.	No
Federación Ecologista de Castilla y León.	No
WWF/ADENA.	No
SEO/Birdlife.	No

Modernización del regadío en la Comunidad de Regantes del Canal de Pisuerga Sector G (Palencia)



ANEJO Nº 10 PLANOS TEMÁTICA AMBIENTAL