



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD DE
ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE CARRERA

Puesta en riego por aspersión en Poleñino (Huesca)

DOCUMENTO 1: MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

Pág.

1.Antecedentes, objetivos y situación.....	6
---	----------

1.1 Ubicación.....	6
---------------------------	----------

1.2 Objetivos.....	6
---------------------------	----------

1.3 Situación actual.....	7
----------------------------------	----------

1.4 Condiciones del promotor.....	7
--	----------

2.Estudio climático.....	8
---------------------------------	----------

2.1 Temperatura.....	8
-----------------------------	----------

2.2 Régimen de heladas.....	9
------------------------------------	----------

2.3 Horas frio.....	9
----------------------------	----------

2.4 Precipitación.....	10
-------------------------------	-----------

2.5 Humedad relativa.....	11
2.6 Niebla y rocío.....	11
2.7 Viento.....	12
2.8 Radiación solar.....	12
2.9 Índices termopluviométricos.....	13
2.10 Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP).....	15
2.11 Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETO).....	15
2.12 Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc).....	15
3.Estudio edafológico.....	19
3.1 Resultados de los análisis.....	19
3.2 Conclusiones del estudio realizado.....	23

3.3 Cálculo de la enmienda húmica.....	24
4.Estudio de la calidad del agua de riego.....	25
4.1 Resultados de los análisis.....	25
4.2 Índice de primer grado.....	26
4.3 Evaluación de la calidad del agua.....	27
4.4 Normas combinadas para caracterizar la calidad del agua de riego.....	29
5.Rotación de cultivos.....	30
6.Cálculo de las necesidades hídricas.....	31
6.1 Necesidades de riego.....	31
6.2 Dimensionado del riego.....	32
7.Justificación y características del sistema de riego.....	37

7.1 Marco de plantación de aspersores.....	39
7.2 Características de los aspersores.....	39
7.3 Organización del riego.....	40
7.4 Número máximo de aspersores por módulo de riego.....	42
8.Cálculo hidráulico de la red de riego.....	43
8.1 Elección de los materiales.....	44
8.2 Método de cálculo utilizado.....	46
8.3 Movimiento de tierra.....	54
9.Elementos singulares de la red de riego.....	56
9.1 Válvulas.....	56
9.2 Codos.....	58

9.3 Reducciones.....	58
9.4 Filtros.....	58
9.5 Fertirrigación.....	59
9.6 Anclajes.....	59
9.7 Desagüe.....	59
9.8 Automatización.....	60
9.9 Equipo de inyección.....	60
9.10 Contadores.....	60
9.11 Programador de riego.....	60
9.12 Automatismo de la red de riego.....	61
10.Estudio de seguridad y salud.....	61
11.Presupuesto.....	63
12.Viabilidad económica.....	64
13. Situación actual.....	69
14. Conclusión.....	69
15.Documentos de los que consta este proyecto.....	69
16.Bibliografía.....	70

1. Antecedentes, objetivos y situación

1.1 Ubicación

La finca se sitúa en el término municipal de Poleñino, en la comarca de los Monegros: Está a 40 Kilómetros en dirección sur de Huesca capital.

La distancia a la que se encuentra la parcela del pueblo de Poleñino es de 1,5 Kilómetros, en dirección sur, por la carretera de Poleñino- Cantalobos.

Se encuentra situada en la zona conocida como el Romeral.

Se puede acceder mediante un camino ya representado en el mapa de situación y emplazamiento.

1.2 Objetivos

El objetivo del presente proyecto es la transformación de una parcela de 10 hectáreas en el término municipal de Poleñino (Huesca) la cual es de secano en la actualidad y transformarla a regadío por aspersión con cobertura total enterrada con agua procedente de los pantanos de la Sotonera y del Grado.

Con esta transformación se pretende obtener mejores rendimientos, más comodidades y hacer más rentable la explotación.

Para llevar acabo el presente proyecto deberemos realizar los siguientes estudios:

- Un estudio de la climatología de la zona.
- Un estudio general de suelos que determine sus características más importantes.
- Un estudio del análisis del agua de riego.
- Un cálculo de las dosis de agua de riego necesarias para los diferentes cultivos que se van a cultivar.
- El diseño de la distribución de la red de riego.

1.3 Situación actual

La finca a proyectar tiene una superficie de aproximadamente 10 hectáreas, las cuales están declaradas en la actualidad como secano, con posibilidad de transformación a regadío ya que tiene una toma en parcela perteneciente a la comunidad de regantes de Montesús.

Esta finca pertenece a la Comunidad de Riegos de Montesús a la cual nosotros le pedimos el agua de riego y ella se encarga de hacer las gestiones pertinentes de pedirla a confederación hidrográfica del Ebro y también del mantenimiento de la comunidad.

En estas parcelas se ha cultivado tradicionalmente cereales de invierno, y se decide transformar la finca a riego por aspersión debido a su comodidad, a mejorar el rendimiento, a su ahorro de agua, diversidad de cultivos, etc.

1.4 Condiciones del promotor

El propietario de la finca nos pone unas condiciones antes del comienzo del proyecto, las condiciones propuestas son las siguientes:

- Toda la finca se transforma a riego por aspersión con cobertura total enterrada, donde se procederá a la siembra de cultivos herbáceos extensivos propios de la zona.
- No es ningún problema el coste de la maquinaria o herramientas para los cultivos ya que el promotor posee toda la maquinaria necesaria para los cultivos extensivos, así como almacenes para guardar dicha maquinaria y la semilla antes de venderla.
- La venta del producto de los cultivos extensivos está garantizada, ya que son productos propios de la zona, y la comercialización está asegurada.

2. Estudio climático

Los datos climáticos se han tomado de la estación meteorología de Sariñena, y de Tardienta dado que son las más cercana a la parcela objeto de la transformación.

La serie de datos termopluviométricos tomados corresponden a un periodo de 8 años, de 2005 a 2013.

2.1 Temperatura

Consideramos que la zona de los Monegros, y más concretamente Poleñino, el clima se puede considerar como **mediterráneo continental**, con temperaturas medias anuales de unos 15° C, con unas temperaturas medias del mes más frío superiores a los 4° C y con unas temperaturas medias en los meses más cálidos de unos 24° C.

El periodo frío es poco intenso pero de larga duración, alrededor de 5 a 7 meses, siendo enero el mes más frío y julio el mes más cálido.

RESUMEN DE LAS TEMPERATURAS (°C)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
Tmm	4,9	6,9	10,7	12,7	17,7	21,7	24	24	19,3	14,6	8,6	5,8	14,1
Tm	8,3	11,6	16,7	19,3	24,7	30,4	32	30,6	25,8	20,3	14,1	8,1	20,2
Tm	0,0	0,2	3,7	6,6	11,2	15,5	17,3	16,3	13,3	9,7	4,4	0,1	8,2
TMa	16,4	16,6	24,1	26,0	31,9	36,2	37,0	35,6	31,7	26,5	19,5	15,6	26,4
Tma	-6,4	-5,2	-3,6	2,1	5,0	9,8	12,8	12,1	7,8	4,3	-0,6	-4,7	2,8

- **Tmm**: temperatura media mensual
- **Tm**: temperatura media máxima
- **tm**: temperatura media mínima
- **TMa**: temperatura máxima absoluta

- **tma**: temperatura mínima absoluta

2.2 Régimen de heladas

El mayor periodo de helada queda comprendido entre el 4 de noviembre para la primera helada y el 25 de abril para la última helada, un total de 172 días con riesgo de heladas y 193 días sin riesgo de helada.

Según la propuesta de Emberger se hace un estudio del régimen de heladas para ver si en las épocas de bajas temperaturas podría haber algún impedimento para el establecimiento del cultivo. Se refleja en la tabla siguiente.

RIESGO	T. (°C)	INICIO	FIN	Nº DIAS
<u>Seguro</u>	$T < 0^{\circ}\text{C}$	Ninguno	Ninguno	0
<u>Frecuente</u>	$0^{\circ}\text{C} < T < 3^{\circ}\text{C}$	Diciembre	Febrero	90
<u>Poco frecuente</u>	$3^{\circ}\text{C} < T < 7^{\circ}\text{C}$	Noviembre	Marzo	151
<u>Muy poco frec.</u>	$T > 7^{\circ}\text{C}$	Octubre	Mayo	184

2.3 Horas frío

Para el cálculo de las horas de frío tomaremos como referencia a Mota.

Según **Mota**, el número de horas frío es de **1566** horas.

.

Los datos se encuentran en las tablas del anejo 2 estudio climático.

Σ y = **1707,16 horas** de frío $< 7^{\circ}\text{C}$

2.4 Precipitación

Nos encontramos en una zona en la que las mayores precipitaciones se localizan en dos épocas del año que son en otoño y primavera siendo estas últimas más intensas.

Los registros más bajos se dan en los meses de verano, aunque en este periodo tomado, las medias pluviométricas nos indican lo contrario. También hay que tener en cuenta que durante el verano los días de lluvia son menos frecuentes pero estas caen con mayor intensidad debido a que se produce en forma de tormentas.

Todos los datos se encuentran resumidos en este cuadro:

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2005	95	26	0	64,1	17,6	61,6	21	37,7	10,7	9,8	42,5	62,6	448,6
2006	8,8	6,2	5,5	36,7	27	1,5	16,5	20,4	40,2	6	9	16,6	194,4
2007	6,3	12,6	73,2	38,7	38,1	6	37,1	29,1	40	33,8	20,9	0	335,8
2008	30	16,9	13,2	42,8	41,7	29,1	21,8	26	43,6	38,5	31,2	32,4	367,19
2009	38,2	27	28,6	14,7	78,4	11,1	60,6	3,5	2,2	33,8	22,5	49,5	370,1
2010	6,3	12,6	73,2	38,7	38,1	6	37,1	29,1	40	33,8	20,9	0	335,8
2011	9,1	15,2	13,4	58,1	47,2	38,3	4	21,3	22	15,3	8,8	15,7	268,4
2012	31,4	21	14,9	61,8	72,5	50,8	12,7	11,4	24,8	42,3	37,5	41,8	422,7
2013	22,1	13	20,1	84,3	13,8	6,9	3,5	28,1	37,3	51,5	17,1	51,5	349,2
MEDIA	28,7	20,1	17,4	43	42	25,9	23,7	24,8	40,9	38,6	29,5	32,5	367,1

2.5 Humedad relativa

La humedad relativa es un dato meteorológico imprescindible para el cálculo de la ETo.

Según los datos obtenidos se observa que la humedad relativa media anual está por encima del 55%.

Los meses que presentan mayor humedad relativa son los de invierno, más concretamente Enero 78,9% y Diciembre 82%. El menor valor de humedad relativa media corresponde al mes de Julio con un valor de 48%.

HUMEDAD RELATIVA (%)

MES	MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA
ENERO	68,4	78,9	83,4
FEBRERO	61	70,1	81,7
MARZO	48,5	62,1	76,5
ABRIL	50,3	58,9	77,1
MAYO	47,2	55,8	75,9
JUNIO	40,7	49,1	70,3
JULIO	37,4	48	66,3
AGOSTO	38,3	50,9	67,9
SEPTIEMBRE	44,1	58,6	75,3
OCTUBRE	57,1	68,1	80,3
NOVIEMBRE	68,1	77,3	84,7
DICIEMBRE	71,8	82	86,5

2.6 Niebla y rocío

Los días de niebla y rocío son necesarios para la caracterización agroecológica. En el anejo 2 están los días de cada mes que hay niebla y rocío.

2.7 Viento

Esta zona es una zona en la que predomina mucho el viento tanto el cierzo (viento normalmente frío y del noroeste), y el bochorno (viento del este o sureste normalmente cálido).

El total de días con viento es del 80,6% por lo que el periodo de calma es sólo de 19,4%.

En la zona el cierzo es el viento predominante.

VELOCIDADES MEDIAS DEL VIENTO (Km/día y m/s)

VEL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Km/d	251	259	280	271	246	241	240	245	226	240	232	216
m/s	2,9	3	3,2	3,1	2,8	2,8	2,8	2,9	2,6	2,8	2,6	2,5

El viento supone una pérdida de uniformidad del riego por aspersión, con lo cual los días de mucho viento no se podrá regar.

2.8 Radiación solar

Nos encontramos a una latitud norte de 42° y los datos de la tabla siguiente son la radiación solar mensual (**Ra**), el coeficiente de insolación (**n/N**) y el porcentaje diario de horas diurnas anuales (**p**) que va a depender de la latitud.

RADIACION SOLAR Y NUBOSIDAD

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ra (MJ/m ² día)	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	15	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
P	0,21	0,24	0,27	0,3	0,33	0,34	0,3	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
n/N	0,44	0,53	0,58	0,57	0,57	0,65	0,7	0,73	0,64	0,58	0,5	0,41

2.9 Índices termopluviométricos

Índice de Lang

Según este índice de Lang nos encontramos en una **zona árida**. Los cálculos se encuentran en el anejo 2.

Índice de Martonne

Según el índice de Martonne, nos encontramos en una zona características de **estepas y países secos mediterráneos**. Los cálculos se encuentran en el anejo 2.

Índice de Dantin Cereceda y Revenga

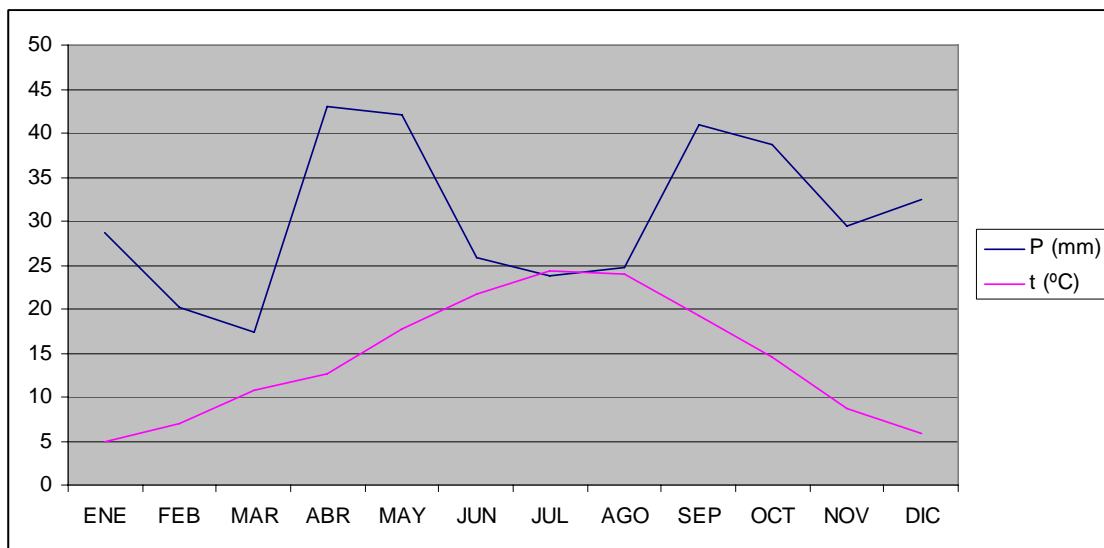
Según el índice de Dantin Cereceda y Revenga nos encontramos en una **zona semiárida**. Los cálculos se encuentran en el anejo 2.

Índice de Emberger

Según el índice Emberger nos encontramos en una **zona de clima mediterráneo semiárido**. Los cálculos se encuentran en el anejo 2.

Diagrama ombrotérmico

Es un índice que da una idea del periodo en que hay sequía.

DIAGRAMA OMBROTÉRMICO

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P (mm)	28,7	20,1	17,4	43	42	25,9	24	24,8	40,9	38,6	29,5	32,5
t (°C)	4,9	6,9	10,7	12,7	17,7	21,7	24	24	19,3	14,6	8,6	5,8

Se observa en el diagrama ombrotérmico un periodo seco en el que la curva pluviométrica está por debajo de la térmica, que lo comprenden los meses de julio y agosto. Por lo tanto el clima en la zona de estudio se define como **monoxerico**.

2.10 Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial (ETP) se calcula mediante la fórmula de Thornthwaite. Los cálculos están expresados en el anejo 2.

La EPT total anual es de: **842,15 mm/año**

2.11 Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET₀)

Éste es el parámetro que más va a condicionar el diseño de la red de riego, puesto que de él derivan las necesidades hídricas de los cultivos.

Para su cálculo se va a usar el método de **Blaney Cirdde**, cuya fórmula es:

$$ET_0 = a + b \cdot p \cdot (0,46 \cdot T_m + 8,13)$$

El resultado de la ET₀ anual obtenido es de **1244,8 mm**.

2.12 Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ET_c)

Una vez se han obtenido los datos de la ET₀ para los distintos meses del año, se procede a calcular la evapotranspiración del cultivo (ET_c) para los diferentes cultivos que se pondrán en la finca, Utilizamos la siguiente fórmula:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

A continuación se expone la evaporación mensual de cada cultivo en mm:

CEBADA (*Hordeum vulgare*)

MES	ET₀ (mm/mes)	K_c	ET_c (mm/mes)
Noviembre	23,45	0,72	16,88
Diciembre	14,13	0,73	10,31
Enero	14,47	0,86	12,44
Febrero	33,62	1,02	34,29
Marzo	79,32	1,1	87,25
Abril	98,25	1,1	108,07
Mayo	143,9	0,86	123,75
Junio	25,56	0,29	7,41

Total = 400,4 mm

TRIGO (*Triticum aestivum*)

MES	ET₀	K_c	ET_c
Diciembre	14,13	0,74	10,45
Enero	14,47	0,79	11,43
Febrero	33,62	0,97	32,61
Marzo	79,32	1,09	86,45
Abril	98,25	1,1	108,07
Mayo	143,9	1,03	148,22
Junio	89,46	0,47	42,04

Total = 439,27 mm

MAIZ (Zea mays)

MES	ET₀	K_c	ET_c
Mayo	143,9	0,53	76,26
Junio	191,67	0,75	143,75
Julio	234,98	1,08	253,77
Agosto	203,98	1,11	226,41
Septiembre	128,42	0,96	123,28
Octubre	9,52	0,62	5,9

Total = 829,37 mm

GIRASOL (Helianthus annus)

MES	ET₀	K_c	ET_c
Mayo	95	0,51	48,45
Junio	191,67	0,71	136,08
Julio	224,74	1	224,74
Agosto	203,98	1,1	224,37
Septiembre	81,32	0,65	52,85

Total = 686,49 mm

GUISANTE (Pisum sativum)

MES	ET0	Kc	ETc
Diciembre	6,9	0,73	5,03
Enero	14,47	0,78	11,28
Febrero	33,62	1,03	34,62
Marzo	79,32	1,09	86,45
Abril	98,25	1,09	107,09
Mayo	42,75	1,04	44,46

Total = 288,57 mm

VEZA FORRAJERA (Vicia sativa)

MES	ET0	Kc	ETc
Octubre	73,78	0,63	46,48
Noviembre	27,97	0,76	21,25
Diciembre	14,13	0,99	13,98
Enero	14,47	1,02	14,75
Febrero	33,62	1,02	34,29
Marzo	79,32	1,02	80,9
Abril	98,25	1,02	100,21
Mayo	65	0,98	63,7

Total = 375,56 mm

ALFALFA (Medicago sativa)

MES	ET0	Kc	ETc
Enero	14,47	0,89	12,87
Febrero	33,62	0,89	29,92
Marzo	79,32	0,89	70,56
Abril	98,25	0,89	87,44
Mayo	143,9	0,89	128,07
Junio	191,67	0,89	170,58
Julio	234,98	0,89	209,13
Agosto	203,98	0,89	181,54

Septiembre	128,72	0,89	114,29
Octubre	73,78	0,89	66,76
Noviembre	27,97	0,89	24,89
Diciembre	14,13	0,89	12,57

Total = 1108,62 mm

3. Estudio edafológico

El suelo es el medio de sustento de la planta, como tal, es vital para el desarrollo de esta. Por esto es necesario conocer sus características para poder utilizarlo de forma adecuada.

Se han hecho unos análisis del suelo de la parcela, que a continuación se muestran los resultados y en el anejo 3.

3.1 Resultados de los análisis

Caracteres físicos

<u>GRANULOMETRIA</u>	
Elementos gruesos (> 2mm)	5,20%
Arena gruesa (0,5 – 2 mm)	10,60%
Arena fina (0,05 - 5 mm)	36,50%

Limo (0,002 – 0,05 mm)	26,90%
Arcilla (< 0,002 mm)	20,80%

Mirando con estos datos, en el triángulo de la clase textural obtenemos que tenemos un suelo **franco-arcillo-arenoso**.

<u>ESTRUCTURA</u>	
Profundidad (m)	0,90
Densidad aparente (Tm/m³)	1,29
Densidad real (Tm/m³)	2,72
Porosidad (% volumen)	45,00%

Caracteres hídricos

Capacidad de campo (CC)	18,24%
Punto de marchitez (PM)	12,41%
Agua útil	10,85%
Velocidad de infiltración (mm/h)	42

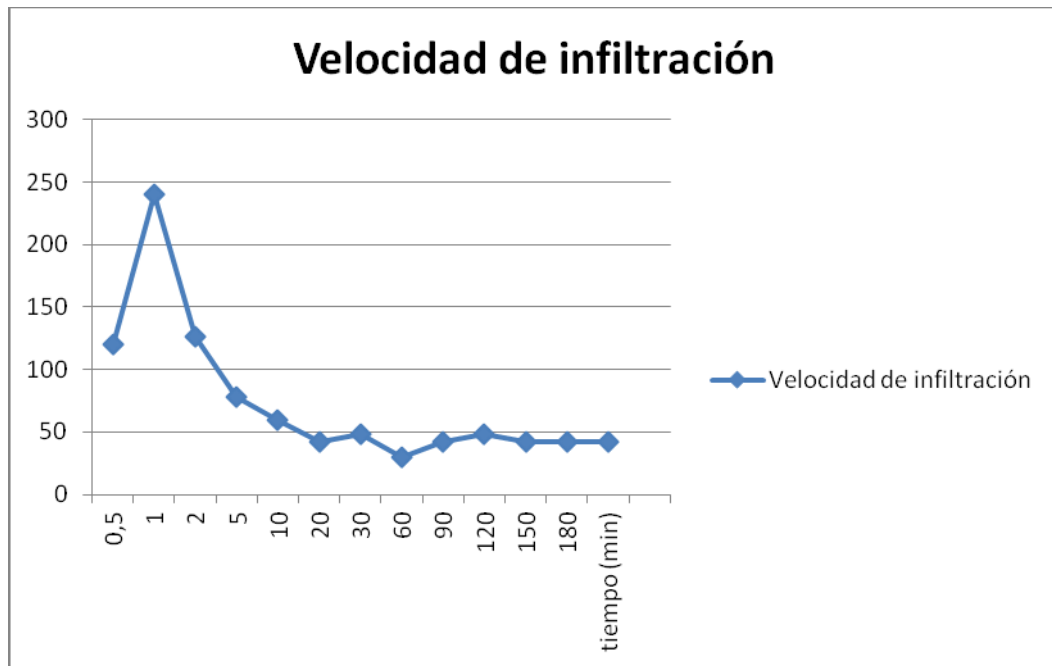
Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración se mide en campo mediante **el método de los anillos o de Muntz**.

El conocimiento de los datos de la infiltración del agua son necesarios para saber la dosis de riego necesaria que hay que aportar en la parcela para que las plantas cultivadas no sufran de sequía o por exceso de agua.

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

<u>Tiempo</u> <u>(min)</u>	<u>H</u> <u>absoluta</u> <u>(cm)</u>	<u>ÄT</u> <u>(min)</u>	<u>ÄH</u> <u>(cm)</u>	<u>H</u> <u>acumulada</u> <u>(mm)</u>	<u>Infiltración</u> <u>(mm/h)</u>
0	71,5	0	0	0	0
0,5	71,6	0,5	0,1	1	120
1	71,8	0,5	0,2	3	240
2	72,01	1	0,21	5,1	126
5	72,4	3	0,39	9	78
10	72,9	5	0,5	14	60
20	73,6	10	0,7	21	42
30	74,4	10	0,8	29	48
60	75,9	30	1,5	44	30
90	78	30	2,1	65	42
120	75,6	30	2,4	89	48
150	73,5	30	2,1	110	42
180	71,4	30	2,1	131	42



Características químicas

<u>FERTILIDAD</u>	
pH	7,9
Materia Orgánica (%)	2,6
Nitrógeno total (%)	0,17
Salinidad (CE en dS/m)	0,63
Carbonatos totales (%)	18,2
Relación C/N	12
Fósforo Olsen (ppm)	9

<u>CATIONES SOLUBLES MÁS INTERCAMBIABLES</u>	
Magnesio (Meq/100g)	1,6
Sodio (Meq/100g)	7,5
Potasio (Meq/100g)	125,5

3.2 Conclusiones del estudio realizado

Conclusiones de carácter físico

Con los datos obtenidos respecto a la granulometría y a la estructura del suelo sacamos la conclusión de que es un suelo aceptable para los cultivos que deseamos poner. Es un suelo con una estructura **franco arcillo-arenosa**.

La profundidad del suelo no va a presentar problemas para el cultivo.

La densidad aparente y la densidad real, junto con la porosidad están comprendidos dentro del rango de valores normales.

Conclusiones de carácter hídrico

Según los valores obtenidos de la velocidad de infiltración, nos encontramos dentro de unos valores moderados, con lo cual el suelo de la parcela es un suelo adecuado para el riego y no vamos a tener ninguna limitación al respecto.

La capacidad de campo y el punto de marchitez obtenidos analíticamente, nos dan unos valores que permiten que la capacidad de retención de agua útil en el suelo sea aceptable.

Conclusiones de carácter químico

El valor de **pH** obtenido es de **8 (pH básicos)**, con lo cual es un valor aceptable para nuestros cultivos.

La cantidad de **materia orgánica** es de **1,9%**, considerado un nivel ligeramente pobre. Resultaría necesario una enmienda húmica a partir del estiércol animal.

El **Ntotal** es del orden de un **0,14%**, por lo que se encuentra en un nivel adecuado.

La relación **C/N** se encuentra en torno a 12. Es un nivel normal.

El valor de la **salinidad** obtenido ha sido de **0,63 dS/m**, el cual es bajo y no tenemos ningún problema.

La cantidad de **fósforo** es de **9 ppm**, con lo cual no necesitaremos realizar ningún aporte.

Los niveles de Sodio, Magnesio y Potasio son aceptados para el desarrollo de las plantas que vamos a cultivar.

3.3 Mantenimiento de las enmiendas orgánicas y nutrientes

Se recomienda, antes de sembrar algún cultivo, realizar una rotación de cultivos que combine especies de altas exigencias nutricionales con otras de exigencias menores, que aporten al suelo elementos nutritivos y cantidades importantes de materia seca, como restos de cosecha para que se vayan incorporando al complejo orgánico del suelo.

Se recomienda también, después de cada campaña, hacer un aporte de materia orgánica por medio de compost realizado de excrementos de animales explotados en extensivo y restos vegetales de cosechas como paja de cereales.

Sería interesante incluir en la rotación de cultivos ciertas leguminosas (veza, alfalfa), que aportarán una importante cantidad de nitrógeno al suelo, e incluso se puede dejar sin cosechar, y con una labor incorporarlos al suelo como enmienda húmica en verde.

4. Estudio de la calidad del agua de riego

La calidad del agua para uso de riego se ha definido en base a los criterios de salinidad, sodicidad y toxicidad.

El suministro de agua para este proyecto será de los pantanos de la Sotonera y del Grado y nos es llegada a través del canal de Monegros.

Las analíticas son facilitadas por la red de control de aguas superficiales de la Confederación Hidrográfica del Ebro, ya que es la más cercana al lugar de toma del agua.

4.1 Resultados de los análisis

Se escogen las analíticas, del mes de julio (por ser uno de los meses con menos caudal en los ríos, y por tanto, mayor concentración de sales llevara el agua) de años próximos.

<u>PARAMETROS</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>CANTIDAD</u>
pH	-	8
Conductividad a 25°C	µS/cm	358
Temperatura del agua	°C	22,1
Sólidos en suspensión	mg/L	16
<u>Cationes</u>		
Amonio Total	mg/L NH ₄	0,1
Calcio	mg/L Ca ²⁺	35,2
Magnesio	mg/L Mg ²⁺	16,6
Sodio	mg/L Na ⁺	8,3
Potasio	mg/L K ⁺	2,9

<u>Otros iones</u>		
Cobre	mg/L Cu	< 0,01
Hierro	mg/L Fe	0,03
Cromo	mg/L Cr	< 0,01
<u>Aniones</u>		
Cloruros	mg/L Cl ⁻	14,7
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	31,4
Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	2,2
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	0,07
Carbonatos	mg/L HCO ₃ ⁻	144,7

4.2 Índice de primer grado

SAR

Se define como la relación de adsorción de sodio. Hace referencia a la proporción relativa en que se encuentra el ion sodio y los iones calcio y magnesio.

Se obtiene un valor del **S.A.R. = 0,60**, con lo cual el agua que consumimos para el riego se puede considerar óptima. Porque hasta un valor de 10 no tenemos problemas de alcalinización.

Relación de sodio

Esta relación muestra el contenido de ion sodio que hay en un agua respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/l.

Se obtiene un valor de **0,131 meq/l**.

Relación de calcio

Esta relación muestra la proporción del contenido de calcio respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/L.

Obtenemos un valor de **0,538 meq/L**.

Dureza del agua

Índice que está referido al contenido de calcio y de magnesio que contiene el agua y se mide en grados Franceses.

Obtenemos un valor de **15,64 ° Franceses** con lo cual estamos hablando de un agua medianamente dulce, óptima para el riego.

Índice de Eaton o carbonato sódico residual (CSR)

Este índice nos indica la acción degradante del agua. Nuestra agua de riego nos sale un valor de **-0,76 meq/L**, como es un valor menos a 1,25 meq/l, consideramos que el agua es de buena calidad, y utilizable para el riego.

4.3 Evaluación de la calidad del agua

Criterios de salinidad

-Clasificación de Richards

Los riesgos de la salinidad están en función de la conductividad eléctrica, con lo cual en nuestro caso la conductividad eléctrica tiene un valor de 358 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y según esta clasificación, **el riesgo de salinidad es medio.**

-Clasificación de la FAO

Como la conductividad de nuestra agua de riego analizada es de 0,358 milimhos/cm, según esta clasificación, **no tendremos problemas de riesgo de salinidad.**

Criterios de sodicidad

-Clasificación de Richard

Como hemos obtenido un S.A.R. de 0,60, y una conductividad eléctrica de 35,8 micromhos/cm, vemos que según esta clasificación **el riesgo de sodicidad es Bajo.**

Criterios de toxicidad

-Clasificación de la FAO

Según esta clasificación, **no tenemos ningún problema de toxicidad** usando esta agua para riego.

Efecto de alcalinidad

Se basa concretamente en la influencia que puede tener los bicarbonatos del agua de riego, a la hora de implantar un sistema de riego por aspersión:

El agua de riego que nosotros empleamos para el riego tiene una concentración de Bicarbonato de **2,36 meq / l** con lo cual según esta clasificación nos encontramos dentro del **nivel de problemas crecientes** aunque en niveles bajos casi próximos al nivel sin problemas.

4.4 Normas combinadas para caracterizar la calidad del agua de riego

Normas Riverside

Relacionan la conductividad eléctrica y el SAR. Según estos dos índices se establecen dieciséis clases de aguas en función del riesgo de alcalinización y salinización.

Con los valores de $SAR = 0,60$ y $CE = 358$ micromhos/cm, se obtiene una clase de agua C2-S1, que indica un **riesgo medio de salinización** del suelo y **peligro de sodicidad bajo**.

Normas H.Greene – FAO

Esta norma toma como base la concentración total de las aguas expresada en meq/l, con relación al tanto por ciento de sodio.

Con el porcentaje de sodio con respecto a todos los demás cationes y la concentración total de cationes y de aniones. Llegamos a la conclusión de que el agua de riego es de **buena calidad**.

Normas L.V.Wilcox

Se consideran el tanto por cien de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica.

El porcentaje de sodio es de 18,66% y la conductividad eléctrica a 25°C es de 358 micromhos/cm.

Con estos dos datos, obtenemos que tenemos un agua de riego de **excelente a buena calidad**.

5. Rotación de cultivos

Realizamos una rotación de cultivos, la cual se va a desarrollar mejor en nuestra parcela, para la obtención de los mejores rendimientos posibles y maximizar la rentabilidad de nuestra parcela y de nuestro riego implantado.

Deberemos evitar una esquilma del terreno y con lo cual deberemos cultivar en ocasiones leguminosas las cuales son mejoradoras del suelo y portadoras de nitrógeno.

Cultivos propuestos

Alfalfa.

Maíz.

Trigo.

Cebada.

Girasol.

Guisante.

Veza forraje.

Factores que hay que tener en cuenta para la elección del cultivo:

- La capacidad del propietario de comercializar los productos.
- Cierta flexibilidad en la rotación para que el agricultor pueda introducir cultivos no previstos que interesen en un determinado momento.
- Adaptación de los cultivos en clima y suelo.
- La condición mejoradora o esquilma de los cultivos sobre el suelo.
- La combinación de distintas especies para evitar la proliferación de malas hierbas y parásitos específicos.
- La capacidad del parque de maquinaria que tenga el agricultor para el manejo de su explotación.

6.Cálculo de las necesidades hídricas

Se va a calcular las necesidades de agua para el sistema de riego por aspersión y para todo el período vegetativo de los cultivos elegidos anteriormente.

Una vez que ya sabemos las necesidades de agua de cada cultivo (Calculadas en el anejo 2) y la precipitación caída durante su periodo de crecimiento. Hacemos la diferencia entre estas y ya sabemos las necesidades que tenemos que cubrir con el riego.

6.1 Necesidades de riego

Para el cálculo de las necesidades reales de los cultivos se tienen en cuenta las necesidades netas (N_n), la eficiencia de aplicación del sistema (E_a), y las necesidades de lavado de sales (FL).

En nuestro caso en la eficiencia de aplicación se incluyen las pérdidas de agua por evaporación.

La eficiencia de aplicación del riego para sistemas de riego por aspersión con cobertura total enterrada en climas de semiáridos a áridos es de 80%.

Las necesidades de cada cultivo para el mes más crítico se expresan en la tabla siguiente:

<u>CULTIVO</u>	<u>Mes crítico</u>	<u>Necesidades (mm/mes)</u>	<u>Días del mes crítico</u>	<u>Necesidades (mm/día)</u>
ALFALFA	Julio	192,87	31	6,22
MAÍZ	Julio	237,52	31	7,66

TRIGO	Mayo	125,58	31	4,05
CEBADA	Mayo	101,11	31	3,26
GIRASOL	Agosto	208,75	31	6,73
GUISANTE	Abril	83,91	30	2,80
VEZA FORRAJERA	Marzo	72,98	31	2,35

6.2 Dimensionado del riego

Se va a tener en cuenta el cultivo más exigente en el mes de máximas necesidades para poder dimensionar el proyecto de tal forma que se pueda regar sin problemas en el mes más desfavorable de todos, o lo que es lo mismo, en el de máximas necesidades hídricas. En nuestro caso es el Maíz con una ETc de 253,77mm en el mes de julio, con una profundidad media radicular de 60cm.

Dosis máxima de riego

La dosis máxima es el volumen de agua de riego por unidad de superficie y riego que es necesaria para elevar el contenido de humedad del suelo desde el punto de marchitez (PM) hasta capacidad de campo (CC).

<u>CULTIVO</u>	<u>Dm(m³/ha riego)</u>	<u>Dm(mm/riego)</u>
ALFALFA	1614,56	161,456
MAÍZ	807,28	80,70
TRIGO	1076,37	107,637
CEBADA	1210,92	121,092
GIRASOL	1210,92	121,092
GUISANTE	538,18	53,818
VEZA	672,73	67,273

FORRAJERA		
------------------	--	--

Dosis útil

Es la efectividad con la que la planta extrae agua del suelo y depende del contenido en humedad del mismo

Para evitar reducción en los rendimientos de los cultivos interesa mantener siempre el contenido de humedad del suelo muy por encima del punto de marchitez, y eso obliga a regar con dosis más pequeñas que la dosis máxima y regar con una frecuencia elevada.

Para evitar agotar toda la capacidad de agua del suelo hay que aplicar un factor reductor que es de 0,2, así nos aseguramos no llegar al punto de marchitez.

<u>CULTIVO</u>	<u>Du(m³/ha riego)</u>	<u>Du(mm/riego)</u>
ALFALFA	322,91	32,29
MAÍZ	161,45	16,14
TRIGO	215,27	21,52
CEBADA	242,18	24,22
GIRASOL	242,18	24,22
GUISANTE	107,63	10,76
VEZA FORRAJERA	134,54	13,45

Dosis real de riego

El agua aplicada por el riego aspersión a la planta no es aprovechada en su totalidad ya que hay unas pérdidas por evaporación y una mínima por percolación. Con lo cual hay que aplicar una dosis superior a la dosis útil para compensar dichas pérdidas

y que la planta en la zona de las raíces tenga a su disposición la dosis útil que necesita, anteriormente calculada.

<u>CULTIVO</u>	<u>Dr(m³/ha riego)</u>	<u>Dr(mm/riego)</u>
ALFALFA	403,64	40,36
MAÍZ	201,81	20,18
TRIGO	269,08	26,90
CEBADA	302,72	30,27
GIRASOL	302,72	30,27
GUISANTE	134,54	13,45
VEZA FORRAJERA	168,17	16,81

Intervalo entre riegos

Se define como el tiempo transcurrido entre dos riegos consecutivos. Es el cociente entre la dosis útil y las necesidades netas diarias.

<u>CULTIVO</u>	<u>T (días)</u>
ALFALFA	5
MAÍZ	2
TRIGO	5
CEBADA	7

GIRASOL	3
GUISANTE	3
VEZA FORRAJERA	5

Número de riegos por mes

Es el cociente entre los días del mes de máximas necesidades y los días entre riegos.

<u>CULTIVO</u>	<u>n (riegos / mes)</u>
ALFALFA	6
MAÍZ	15
TRIGO	6
CEBADA	4
GIRASOL	10
GUISANTE	10
VEZA FORRAJERA	6

Densidad de aspersión

Se define como la cantidad de agua aportada por un aspersor por unidad de superficie y hora. También llamada intensidad de lluvia.

La intensidad de aspersión va referido a una superficie regada (S_a) por un aspersor.

Se opta por un marco de plantación de los aspersores de 18x18 m, y se obtiene una superficie regada del aspersor de **324 m²**.

La densidad de aspersión en nuestro caso es de **6,098 mm/h**.

Duración del riego

Se puede definir como el tiempo que debe estar en funcionamiento un aspersor para aplicarle al suelo la dosis real de riego.

<u>CULTIVO</u>	<u>Tr (h)</u>	
ALFALFA	6,62	<u>6h y 37 min.</u>
MAÍZ	3,31	<u>3h y 18 min.</u>
TRIGO	4,41	<u>4h y 24 min.</u>
CEBADA	4,96	<u>4h y 57 min.</u>
GIRASOL	4,96	<u>4h y 57 min.</u>
GUISANTE	2,20	<u>2h y 12 min.</u>
VEZA FORRAJERA	2,75	<u>2h y 45 min.</u>

Estos valores de duración de riego obtenidos se podrán ajustar en función de las necesidades del operador de riego, de forma que le sea más sencillo el usar los programadores de riego.

Caudal característico y continuo de parcela

El caudal característico representa las necesidades reales de riego calculadas mes a mes (para todo el periodo de riegos), es decir, coincide con las necesidades reales de nuestro cultivo más exigente, en el mes crítico, expresadas en forma de caudal continuo, es decir, en litros/ segundo y hectárea.

El caudal característico es **0,88 (l / seg. Ha)**

El caudal continuo es **8,8 (l/ seg)**

Estos dos caudales continuos son ficticios y no se aplican realmente a través del sistema de riego. Si se hiciera así, la instalación tendría que estar regando de formas continua durante todo el mes crítico.

Para evitarlo, en el proyecto de la red colectiva la toma de riego cuenta con un caudal de **37,5 l/s**

7.Justificación y características del sistema de riego

La transformación de la parcela de riego a pie a riego por aspersión está justificada siempre que se obtenga una rentabilidad acorde con la inversión que hay que efectuar.

Los **factores que nos justifican** la transformación son los siguientes:

-La mano de obra es menor con lo cual un agricultor puede cultivar un mayor número de hectáreas.

-Mayores rendimientos.

-Es un suelo fértil, sin problemas de drenaje y salinidad.

-El agua de riego es de buena calidad.

-La pendiente es aproximadamente de 1%, no hay problemas de escorrentía.

Las **principales características** del riego por aspersión son:

- Distribución del agua en forma de lluvia, de manera uniforme sobre el suelo.

- Permite el riego de terrenos con pendiente sin la necesidad de realizar nivelaciones en el terreno.

- Conducción del agua por el interior de tuberías a presión, sin ningún tipo de pérdidas en su distribución.

- Distribución del agua sobre el terreno a medida que se va infiltrando, pudiendo aplicar solo las dosis necesarias para el cultivo, con el consiguiente ahorro de agua.

- Se evitan las pérdidas de agua por escorrentía, así se evita la erosión del suelo fértil.

- Con el propio sistema de riego se pueden aplicar tratamientos fitosanitarios, y aporte de fertilizantes.

- Se adapta a la mayoría de los cultivos incrementando su producción respecto a los sistemas de riego tradicionales.

- La exigencia de mano de obra disminuye en comparación con los sistemas de riego tradicionales.

- La eficiencia de riego es más alta que en riegos tradicionales.

- Evita infraestructuras superficiales que separan y enmarcan la parcela, y evita pérdidas en la superficie cultivada.

Pero el riego por aspersión también presenta **ciertos inconvenientes**:

- La mala compatibilidad del viento con la eficiencia de aplicación del riego, disminuyendo esta considerablemente, con lo que deberá evitarse el riego en días con velocidades del viento considerables.

- El coste elevado de implantación.

Principalmente se caracteriza por:

- Un elemento filtrante que se instalará en el edificio de control de mandos.

- Una válvula hidráulica en la entrada de cada módulo.

- Una red de tuberías de distintos diámetros que variarán en función del caudal que transporten.

- Un controlador de riego.

7.1 Marco de plantación de aspersores

Elegiremos la distribución del marco en forma triangular, ocupando los aspersores los vértices de una red de triángulos. Este tipo de disposición es el que mejor aprovecha el agua, pues la uniformidad de distribución del agua es mucho mejor cuando hay vientos dominantes.

En esta distribución triangular la distancia entre dos aspersores de un mismo lateral de riego será de 18 metros y la distancia entre dos laterales de riego sería de 18 metros también, lo que dará una red de triángulos equiláteros.

Este marco es elegido por su uniformidad y la gran adaptabilidad a las herramientas, para trabajar con anchuras múltiples a 3 metros. Otro aspecto que tenemos que controlar es que los extremos de las parcelas coinciden normalmente distancias irregulares de los aspersores a las márgenes de las mismas.

7.2 Características de los aspersores

Aspersor circular:

- Caudal emitido por el aspersor: **1976 l/h**
- Presión nominal: **3 kg/cm²**.
- Boquilla aspersor: **3/16'' (4,76 mm)**.
- Boquilla pequeña con chorro lateral (ranura vertical): **3/32'' (2,38 mm)**.
- Alcance: **14,5 m**
- Velocidad rotación: **1.070 rpm**
- Coeficiente de uniformidad 18 x 18T: **81.76%**
- Grado de pulverización (índice de Tenda): $K = 4,76 \text{ mm} / 30 \text{ mca} = \underline{\underline{0,1587}}$
- Índice de Poggi: $14.5 \text{ m} / 30 \text{ mca} = \underline{\underline{0,4833}}$
- Densidad de aspersión: **7,04 mm/ h**

Aspersor sectorial:

- Caudal emitido por el aspersor: **1757 l/h.**
- Presión nominal: **3 kg/cm².**
- Boquilla aspersor: **13/64'' (5,15 mm).**
- Alcance: **15,2 m**
- Velocidad rotación: **0,54 rpm**
- Coeficiente de uniformidad 18 x 18T: **80.99%**
- Grado de pulverización (índice de Tenda): $K = 5.15 \text{ mm} / 30 \text{ mca} = \mathbf{0,1716}$
- Índice de Poggi: $15.2 \text{ m} / 30 \text{ mca} = \mathbf{0,5066}$
- Densidad de aspersión: **5,42 mm/ h**

Porta aspersores :

Los porta-aspersores circulares tendrán una altura máxima de 2.5 metros.

Los porta-aspersores sectoriales tendrán una altura máxima de 2,5 metros y estarán dotados de un deflector, que consiste en una chapa atornillada en cabeza del porta-aspersor para evitar que vaya el agua a carreteras o caminos.

Se dotarán de válvulas de bola o grifos a aquellos porta-aspersores que los necesiten para cortar el caudal y realizar las reparaciones u operaciones que sean oportunas.

Los porta-aspersores serán de acero galvanizado de 3/4".

7.3 Organización del riego

Para la organización del riego nos vamos a centrar en el cultivo más exigente que en nuestro caso es el maíz.

-Periodo de tiempo crítico (con mayores necesidades hídricas), que es julio con **237,52 mm/mes.**

-Nº de riegos teóricos a aportar en dicho mes, que son **15.**

-Dosis real de riego, **20,18 mm/riego.**

-Nº de horas por riego, 3,31 h/riego. = **3h y 18 minutos**.

La pluviometría del aspersor es de **7,04 mm/h** para los aspersores circulares y de **5,42 mm/h** para los aspersores sectoriales.

$$\text{Nº de horas de riego (t}_r\text{)} = D_r / \text{intensidad de aspersión}$$

Aspersor circular = 20,18 (mm/riego) / 7,04 (mm/h) = **2,86 (h/riego)**

Aspersor sectorial = 20,18 (mm/riego) / 5,42 (mm/h) = **3,72 (h/riego)**

En ambos casos se considera una duración del riego de 3.72 horas que equivale a 3 horas y 43 minutos.

El riego se organiza a la demanda, comenzando a regar primeramente por el módulo de riego más alejado, y una vez finalizado comenzará el siguiente, y así sucesivamente hasta el último.

Por lo tanto según los cálculos teóricos, la postura del riego para el maíz es de 3,72 horas, suponiendo que se riega todo el día, regaremos al día unos 6,45 sectores y teniendo en cuenta que el espaciamiento entre riegos es de 2 días, tendríamos un total de 12 módulos en nuestra finca. Pero en la práctica esto no es factible, ya que tendría que estar teóricamente el riego en funcionando durante todo el mes crítico.

Así pues, en la práctica debido a la experiencia en otros proyectos de este tipo y a su buen funcionamiento, se opta por regar 8 horas en vez de 3,72 y así descansar durante 3,66 días, es decir 3 días y 15 horas para volver a empezar de nuevo el período de riego. Con esto tenemos que regando 8 horas por módulo, regaremos 3 módulos por día, por 2 días de riego, tendremos un total de 6 módulos de riego en nuestra finca (se considera una más para el buen funcionamiento de la instalación, ya que con el número de aspersores totales quedan mejor repartidos de esta manera).

7.4 Número máximo de aspersores por módulo de riego

El sistema de riego a dimensionar debe poder permitir el funcionamiento individual de un módulo, y una vez acabado este módulo comenzará el siguiente módulo y así sucesivamente ya que se trata de un sistema de riego a la demanda.

A la hora de determinar el número máximo de aspersores por unidad de riego, se considerará como unidad de riego el conjunto de todos los aspersores abastecidos por una misma toma de riego.

Así pues, para saber el número de aspersores por módulo se establece una división entre el número de aspersores totales y el número de módulos o sectores de riego.

$$385/6 = \underline{\underline{64,16 \text{ aspersores por módulo}}}$$

Teniendo en cuenta la forma y geometría de la parcela, y también la división de los sectores de riego, no todos podrán tener el mismo número de aspersores, por lo que los módulos variarían entre 55 y 69 aspersores.

<u>Módulo</u>	<u>Nº de aspersores sectoriales</u>	<u>Nº de aspersores circulares</u>	<u>Nº de aspersores totales</u>
A	21	40	61
B	14	52	66
C	9	46	55
D	19	48	67
E	22	47	69
F	20	47	67

8.Cálculo hidráulico de la red de riego

El cálculo de las pérdidas de carga se realiza primeramente a nivel de sector o módulo de riego, para saber la presión necesaria en la entrada de dicho módulo. Posteriormente y con el caso más desfavorable o más exigente en presión o caudal, se han calculado las pérdidas de la red de tuberías secundarias hasta llegar al edificio de control que es donde se regulan las presiones.

La alimentación de la red de riego se va a realizar mediante una tubería de abastecimiento a la parcela perteneciente a la comunidad de regantes de Montesús, por lo que se va a realizar el cálculo de las pérdidas de carga en toda la red en parcela y así con ello poder establecer la presión y caudal de cada unidad de riego.

Como ya hemos dicho en el punto 7.3 el intervalo entre riegos es de 2 días, para que se cubran todas las necesidades de riego, los aspersores que tenemos por módulo de riego y el caudal de cada uno de ellos es:

<u>Módulos</u>	<u>Nº de aspersores totales</u>	<u>Nº de aspersores sectoriales</u>	<u>Caudal aspersor sectorial (l/h)</u>	<u>Nº de aspersores circulares</u>	<u>Caudal de aspersor circular (l/h)</u>	<u>Caudal total en sector (l/s)</u>
A	61	21	1757	40	1976	32,20
B	66	14	1757	52	1976	35,37
C	55	9	1757	46	1976	29,64
D	67	19	1757	48	1976	35,61
E	69	22	1757	47	1976	36,53
F	67	20	1757	47	1976	35,56

Se puede observar que el sector que más caudal requiere es el módulo E, el cual necesita en total **36,53 l/s.**

8.1 Elección de los materiales

Los materiales utilizados en la red de distribución son el polietileno (PE) de alta densidad, para los laterales de riego y el policloruro de vinilo (PVC) para las tuberías, tanto secundarias, terciarias y primaria.

La elección de materiales plásticos como son el polietileno y el policloruro de vinilo para la red de riego se justifican por sus características:

- El polietileno presenta la ventaja de ser flexible, con lo que puede amoldarse a las curvas sin perder sección útil.

- El funcionamiento hidráulico de estos plásticos presenta coeficientes de fricción bajos, reduciendo los diámetros de las tuberías.

- Presentan una gran facilidad de reparación ya que existe una gran cantidad de piezas especiales en el mercado que facilitan estas operaciones.

- Las tuberías plásticas permiten el montaje fuera de zanja, con lo que el coste del mismo es mínimo.

Diámetros comerciales

Se encuentran en el anejo 8 las tablas de los diámetros nominales y sus presiones nominales.

Timbrado de las tuberías

La presión máxima que encontraremos en la red para el correcto funcionamiento del sistema es de 45 m.c.a. mientras que la presión mínima será de unos 30 m.c.a. en la base de los aspersores.

Por lo tanto el timbrado que se adopta para todas las tuberías es de 6 atm, es decir tuberías de presión nominal 0,6 MPa.

Con este timbrado se pretende, por un lado hacer frente a posibles sobrepresiones en la red, y por otro evitar el problema de que se produzcan deformaciones de las tuberías como consecuencia de la presión que el terreno ejerce en las tuberías.

Uniones

Optamos por la unión mediante junta elástica para la tubería de PVC..

Las tuberías de PE deberán ser unidas mediante soldadura por termofusión o por accesorios de ajuste mecánico.

Sobrepresiones en la red de riego

Éstas se producen principalmente por las siguientes causas:

- Cierre de válvulas de mariposa que aíslan los ramales.
- Cierre de un hidrante.
- Acumulación de aire en la red.
- Llenado de la red.

Las medidas que se toman para evitar o reducir las posibles sobrepresiones son las siguientes:

-Para evitar la sobrepresión por el cierre rápido de las válvulas (golpe de ariete) se colocan válvulas de cierre lento.

-Para evitar las acumulaciones de aire en las conducciones se colocan ventosas en los puntos más altos de la conducción.

-Para evitar fuertes sobrepresiones en el llenado de la red, el caudal se limitará a 1/10 del caudal nominal.

8.2 Método de cálculo utilizado

En primer lugar se fija la velocidad del agua circulante por las tuberías en 2 m/s obteniendo de esta forma un diámetro de predimensionado mediante la ecuación de continuidad:

$$Q = A * V = \pi * (D^2 / 4) * V$$

Siendo:

Q = Caudal

D = Diámetro de la conducción

V = Velocidad del fluido

Con ese diámetro se elige el diámetro comercial de la tubería cuyo diámetro interior se ajuste al obtenido en el predimensionado.

A partir de aquí se calculan las pérdidas de carga por rozamiento continuo en la tubería.

Pérdidas de carga en la tubería por rozamiento continuo por Darcy-Weisbach

$$h_r = J * L = f * (L / D) * (V^2 / 2g)$$

Siendo:

hr: Pérdidas de carga por rozamiento continuo, en m.c.a.

J: Pérdida de carga unitaria, en m/m.

L: Longitud de la conducción, en m.

f: Factor de fricción.

v: Velocidad del fluido dentro de la tubería, en m/s.

D: Diámetro interior de la conducción, en m.

g: Aceleración de la gravedad, en m/s².

El factor de fricción “f” se ha calculado con la fórmula logarítmica de Jain para régimen turbulento en zona de transición:

$$1 / \sqrt{f} = -2 \log ((5,73 / Re^{0,9}) + (K / (3,71 * D)))$$

Donde:

Re: Número de Reynolds.

K: Rugosidad absoluta de la conducción que depende del tipo de material de que se trate, en mm (para PE la K = 0,002 mm y para PVC la K = 0,02 mm).

D: Diámetro de la conducción, en mm.

Pérdidas de carga accidentales o singulares

Los elementos singulares dispuestos a lo largo de la red de distribución de agua provocan también una pérdida de carga en la conducción.

Ésta se denomina pérdida de carga singular (hS), para su cálculo se ha mayorado la pérdida de carga por rozamiento en un 20% (se ha tomado este valor basándose en la experiencia de otros proyectos).

Cálculo de las pérdidas de carga en los laterales de riego y las tuberías terciarias

Los módulos pertenecen a un sistema fijo de cobertura total enterrada, su dimensionado debe hacerse siguiendo la regla de **Christiansen** a todo el conjunto de tuberías que funcionan simultáneamente. Esta regla establece que “la variación máxima de caudal entre dos aspersores de una unidad de riego ha de ser menor o igual al 10 % del caudal nominal del aspersor”.

Esta regla llevada a la relación entre caudal y presión indica que la variación máxima de presión entre dos aspersores dentro de la misma unidad de riego no puede superar el 20% de la presión nominal del aspersor.

Estos módulos están constituidos por una tubería central que es la **tubería terciaria**, que será de **PVC**, con tramos telescópicos en función del caudal a transportar de distancias variables según el caso.

A ambos lados lleva laterales de riego de **PEBD Ø 32** en los cuales se colocan los porta-aspersores (normalmente se colocan de 3 o 4).

Algún módulo está realizado en parte mediante tuberías de PVC y sobre ellas se colocan los aspersores. Este método se ha adoptado porque permite una mejor instalación de la cobertura para la resolución de los módulos que caen en esquinas o módulos que por su longitud el sistema de inyección de polietileno resulta inviable.

Para calcular las pérdidas de carga en cada módulo se ha seguido el siguiente procedimiento:

- 1) Se aplica la regla de **Christiansen** indicada anteriormente, así se determina la variación máxima de presión admisible en la unidad de riego.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{P_n}{\gamma} = 0,2 \cdot 30 \text{ mca} = 6 \text{ mca}$$

- 2) Se determinan las causas de la variación de presión en la unidad de riego. Las causas de la ΔP son las pérdidas de carga y la diferencia de cotas pero en este caso al tratarse de una parcela llana, solo afecta a la variación de presión las pérdidas de carga.

De esta forma se determinan las pérdidas de carga admisibles

$$(AP / \gamma)_{UD} = (a \cdot hr)_{UD}$$

En este caso se igualan las dos expresiones anteriores, y entonces la pérdida de carga total admisible en la unidad de riego es de:

$$(a \cdot hr)_{UD} = 6 \text{ m.c.a.}$$

Tomando z positiva cuando la pendiente es ascendente y z negativa cuando la pendiente es descendente.

- 3) Se trasladan las pérdidas de carga admisibles en la unidad a las tuberías que forman los laterales de riego y la tubería terciaria.

$$(a \cdot hr)_{UD} = (a \cdot hr)_{TT} + (a \cdot hr)_{LR} = \underline{\underline{6 \text{ m.c.a.}}}$$

A partir de esta fórmula y una vez conocidas las pérdidas de carga en los laterales de riego obtenemos las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria por rozamiento continuo.

Las pérdidas de carga en el lateral de riego vienen determinadas por el diámetro de la tubería de la instalación que es el PE Ø 32 con un diámetro interior de 28 mm. Estas pérdidas se calculan utilizando la ecuación de continuidad de donde se determina la velocidad del agua, calculando el número de Reynolds, y posteriormente se determina el factor de fricción mediante la fórmula logarítmica de **Jain**. Una vez conocido todo lo anterior se calculan las pérdidas de carga mediante la ecuación de **Darcy-Weisbach**.

- 4) Una vez determinadas las pérdidas de carga en el último lateral de riego y conocida la pérdida de carga admisible en la unidad, se obtienen las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria.
- 5) Determinadas las pérdidas de carga máximas en la tubería terciaria y conociendo la longitud de cada módulo se calcula la pérdida de carga unitaria.
- 6) A partir de la pérdida de carga unitaria, se procede al cálculo hidráulico de la tubería terciaria tramo a tramo.

Cálculo de las pérdidas de carga en los laterales de riego y en los porta aspersores

Se calculan utilizando la fórmula de **Scobey**, que es la indicada en el caso de tuberías de acero y aluminio. De esta forma las pérdidas de carga que se presentan en un porta-aspersor son:

$$h_r = 0,717 * K * L * (Q^{1,9} / D^{4,9})$$

Donde:

hr: Pérdida de carga, en m.c.a.

K: Coeficiente para acero = 0,42

D: Diámetro hidráulico, en mm.

Q: Caudal, en l/h.

L: Longitud de la tubería (en este caso del porta-aspersor) en m.

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión anterior (con los datos que nos facilita el fabricante del aspersor elegido en el anejo 7):

$$h_r = 0,717 * 0,42 * 2,5 * (1976^{1,9} / 19^{4,9}) = \underline{\underline{0,74 \text{ m. c. a.}}}$$

A este valor hay que sumarle la altura del porta-aspersor que es de 2 m por lo que las pérdidas de carga totales en los porta-aspersores es de: **hr = 2,74m.c.a.**

Cálculo de las tuberías terciarias

Se ha tenido en cuenta el cumplimiento de la regla de **Christiansen**, por lo que la máxima pérdida de carga admisible en la unidad de riego no debe ser mayor del 20% de la presión nominal del aspersor.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{P_n}{\gamma} = 0,2 \cdot 30 \text{ mca} = 6 \text{ mca}$$

Se determinan las causas de la variación de presión en la unidad de riego. Las causas de la ΔP son las pérdidas de carga y la diferencia de cotas, pero en este caso al tratarse de una parcela llana, solo afecta a la variación de presión las pérdidas de carga. De esta manera se determinan las pérdidas de carga admisibles en la unidad de riego.

$$(AP / \gamma)_{UD} = (a \cdot hr)_{UD}$$

En este caso se igualan las dos expresiones anteriores, y entonces la pérdida de carga total admisible en la unidad de riego es de:

$$(a \cdot hr)_{UD} = \underline{\underline{6 \text{ m.c.a.}}}$$

Se trasladan las pérdidas de carga admisibles en la unidad a las tuberías que forman los laterales de riego y la tubería terciaria.

$$(a \cdot hr)_{UD} = (a \cdot hr)_{TT} + (a \cdot hr)_{LR} = \underline{\underline{6 \text{ m.c.a.}}}$$

A partir de esta fórmula y una vez conocidas las pérdidas de carga en los laterales de riego obtenemos las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria por rozamiento continuo.

$(H_{rmax})_{TT} = (a \cdot hr)/1,2 \quad (a = 1,2)$
--

En el anejo 8 se encuentran los resultados de las pérdidas de carga.

La presión necesaria al comienzo de cada módulo se ha calculado sumando a la presión de funcionamiento de los aspersores (30 m.c.a.) las pérdidas de carga que se producen en el módulo (las del tramo más desfavorable), más las pérdidas de carga singular (piezas especiales), y las del porta-aspersor.

En el anejo 8 se muestran las pérdidas de carga que se producen en cada módulo y submódulo, así como la presión necesaria en el origen de cada uno de ellos, que será la del submódulo que tenga mayores pérdidas de carga y esa será la presión necesaria en el origen de la unidad de riego.

Cálculo de las tuberías secundarias

Una vez dimensionadas estas tuberías y conociendo sus pérdidas de carga, sumadas a la presión necesaria en la entrada para cada módulo se puede calcular la presión a la que debe funcionar la red. Además, para el correcto dimensionado se deben tener en cuenta los diversos elementos singulares tales como válvulas, filtros, codos, derivaciones, etc.

El dimensionado de estas tuberías se realiza utilizando la fórmula empírica de **Veronese**, que es la que se utiliza para el PVC.

Para ello se parte de la condición de que en toma de riego debe haber una presión de 45 m.c.a. A partir de este dato, y conociendo la presión de los módulos (en este caso se toma la mayor), se conoce la pérdida de carga máxima para esa tubería secundaria.

Una vez conocida la pérdida de carga se establece la pérdida unitaria mínima que se puede presentar, y a partir de este dato se calcula el diámetro teórico (dependiente del caudal a transportar) de la tubería en cuestión. Una vez determinado este diámetro se ajusta al comercial. Adoptamos tuberías de PVC PN 0,6 MPa.

El proceso seguido es el siguiente:

$$\text{Veronese} \rightarrow (h_r / L) = J = 0,365 * (Q^{1,8} / D^{4,8}) \rightarrow$$

$$D_{\text{terico}} = (0,365 * (Q^{1,8} / J))^{1/4,8} \rightarrow D_{\text{comercial}}$$

Una vez conocidas las máximas pérdidas que pueden darse, se procede a la determinación de la pendiente hidráulica J. Los resultados pueden verse en la siguiente tabla:

Tramo	L (m)	Ho (m)	Ho-Hi (m)	J (m/m)
1	498	37	0,5	0,001

Con los datos de la J de la tabla anterior se procede al dimensionado de las tuberías, cuyos resultados se pueden ver en la tabla siguiente:

Tramo	L (m)	Q (L/s)	J min (M/M)	D teorico (mm)	D COMERCIAL
1	498	37,5	0,001	105,017	110

8.3 Movimiento de tierra

Los volúmenes de tierra a mover variaran en función de la tubería a colocar y de las longitudes de los tramos.

Las dimensiones de las zanjas son las siguientes:

<u>Diámetro exterior de la tubería (mm)</u>	<u>Anchura de la zanja (m)</u>	<u>Profundidad de la zanja (m)</u>
Ø ≤ 200	Ø (m) + 0,6	Ø (m) + 0,9
Ø > 200	Ø (m) + 0,7	Ø (m) + 0,9

La sección tipo de la tubería se compone de una cama de arena de espesor 10 + Ø/10 cm. Desde la generatriz inferior hasta 30cm por encima de la generatriz superior, se rellenara con material seleccionado de tamaño menor de 2 cm. La parte superior se rellena con material procedente de la excavación.

Los laterales o ramales de riego que se componen en su totalidad por PEBD Ø32, ha sido inyectado por medio de una oruga subsolador, a una profundidad de 0,9 metros. Los resultados son los siguientes:

<u>Módulo</u>	<u>Total(m)</u>
<u>Metros de</u> <u>PEBD</u> <u>Ø32</u> <u>inyectados</u>	<u>6124</u>

El volumen de tierra movido para las tuberías es el siguiente:

<u>Tubería</u>	<u>Longitud (m)</u>	<u>Anchura (m)</u>	<u>Profundidad(m)</u>	<u>Volumen(m³)</u>
PVC Ø 50	225	0,65	0,95	138,93
PVC Ø 63	263	0,66	0,96	166,63

PVC Ø 75	310	0,68	0,98	206,58
PVC Ø 90	456	0,69	0,99	311,49
PVC Ø 110	630	0,71	1,01	451,77
			<u>TOTAL</u>	<u>1275,40</u>

Los metros totales de PEBD Ø32 inyectados en la totalidad de la parcela son **6124 m**, y los metros cúbicos que se han excavado de zanja en toda la finca son **1275,40m3**.

9.Elementos singulares de la red de riego

Los elementos singulares que se disponen a lo largo de la red de riego tienen la misión de control y regulación de los caudales circulantes, así como el control y mantenimiento de la presión en la red de riego, el filtrado del agua y la evacuación de aire.

9.1 Válvulas

Válvulas hidráulicas

Una de las principales funciones va a ser poder abrir y cerrar el paso del agua a un módulo de riego determinado, para lo cual se ha de instalar una válvula en cada conexión de cada módulo con la tubería secundaria.

Elegiremos 6 válvulas de 4"

Válvulas de esfera

Hay un tipo de válvula de esfera que se instalan, la cual es:

-Válvulas de esfera de PVC, para la instalación de fertirrigación, serán necesarias una por cada depósito y además las necesarias para dirigir el fertilizante por las tuberías correspondientes.

Válvulas de ventosa

Son piezas destinadas a realizar el control de la presencia de aire en las conducciones hidráulicas. El tipo de válvula ventosa elegido es la válvula de doble efecto o trifuncional.

Válvulas de retención

La función de estas válvulas es permitir el flujo de agua en una única dirección, impidiendo la inversión del mismo.

Se instalará la válvula de 4", que irá instalada justo después del grupo moto-bomba (para evitar el golpe de ariete). La pérdida de carga esta entorno a los 0,2 m.c.a..

Válvulas de mariposa

Se han colocado válvulas de mariposa, una delante y otra detrás del filtro en la tubería primaria, en la caseta de bombeo. Son colocadas para en caso de limpiar el filtro o tener que desarmarlo, se cierran las dos válvulas y así no se va todo el agua de las tuberías por el suelo y se queda dentro de las tuberías.

9.2 Codos

Los codos son piezas especiales destinadas a conseguir las alineaciones de la tubería deseadas. Dependiendo de la curva que describa la tubería se colocarán codos de 45 o 90°.

9.3 Reducciones

Los cambios de sección de la tubería a lo largo de la red se consiguen mediante la colocación de piezas tronco-cónicas que sirven de conexión entre las tuberías de distinto diámetro.

La relación entre la longitud de la pieza y la diferencia entre los diámetros de las tuberías tiene que ser lo mayor posible para reducir las pérdidas de carga singulares en estos elementos.

9.4 Filtros

Los filtros son necesarios para evitar la obturación de los aspersores.

Se ha elegido filtro de mallas autolimpiables que realizan un tamizado superficial del agua, reteniendo las partículas mayores que los orificios de la malla y evitándose así la obturación de las boquillas, y será instalado en la caseta de bombeo.

Se optará por uno de 4”.

9.5 Fertirrigación

Consiste en el aporte de abonos junto con el agua de riego, en los momentos más idóneos para el desarrollo de las plantas.

9.6 Anclajes

En determinados puntos de la red como son los cambios de sección, cambios de dirección, derivaciones en té y tapones terminales se producen empujes en la tubería debido a la presión hidrostática. Para evitar el desplazamiento de la tubería en estos puntos, se han colocado macizos de hormigón que sirven de anclaje a la conducción.

9.7 Desagüe

Desagües de la red de riego

Para el vaciado de la red o de tramos aislados, se han colocado desagües a lo largo de la red de distribución.

Desagües fin de tramo

Al final de cada tramo de la tubería terciaria de cada módulo se colocará una prolongación de la misma con salida al exterior consistente en doble codo 90° con 1 m. de tubería de 50 mm de diámetro, con tape final macho roscado, todo en PVC.

Este desagüe permite la expulsión de elementos extraños en la red durante los primeros riegos al comenzar la campaña de riego para evitar obturaciones en los emisores, al igual que el vaciado de la red en caso de ser necesario.

9.8 Automatización

Como el sistema de riego está automatizado la solución más idónea para controlar la cantidad del producto a inyectar es la de instalar un contador de productos químicos. Este transmitirá la información al programa de riego, el cual tendrá fijada en una base de datos la cantidad de producto químico a inyectar. Una vez fijada dicha cantidad, el programador actuará sobre la electroválvula instalada en la tubería de alimentación del motor hidráulico del inyector, cerrándola, con lo que finalizará la inyección.

9.9 Equipo de inyección

En nuestro caso, se utilizara una bomba hidráulica que sea de fácil montaje.

9.10 Contadores

Para la automatización de la fertilización, es necesario un contador de productos químicos a la salida del inyector.

9.12 Programador de riego

El programador de riego elegido permite realizar el control total de la red de riego, activando de forma automática cada uno de los sectores de riego, ya sea en base volumétrica o temporal. Asimismo, controla la fertilización y la apertura o cierre de la instalación.

Almacena los diferentes parámetros de riego, tanto actuales como acumulados.

Este se alimenta a 240 V CA y opcionalmente a 12 V DC. Se colocará en la caseta de bombeo.

9.13 Automatismo de la red de riego

Están formados por todo el conjunto de elementos que hacen que: las válvulas se abran y cierren de forma automática por medio de la orden del programador de riego, o la diferencia de presión entre dos presostatos.

Por lo que por cada válvula se necesitan los siguientes elementos:

- Llave de tres vías.
- Solenoide.
- Microtubos de comando.

10. Estudio de seguridad y salud

En conformidad con el REAL DECRETO 1627/1997, Capítulo II, Artículo 4, apartado 2, “ el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud en la obra”.

Medidas preventivas y protecciones colectivas

- Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra. (Permanente)
- Orden y limpieza de los lugares públicos. (Permanente)
- Recubrimiento o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T. (Permanente)
- No permanecer en el radio de acción de las máquinas. (Permanente)
- Vallas de limitación y protección. (Permanente)

- Señales de tráfico. (Permanente)
- Señales de seguridad. (Permanente)
- Cinta y conos de balizamiento (Alternativa la vallado)
- Topes de desplazamiento de vehículo. (Permanente)
- Jalones de señalización. (Ocasional)
- Balizamiento luminoso. (Permanente)
- Extintores de polvo seco. (Permanente)
- Interruptores diferenciales. (Permanente)
- Tomas de tierra. (Permanente)
- Evacuación de escombros. (Permanente)
- Información específica. (Para riesgos concretos)
- Cursos y charlas de formación. (Frecuente)

Equipos de protección individual (empleo)

- Cascos de seguridad. (Permanente)
- Calzado protector. (Permanente)
- Ropa de trabajo. (Permanente)
- Ropa impermeable o de protección. (Con mal tiempo)
- Gafas de seguridad (Frecuente)

Formación

Todo el personal debe recibir al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, junto con las medidas de seguridad que deberá emplear.

Se impartirá formación en materia de seguridad y salud laboral, al personal de la obra.

Mediciones preventivas y primeros auxilios

Se prevé la instalación de un botiquín.

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos.

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo, y que será repetido en el periodo de un año.

Dicho estudio se encuentra ampliamente desarrollado, en el Estudio de Seguridad y Salud.

11.Presupuesto

A continuación se refleja los costes de cada capítulo de obra:

- Capítulo 1: Movimiento de tierras: 2.209,08€ (6,23%)
- Capítulo 2: Tuberías: 16.328,19€ (46,01%)
- Capítulo 3: Aspersores y accesorios: 5.120,88€ (14,43%)
- Capítulo 4: Accesorios PVC: 0€ (0%)
- Capítulo 5: Collarines: 171,28€ (0,48%)
- Capítulo 6: Válvulas y accesorios: 5.560,95€ (15,67%)
- Capítulo 7: Automatización del riego: 2.335,31€ (6,58%)
- Capítulo 8: Fertirrigación: 1.915,67€ (5,40%)
- Capítulo 9: Estudio Seguridad y salud: 1.845,07€ (5,20%)

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....35.486,41 €

+ 13,00 % Gastos generales	4.613,23 €
+ 6,00 % Beneficio industrial	2.129,18 €
 SUMA DE GASTOS GENERALES. Y B.I.....	6.742,41 €
 + 21,00 % I.V.A.	8.868,05 €
 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	51.096,87 €
 <u>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</u>	<u>51.096,87 €</u>

12.Viabilidad económica

Para analizar la viabilidad económica del proyecto, calculamos una serie de ratios como son el V.A.N. (Valor actual neto) , T.I.R. (Tasa interna de rentabilidad). Son indicadores de rentabilidad absoluta y rentabilidad relativa respectivamente.

El **VAN** nos dice si una inversión es rentable, cuando el valor es mayor de cero.

El **TIR** es el tipo de interés que hace que el VAN de la inversión sea igual a cero, nos representa las unidades monetarias que se ganan por cada unidad monetaria invertida y año.

Para calcular los ratios citados anteriormente, se considera una vida útil de la inversión de 25 años, sobre el cual se define la corriente de pagos y cobros analizando toda su superficie en conjunto.

La rotación de cultivos se repite cada 10 años, como bien se indica en el anejo 5 con lo cual será 2,5 ciclos.

Los precios de los productos pertenecen a datos de las campañas de los años anteriores; se tendrán en cuenta los ingresos provenientes de la PAC previstos por la AGENDA 2010.

El ingreso que se recibe de la PAC es el llamado pago único que tiene un valor de 260€/ha. Este cobro es recibido indistintamente de lo que se siembre, es siempre esa cantidad, hasta que no haya una reforma de la PAC.

El flujo destruido es el valor de los rendimientos que se obtienen en la situación actual. Se calcula a partir de los costes de producción y de los ingresos que se obtienen.

En la tabla siguiente se muestran los resultados:

<u>Cultivo</u>	<u>Coste (€/ha)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Flujo destruido (€/ha)</u>	<u>Total flujo destruido (€)</u>
Barbecho	60	260	200	2000

Costes del agua de riego

Canon, derramas y cuotas de la comunidad de regantes es de 34 €/ha, como nuestra explotación tiene 10 ha, el coste anual del canon, derramas y cuotas es de 340 €.

El precio del agua consumida es de 5 € por cada 1000m³ de agua elevada.

Estudio de la rentabilidad de la inversión

A continuación se resume los gastos e ingresos a lo largo de los diez años que dura la rotación de los cultivos que vamos a cultivar en la parcela.

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
1	Alfalfa	10	10700	149,8	602,78	6027,80	1760	17600
Costes totales						6027,80	Ingresos totales	17600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
2	Alfalfa	10	10700	149,8	602,78	6027,80	1760	17600
Costes totales						6027,80	Ingresos totales	17600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
3	Alfalfa	10	10700	149,8	602,78	6027,80	1760	17600
Costes totales						6027,80	Ingresos totales	17600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
4	Alfalfa	10	10700	149,8	602,78	6027,80	1760	17600
Costes totales						6027,80	Ingresos	17600

		totales	
--	--	---------	--

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
5	Alfalfa	10	10700	149,8	602,78	6027,80	1760	17600
Costes totales						6027,80	Ingresos totales	17600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
6	Maíz	10	9000	126	979	9790	2420	24200
Costes totales						9790	Ingresos totales	24200

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
7	Guisante	10	2691	37,66	597	5970	1687,4	16874
	Girasol	10	3632	50,84	413,6	4136	1049,7	10497
Costes totales						10106	Ingresos totales	27371

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
8	Cebada	10	2422	33,9	427,8	4278	948,61	9486,1
Costes totales						4278	Ingresos totales	9486,1

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
9	Veza	10	3289,1	46,05	334,44	3344,4	540	5400
	Maíz	10	9000	126	979	9790	2420	24200
Costes totales						13134,4	Ingresos totales	29600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
10	Trigo	10	3228	45	441,5	4415	1112,12	11121,2
Costes totales						4415	Ingresos totales	11121,2

El presupuesto total de la inversión asciende a 51096,87 €. Requeriremos un préstamo de 30.000 € de cuota constante a 5 años y con un interés del 5%.

Para la modernización del regadío de la finca, se recibe una ayuda del 17% del presupuesto total de la inversión. Que es de 8686,46€ y será recibida el año 1.

Estudio de la rentabilidad de la inversión

Una vez calculados los flujos de caja en el apartado anterior, se han calculado los índices de rentabilidad que se exponen a continuación:

- Valor Actual Neto (VAN): **103519,62€**
- Tasa Interna de Rentabilidad: **40%**
- Pay Back: **2años**

13 Situación actual

En la actualidad la finca objeto de modernización no se cultiva nada, ya que nos encontramos en una zona con climatología muy cambiante de un año a otro, y el propietario decidió hace un tiempo dejar la finca en barbecho debido a los malos resultados obtenidos. Los rendimientos dependen de la climatología ya que se trata de una zona de secano, por lo tanto, son muy inferiores comparándolo si el riego fuera por aspersión, como deseamos que sea una vez hecho este proyecto.

14 Conclusión

El valor de la inversión es de 35486,41€ más un 13% por gastos generales y más un 6% debido al beneficio empresarial, más el 21% de IVA, así el valor total de la inversión es de 51096,87 €. Desde el punto de vista del VAN se observa que la inversión es rentable. El TIR es superior al tipo de interés utilizado, por lo tanto la inversión también es rentable.

Para este estudio de rentabilidad se ha considerado la rotación de cultivos expuesta en el anejo 5.

15. Documentos de los que consta este proyecto

1. Memoria

Anejos a la memoria

Nº1 Objetivo y antecedentes.

Nº2 Estudio climático.

Nº3 Estudio edafológico.

Nº4 Calidad del agua.

Nº5 Rotación de cultivos.

Nº6 Cálculo de necesidades hídricas.

Nº7 Justificación y características del sistema de riego elegido.

Nº8 Cálculo hidráulico.

Nº9 Elementos singulares de la red de riego.

Nº10 Estudio de viabilidad económica

2. Planos

Nº1 Situación y emplazamiento.

Nº2 Topografía.

Nº3 Módulos de riego.

Nº4 Automatización.

Nº5 Toma de riego tipo.

Nº6 Detalle de zanja.

Nº7 Derivación.

Nº8 Detalles de anclaje.

Nº9 Detalles de aspersores.

Nº10 Detalles de la bomba de impulsión.

3. Pliego de condiciones

4. Presupuesto

4.1 Cuadro de mediciones

4.2 Cuadro de precios unitarios.

4.3 Cuadro de precios descompuestos.

4.4 Presupuesto general.

4.5 Resumen del presupuesto.

5. Estudio de seguridad y salud

16.Bibliografía

1. Fernández, Julián; Riegos manual práctico con todas las técnicas más modernas; Editorial De Vecchi, S.A-Barcelona.(1984).
2. Montalvo, López, Teodoro; Riego localizado diseño de instalaciones; Ediciones: VJ (2005).
3. Moya, Talens, J.A; Riego localizado y fertirrigación; Ediciones Mundi-Prensa (2002).
4. Thompson, L.M y Troeh, F.R; Los suelos y su fertilidad; Editorial: Reverté, S.A.(1988).
5. Urbano, Terrón, P.; Fitotecnia (Ingeniería de la producción vegetal); Ediciones Mundi-Prensa (2002).
6. Villalobos, F. , Mateos, L. , Orgaz, F. , Fereres, E. ; Fitotecnia (Bases y tecnologías de la producción agrícola; Ediciones Mundi-Prensa (2002).
7. Nogués, Navarro, Jesús; Mapa de suelos de Huesca. Aplicaciones para modernización de regadíos; Edita: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón (2002).
8. Apuntes de Hidrología, Cultivos, Oficina, Ingeniería, Economía, Fitotecnia, etc.
9. Catálogos aspersores **Vyrsa**.
10. Mapas De clases Agológicas.
11. Otras revistas y catálogos.

En Huesca 25-Mayo-2015

Fdo. Carlos Porta Gayán

Ingeniero Técnico Agrícola Especialidad Explotaciones Agropecuarias



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD DE
ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE CARRERA

Puesta en riego por aspersión en Poleñino (Huesca)

ANEJOS A LA MEMORIA

ÍNDICE DE LOS ANEJOS

ANEJO 1. OBJETIVO Y ANTECEDENTE

ANEJO 2. ESTUDIO CLIMÁTICO

ANEJO 3. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

ANEJO 4. CALIDAD DEL AGUA

ANEJO 5. ROTACIÓN DE CULTIVOS

ANEJO 6. CÁLCULO DE NECESIDADES HÍDRICAS

ANEJO 7. JUSTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO ELEGIDO

ANEJO 8. CÁLCULO HIDRÁULICO

ANEJO 9. ELEMENTOS SINGULARES DE LA RED DE RIEGO

ANEJO 10. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

ANEJO 1

Objetivo y antecedente

Objetivo y antecedente

ÍNDICE DEL ANEJO 1

Pág.

1. Objeto del proyecto.....	2
-----------------------------	---

2. Condiciones del promotor.....	3
----------------------------------	---

3. Situación de la parcela.....	4
---------------------------------	---

3.1. Ubicación	4
----------------------	---

3.2. Vías de comunicación	5
---------------------------------	---

3.3. Superficie.....	5
----------------------	---

1.Objetivos del proyecto

El objetivo del presente proyecto es la transformación de una parcela de 10 hectáreas en el término municipal de Poleñino (Huesca). Se trata de una parcela de secano que en la actualidad, tras la modernización de regadíos de la Comunidad de Regantes de Montesúsín., cuenta con una boca de agua en el borde de la parcela para la transformación a regadío de la misma. La finalidad es transformarla a regadío por aspersión con cobertura total enterrada con agua procedente de los pantanos de la Sotonera y del Grado.

Con ello se pretende obtener mejores rendimientos, facilitar el trabajo del agricultor y hacer más rentable la explotación.

Para poder realizar la transformación también se hace necesario el diseño de las conducciones, la instalación de tuberías y los distintos sistemas de riego a nivel de parcela. Así como un edificio de control de mandos para llevar a cabo el control del riego a nivel de parcela como el usuario quiera.

Para poder desarrollar el presente proyecto es necesario:

- Un estudio de la climatología de la zona para poder determinar los periodos de sequía y lluvias para poder determinar la evapotranspiración de los cultivos, los periodos de heladas para prevenirlas, los regímenes de temperaturas, etc.
- Un estudio general de suelos que determine sus características más importantes y saber así que tipos de cultivos se adaptan mejor que otros y cuáles son los que nos convienen, para obtener una mayor rentabilidad.
- Un estudio del análisis del agua de riego, procedente del pantano de la Sotonera y del Grado, para determinar su nivel de calidad y su idoneidad para el riego.
- Un cálculo de las dosis de agua de riego necesarias para varios cultivos a implantar en la parcela, para realizar una buena planificación y rotación de cultivos.

- El diseño de la distribución de la red de riego.

Todos estos apartados serán analizados y calculados en sus respectivos anejos que serán desarrollados de forma pormenorizada.

Con la realización de este proyecto se pretende la puesta en riego por aspersión de la finca, como ya se ha mencionado anteriormente, que ayude a transformar una agricultura tradicional de secano en una agricultura moderna de riego por aspersión, basada en la producción de cultivos extensivos como pueden ser cereales u hortícolas aumentando de esta forma la rentabilidad de la explotación y consiguiendo un producto de mayor calidad, disminuyendo, en la medida de lo posible, los gastos y la mano de obra. Todo esto se hace posible gracias a una importante inversión económica, la cual será estudiada en su anejo correspondiente.

2.Condiciones del promotor

El propietario de la finca, antes de realizar la transformación de regadío en la finca, establece las siguientes condiciones:

- Toda la finca se transforma a riego por aspersión con cobertura total enterrada, donde se procederá a la siembra de cultivos herbáceos extensivos propios de la zona.
- No es ningún problema el coste de la maquinaria o herramientas para los cultivos ya que el promotor posee toda la maquinaria necesaria para los cultivos extensivos, así como lugares de almacenaje para guardar la maquinaria.
- La venta del producto de los cultivos extensivos está garantizada, ya que son productos propios de la zona, y su comercialización está asegurada.

3.Situación de la parcela

La finca a proyectar tiene una superficie de aproximadamente 10 hectáreas, las cuales están declaradas en la actualidad como secano.

En esta parcela se ha cultivado tradicionalmente cereales de invierno.

3.1Ubicación

La finca se sitúa en su totalidad en el término municipal de Poleñino, Comarca de Los Monegros, provincia de Huesca. Se encuentra a unos 1000 metros del núcleo urbano de Almuniente. La parcela se ubica en el paraje El Romeral.

3.2 Vías de comunicación

La parcela se encuentra en el término municipal de Poleñino perteneciente a la comarca de los Monegros. El término municipal de está situado a 35 Kilómetros de Huesca en dirección sur.

El acceso a la finca se realiza, pasado el pueblo de Poleñino (por la carretera dirección Cantalobos). A 400 metros pasado el pueblo giramos a la izquierda por el primer camino que hay, lo seguimos sin dejarlo 500 metros, hasta llegar a la parcela. Su localización (como punto de referencia) es el cementerio de la localidad, la parcela se sitúa en la margen izquierda del barranco Otín, enfrente del cementerio(margen derecha).

3.3 Superficie

La finca se compone de 17 hectáreas, de las cuales 10 son de uso agrícola y actualmente cultivo de secano y las 7 restantes son pastos. Se podrían realizar movimientos de tierras para transformar las 7 hectáreas de pasto en uso agrícola pero debido a la orografía del terreno supone un coste muy elevado, por lo que el promotor ha descartado esta opción.

ANEJO 2

Estudio climático

Estudio Climático

ÍNDICE DEL ANEJO 2

	<u>Pág.</u>
1.Introducción.....	3
2.Temperaturas.....	4
2.1 Régimen de heladas.....	7
2.2 Horas frío.....	9
3.Elementos hídricos.....	10
3.1 Precipitaciones.....	10
3.2 Humedad relativa.....	13
3.3 Niebla y rocío.....	15
4.Viento.....	16
5.Radiación Solar.....	18
6.Índices termopluviométricos.....	19
6.1 Índice de Lang.....	19
6.2 Índice de Martonne.....	20

6.3 Índice de Dantin Cereceda y Revenga.....	21
6.4 Diagrama ombrotérmico.....	22
7.Cálculo de la evapotranspiración.....	24
7.1 Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP).....	24
7.2 Cálculo de la evapotranspiración de referencia (Eto).....	26
7.3 Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (Etc).....	28

1. Introducción

La instalación de la puesta en riego por aspersión de una finca depende de la climatología de la zona en la que se encuentra ubicada dicha finca y del cultivo que se va a implantar en la finca. El crecimiento del cultivo va a depender del clima entre otros factores, con lo cual es fundamental realizar un estudio detallado del clima de la zona.

Los datos climáticos se han tomado de la estación meteorología de Sariñena, y de Tardienta dado que son de las más cercanas (Tardienta esta a 21km en línea recta y Sariñena a 17 km en línea recta) además no hay grandes accidentes geográficos por medio y por lo tanto los datos son bastante significativos respecto a los de la parcela objeto de la transformación.

La serie de datos termopluviométricos tomados corresponden a un periodo de 8 años, de 2005 a 2013, que será suficiente para aceptar el estudio climático y, así de esta manera, poder obtener la máxima precisión a la hora de determinar los datos climáticos necesarios para la elaboración de este proyecto.

Los elementos climáticos que vamos a estudiar son los que nos van a afectar en la implantación del cultivo y en el sistema de riego. Estas variables son: temperatura, precipitación, viento, radiación solar y humedad relativa.

2. Temperatura

En función de los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas citadas anteriormente se han realizado las siguientes tablas, que sirven de base para el estudio del clima.

Consideramos que la zona de Los Monegros, y más concretamente Poleñino, el clima se identifica como **mediterráneo continental**.

Con temperaturas medias anuales de unos 15° C.

Temperaturas medias del mes más frío superiores a los 4° C.

Temperaturas medias en los meses más cálidos de unos 24° C.

El periodo frío es poco intenso pero de larga duración, alrededor de 5 a 7 meses, siendo enero el mes más frío y julio el mes más cálido.

TEMPERATURAS MEDIAS (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2005	4,3	6,7	10,5	14,1	19,0	25,5	24,6	22,9	19,6	15,5	8,5	1,9	14,4
2006	4,2	4,7	10,8	13,7	18,9	22,6	26,3	21,7	20,5	16,7	11,2	3,2	14,5
2007	4,6	8,0	9,4	13,8	17,4	21,3	23,3	22,2	19	14,4	6,6	4,3	13,7
2008	5,8	8,1	9,7	13	16,1	20,3	23,6	23,3	18,8	13,9	6,9	4,4	13,7
2009	4,0	6,6	10	11,8	18,9	23,3	24,8	24,8	19,9	15,6	10,1	5,3	14,6
2010	4,8	5,1	8,6	13,5	15,6	20,5	25,6	23,5	18,8	13,4	8,0	4,2	13,5
2011	3,8	7,2	9,7	15,3	18,7	21,2	22,5	24,7	21,3	15,4	10,8	6,6	14,8
2012	5,2	4,5	11,1	11,7	18,6	23,2	23,7	25,8	19,5	13,9	9,3	6,2	14,4
2013	5,6	6,3	9,5	13,1	13,3	19,5	25,1	22,9	19,5	16,3	9,1	2,9	13,6
MEDIA	4,9	6,9	10,7	12,7	17,7	21,7	24	24	19,3	14,6	8,6	5,8	14,1

TEMPERATURAS MEDIAS MAXIMAS (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2005	7,5	13,5	17,5	19,8	25,3	29,7	30,6	31,6	25,2	18,9	13,1	5,1	19,8
2006	9,3	14,6	17,2	21	25,1	31,1	32,5	32,9	24,9	20,8	15,5	11,5	21,4
2007	10,1	10,5	17,7	19,9	22,6	33	32,9	34,2	24,7	17,7	13	8,2	20,4
2008	10,6	7,8	13	15,9	22,9	30,7	30,2	30,2	27,2	21	11,9	8,4	19,2
2009	5,1	8,9	16,8	17,9	24,5	31	31,7	29,5	25,5	20,3	12,7	6,2	19,2
2010	7,7	10,1	16,2	21	25,3	29,6	33,3	28,5	25,5	21,4	15,2	6,4	20
2011	8	10,5	16,8	20,8	25,4	29,1	32,8	29,1	24,9	20,1	15,1	7,2	19,9
2012	8,1	10,9	16,7	20,9	25,1	29,5	33	29,5	25,1	20,6	14,9	7,6	20,1
2013	7,8	12,8	17,2	18	26	30,6	33,2	28,9	27,2	22,3	15,8	8	20,7
MEDIA	9,6	12,5	17,1	19,1	23,9	28,7	31,7	30,8	24,9	20,1	13,6	9,2	20,1

TEMPERATURAS MEDIAS MINIMAS (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2005	0,1	1,6	3,1	7	11,7	14,6	17	18	12,2	7,9	2,2	-3,5	7,7
2006	-0,1	2,9	5,9	7,4	12,1	16,7	18,1	16,1	12,9	9,3	5,8	4,3	9,3
2007	0,8	0,9	4,4	7,2	10,2	17	17,3	17,9	12,5	7,7	3,9	0,2	8,3
2008	0,5	-1,4	0,3	3,8	8,6	14,5	15,3	16	13,5	8,8	0,7	0,1	6,7
2009	-3,2	-4,3	2,6	6,5	11,3	16,1	16,7	15,9	12,8	10,6	3,9	-2,6	7,2
2010	0,4	-0,8	5,3	7,7	11,3	14,4	18,4	14,3	14,6	11	6,6	-0,4	8,6
2011	0,7	0,9	4,1	6,8	11,4	15,2	17,9	14,9	13,6	11,2	5,3	0,5	8,5
2012	0,8	0,7	4,3	6,9	11,9	14,9	17,6	15,3	13,9	10,9	5,8	0,8	8,7
2013	-0,2	1,6	3,1	6,3	12	15,7	17,3	17,9	13,3	9,8	5,1	1,4	8,6
MEDIA	0,0	0,2	3,7	6,6	11,2	15,5	17,3	16,3	13,3	9,7	4,4	0,1	8,2

TEMPERATURAS MAXIMAS ABSOLUTAS (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2005	14,8	18,5	24,6	24,8	35,3	37,8	36,5	37,5	29,7	24,5	19,2	14	26,4
2006	13,7	18,3	27,7	30,1	31,6	37,5	38,1	38,4	29,9	25,3	22,6	17	27,5
2007	21,1	14,5	21,8	26,3	28,9	38,2	37,3	38,3	28,6	25,6	18	15	26,2
2008	17,3	13,3	21,6	23,1	29,2	36,5	36,4	35,7	32,1	29,2	17,3	13	25,4
2009	16,7	15,5	23,6	29	30	35,5	38,1	34,5	32,7	27,4	19,3	14	26,3
2010	15,3	16,9	24,2	24,7	33,5	34	36,4	32	33,6	25,9	19,9	18	26,2
2011	15,5	17,1	24,1	24,9	32,9	34,5	36,5	33,1	32,9	25,8	20,1	18	26,3
2012	15,8	17,4	24,2	25,3	33,1	34,8	36,3	33,5	33,1	25,7	19,9	18	26,5
2013	17	18	25	26	33	37	37	37	33	29	19	14	27,1
MEDIA	16,4	16,6	24,1	26,0	31,9	36,2	37,0	35,6	31,7	26,5	19,5	15,6	26,4

TEMPERATURAS MINIMAS ABSOLUTAS (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2005	-6,9	-2,3	-0,6	2,0	3,0	9,7	12,7	13,8	5,9	5,2	-3,2	-12,8	3,6
2006	-2,8	-2,2	-0,8	2,7	5,1	11,4	14,3	14,2	6,1	4,4	1,0	-0,8	4,4
2007	-6,5	-7,4	-0,8	-0,2	4,2	13,2	12,7	14,3	9,2	1,9	-0,6	-4,0	3,0
2008	-5,6	-5,8	-7,2	-0,7	2,5	9,0	9,0	10,3	6,8	2,0	-6,1	-6,7	0,6
2009	-13,1	-13,7	-10,7	2,6	7,4	12,1	11,9	10,5	4,9	4,4	-1,3	-8,3	0,6
2010	-5,6	-4,9	-4,1	3,8	5,9	6,6	13,9	10,6	8,7	7,3	1,7	-5,6	3,2
2011	-5,2	-4,5	-3,9	2,8	5,5	7,1	13,5	10,9	8,8	6,9	1,5	-4,2	3,3
2012	-4,9	-4,4	-3,1	2,9	5,8	7,9	14,2	11,4	9,1	6,5	1,2	-4,8	3,5
2013	-7,0	-2,0	-1,0	3,0	6,0	11,0	13,0	13,0	11,0	0,0	0,0	-3,0	3,7
MEDIA	-6,4	-5,2	-3,6	2,1	5,0	9,8	12,8	12,1	7,8	4,3	-0,6	-4,7	2,9

RESUMEN DE LAS TEMPERATURAS (°C)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
Tmm	4,9	6,9	10,7	12,7	17,7	21,7	24	24	19,3	14,6	8,6	5,8	14,1
Tm	8,3	11,6	16,7	19,3	24,7	30,4	32	30,6	25,8	20,3	14,1	8,1	20,2
Tm	0,0	0,2	3,7	6,6	11,2	15,5	17,3	16,3	13,3	9,7	4,4	0,1	8,2
TMa	16,4	16,6	24,1	26,0	31,9	36,2	37,0	35,6	31,7	26,5	19,5	15,6	26,4
Tma	-6,4	-5,2	-3,6	2,1	5,0	9,8	12,8	12,1	7,8	4,3	-0,6	-4,7	2,8

- **Tmm**: temperatura media mensual
- **Tm**: temperatura media máxima
- **tm**: temperatura media mínima
- **TMa**: temperatura máxima absoluta
- **tma**: temperatura mínima absoluta

2.1 Régimen de heladas

A partir de la serie climática de 8 años, de 2005 a 2013, se establecen los siguientes periodos de heladas:

INTERVALO	PRIMERA HELADA	ULTIMA HELADA
2005-2006	09/11/2005	03/03/2006
2006-2007	07/12/2006	04/04/2007
2007-2008	05/11/2007	13/04/2008
2008-2009	08/11/2008	13/03/2009
2009-2010	28/11/2009	03/03/2010
2010-2011	02/12/2010	18/03/2011
2011-2012	13/12/2011	12/03/2012
2012-2013	11/12/2012	10/03/2013
MEDIA	25-nov	17-mar

El mayor periodo de helada queda comprendido entre el 5 de noviembre para la primera helada y el 13 de abril para la última helada, un total de 159 días con riesgo de heladas y 206 días sin riesgo de helada.

El menor periodo de heladas está comprendido entre el 13 de diciembre y el 12 de marzo con 89 días con riesgo de heladas y 276 días libre de heladas.

El periodo medio de heladas está comprendido entre el 25 de noviembre y el 17 de marzo, en total 112 días de riesgo de heladas y 253 días libre de heladas.

Según la propuesta de Emberger se hace un estudio del régimen de heladas para comprobar si en las épocas de bajas temperaturas podría haber algún impedimento para el establecimiento del cultivo.

Divide el año en periodos según la probabilidad de producirse heladas, utiliza la media de las temperaturas mínimas con el siguiente criterio:

A). **Período seguro de heladas:** Se produce cuando la temperatura media de las mínimas es inferior a 0° C.

B). **Período frecuente de heladas:** Se produce cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 0° y 3° C.

C). **Período poco frecuente de heladas:** Cuando la temperatura media de las mínimas está comprendida entre 3° y 7° C.

D). **Período con heladas muy poco frecuentes:** Cuando la temperatura media de las mínimas es superior a 7° C.

Observados y estudiados todos los datos se puede deducir:

RIESGO	T. (°C)	INICIO	FIN	Nº DIAS
<u>Seguro</u>	$T < 0^{\circ}\text{C}$	Ninguno	Ninguno	0
<u>Frecuente</u>	$0^{\circ}\text{C} < T < 3^{\circ}\text{C}$	Diciembre	Febrero	90
<u>Poco frecuente</u>	$3^{\circ}\text{C} < T < 7^{\circ}\text{C}$	Noviembre	Marzo	151
<u>Muy poco frec.</u>	$T > 7^{\circ}\text{C}$	Octubre	Mayo	184

2.2 Horas frío

Para el cálculo de las horas de frío tomaremos como referencia Mota.

Según **Mota**, el número mensual de horas menor a 7°C , puede calcularse por la fórmula:

$y = 485,1 - 28,5 \times x$ Siendo x la temperatura media mensual.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
X	14,6	8,6	5,8	4,9	6,9	10,7	12,7
Y	69	240	319,8	345,45	288,45	180,15	123,15

$\Sigma y = \underline{\underline{1566 \text{ horas}}}$ de frío $< 7^{\circ}\text{C}$

3. Elementos hídricos

3.1 Precipitaciones

Nos encontramos en una zona en donde las mayores precipitaciones se localizan en dos épocas del año que son en otoño y primavera siendo. Siendo en primavera más intensas.

Los registros más bajos se dan en los meses de verano, aunque en este periodo tomado, las medias pluviométricas nos indican lo contrario. Hay que tener en cuenta que durante el verano los días de lluvia son menores pero estas caen con mayor intensidad debido a que se produce en forma de tormentas.

En las siguientes tablas se muestran las precipitaciones medias mensuales y los días de lluvia de cada mes del año 2005 al 2013.

PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2005	95	26	0	64,1	17,6	61,6	21	37,7	10,7	9,8	42,5	62,6	448,6
2006	8,8	6,2	5,5	36,7	27	1,5	16,5	20,4	40,2	6	9	16,6	194,4
2007	6,3	12,6	73,2	38,7	38,1	6	37,1	29,1	40	33,8	20,9	0	335,8
2008	30	16,9	13,2	42,8	41,7	29,1	21,8	26	43,6	38,5	31,2	32,4	367,19
2009	38,2	27	28,6	14,7	78,4	11,1	60,6	3,5	2,2	33,8	22,5	49,5	370,1
2010	6,3	12,6	73,2	38,7	38,1	6	37,1	29,1	40	33,8	20,9	0	335,8
2011	9,1	15,2	13,4	58,1	47,2	38,3	4	21,3	22	15,3	8,8	15,7	268,4
2012	31,4	21	14,9	61,8	72,5	50,8	12,7	11,4	24,8	42,3	37,5	41,8	422,7
2013	22,1	13	20,1	84,3	13,8	6,9	3,5	28,1	37,3	51,5	17,1	51,5	349,2
MEDIA	28,7	20,1	17,4	43	42	25,9	23,7	24,8	40,9	38,6	29,5	32,5	367,1

NÚMERO DE DIAS DE LLUVIA MENSUALES

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2001	12	1	0	4	5	7	1	7	4	5	12	4	62
2002	6	2	2	3	6	0	2	0	6	3	3	4	37
2003	3	2	7	8	2	3	5	5	7	5	3	0	50
2004	6	3	3	5	7	5	2	3	4	6	5	4	53
2005	4	2	1	2	4	1	3	2	1	3	6	3	32
2006	3	2	3	4	1	2	3	2	2	4	7	3	36
2007	2	8	3	10	7	7	4	7	4	2	2	4	60
2008	9	5	8	9	13	5	7	6	6	7	9	6	90
2009	7	5	5	6	8	3	3	5	3	5	4	8	62
MEDIA	5,3	2,6	3	5,1	6,3	3,6	2,3	2,5	4,1	5,8	5,3	4,4	50,3

El mes que presenta una mayor pluviometría es Abril con una media de 43mm. En cambio el mes menos lluvioso es marzo, con una precipitación media de 17,4 mm, siguiéndole febrero y Julio con 20,1 y 23.7 mm de media respectivamente.

En cuanto a precipitaciones anuales la máxima pluviometría registrada corresponde al año 2005 con un total de 448,6 mm totales, y el año menos lluvioso es el 2006 con 194,4 mm totales.

La mayor pluviometría mensual queda registrada en el mes de enero de 2005 con 95 mm.

El mes con mayor número de días de lluvia es mayo con 6,3 días de mayo y el que presenta menor número de días de lluvia es julio con 2,3.

La precipitación media anual es de 367,1 mm repartida por estaciones de la siguiente manera:

- Invierno: 24.64%

- Primavera: 28.63%

- Verano: 16.7%

-Otoño: 30.21%

Todos los datos se encuentran resumidos en este cuadro:

<u>Estación</u>	<u>Mes</u>	<u>Precipitación media (mm)</u>	<u>Días de lluvia</u>	<u>% Estación</u>
Invierno	Diciembre	32,5	4,4	24,46
	Enero	28,7	5,3	
	Febrero	20,1	2,6	
Primavera	Marzo	17,4	3	28,63
	Abril	43	5,1	
	Mayo	42	6,3	
Verano	Junio	25,9	3,6	16,7
	Julio	23,7	2,3	
	Agosto	24,8	2,5	
Otoño	Septiembre	40,9	4,1	30,21
	Octubre	38,6	5,8	
	Noviembre	29,5	5,3	

3.2 Humedad relativa

Para el cálculo de la ETo es un dato meteorológico imprescindible la Humedad relativa. En las tablas siguientes se muestran los datos de las humedades relativas medias mensuales expresadas en % de los últimos 8 años de la zona en la que se encuentra la finca.

HUMEDAD RELATIVA (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2005	81	73	74	59	58	44	52	51	60	69	70	84	64,6
2006	82	67	66	60	59	48	50	55	57	73	76	85	64,8
2007	75	74	62	61	59	45	47	48	65	76	84	81	64,8
2008	74	83	69	67	60	46	50	53	57	65	75	81	65
2009	78	61	57	57	47	42	43	50	52	69	77	81	59,5
2010	83	68	63	55	47	44	41	44	54	60	74	85	59,8
2011	81	72	58	56	49	46	48	51	56	62	76	86	61,7
2012	79	75	61	57	52	48	46	49	58	63	73	81	61,8
2013	80	74	59	58	50	47	47	52	61	62	78	82	62,5
MEDIA	78,9	70,1	62,1	58,9	56	49,1	48	50,9	59	68,1	77,3	82	63,3

Se observa que la humedad relativa media anual está por encima del 55%.

Los meses que presentan mayor humedad relativa son los de invierno y otoño, más concretamente Enero 78,9% y Diciembre 82%. El menor valor de humedad relativa media corresponde al mes de Julio con un valor de 48%.

En el siguiente cuadro se recogen los valores de la humedad relativa mínima, media y máxima de cada mes:

HUMEDAD RELATIVA (%)

MES	MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA
ENERO	68,4	78,9	83,4
FEBRERO	61	70,1	81,7
MARZO	48,5	62,1	76,5
ABRIL	50,3	58,9	77,1
MAYO	47,2	55,8	75,9
JUNIO	40,7	49,1	70,3
JULIO	37,4	48	66,3
AGOSTO	38,3	50,9	67,9
SEPTIEMBRE	44,1	58,6	75,3
OCTUBRE	57,1	68,1	80,3
NOVIEMBRE	68,1	77,3	84,7
DICIEMBRE	71,8	82	86,5

3.3 Niebla y rocío

Los días de niebla y rocío son necesarios para la caracterización agroecológica.

En la tabla siguiente se muestran los días de niebla y rocío de cada mes a lo largo de la serie.

NÚMERO DE DIAS DE NIEBLA Y ROCIO DE CADA MES

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2005	7	10	9	4	2	1	0	0	0	11	6	5	55
2006	9	18	7	0	0	0	0	0	0	4	3	10	51
2007	10	1	1	0	0	0	0	0	7	14	11	7	51
2008	17	8	5	2	0	0	0	0	3	4	9	3	51
2009	21	10	4	0	1	0	0	0	0	5	8	18	67
2010	16	11	3	1	0	0	0	0	2	8	13	9	63
2011	17	8	4	2	1	0	0	0	0	6	4	11	53
2012	16	10	3	0	0	0	0	0	1	6	8	10	54
2013	18	9	3	1	0	0	0	0	1	4	5	9	50
MEDIA	13	7,9	4,6	1,3	0,6	0,1	0	0,1	1,1	4,7	7,8	11,9	53

4.Viento

El viento es un factor que influye en gran medida en los cultivos, tanto por su fuerza, como por su dirección.

En la zona en la que se encuentra ubicada la finca predomina mucho el viento tanto el cierzo (viento normalmente frío y del noroeste), y el bochorno (viento del este o sureste normalmente cálido).

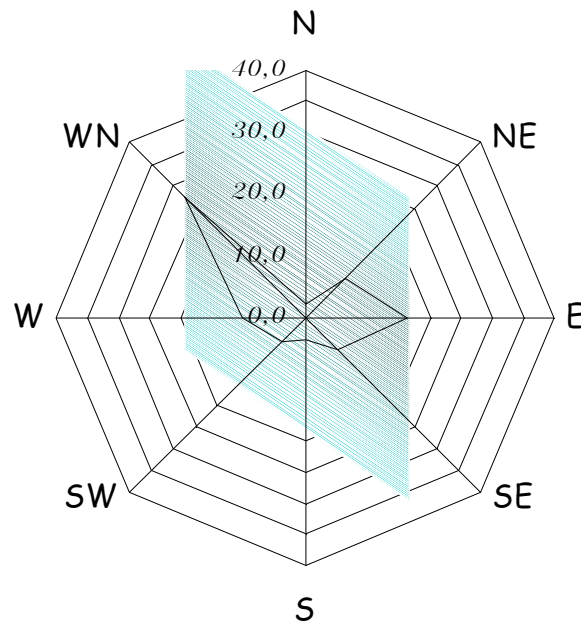
Los datos de los vientos se representan en las siguientes tablas (el sumatorio del número de veces que ha soplado el viento en una dirección dividido por los 12 meses del año da el porcentaje de veces que se ha observado con respecto al resto de direcciones).

DIAS DE VIENTO MENSUALES (%)

MES	NE	E	SE	S	SO	O	NO	CALMA
ENE	5,6	5,3	1,8	5	7,6	8,4	25	40,3
FEB	12,5	14	4,6	3,3	5,2	11	32,4	14,7
MAR	10,8	12,5	5	2,9	6,1	8,4	31,4	19,4
ABR	13,4	15	3,6	0,8	5	9,6	38,4	11,6
MAY	16,4	17,3	3,8	4,2	7	9,6	30,2	8,7
JUN	9,3	16,8	11	3,1	4,3	13,7	28	10,8
JUL	1,5	22,4	24,8	1,5	5,8	17,3	17,2	7,2
AGO	2,8	29	11	3,5	2,1	5,6	31,2	14,3
SEP	8,5	30	7,9	2,5	3,5	7,5	21,1	16
OCT	10,8	18,6	5,4	3,9	7,4	8,7	23,7	19,2
NOV	7,1	9,7	4,2	7,2	5,7	9,2	25,7	30,4
DIC	7,8	5,8	2,3	3,2	3,9	11,8	24,5	39
AÑO	8,6	16,4	7,1	3,4	5,3	10,1	27,5	19,4

El total de días con viento es del 80,6% por lo que el periodo de calma es sólo de 19,4%.

Si representamos estos datos en un gráfico de frecuencias radiales, se obtiene la denominada “rosa de los vientos” de la zona:



Como se puede observar de manera muy clara, el cierzo es predominante.

VELOCIDADES MEDIAS DEL VIENTO (Km/día y m/s)

VEL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Km/d	251	259	280	271	246	241	240	245	226	240	232	216
m/s	2,9	3	3,2	3,1	2,8	2,8	2,8	2,9	2,6	2,8	2,6	2,5

El viento supone una pérdida de uniformidad del riego por aspersión, con lo cual habrá que tenerlo en cuenta a la hora de diseñar el sistema de tuberías. La idea es prever periodos en los que no será posible regar debido al viento.

5. Radiación solar

Éste es otro parámetro necesario en muchas fórmulas de cálculo de evapotranspiración de referencia. Interesa conocer tanto la radiación extraterrestre recibida sobre la zona (que es función exclusivamente de la latitud) que se expresa como R_a , como la media mensual del coeficiente de insolación n/N , donde n son las horas diarias de sol reales (parámetro que depende de la nubosidad), y N las horas diarias de sol teóricas (parámetro que depende de la latitud). También es necesario conocer el porcentaje diario de horas diurnas anuales p , que va a depender de la latitud.

Tanto R_a como n/N y p son valores que están tabulados en tablas, por Doorembos y Pruitt, y se pueden obtener a partir de la latitud.

Nos encontramos a una latitud norte de 42° , por lo tanto los datos de radiación mensuales en nuestro caso según dichos autores son los siguientes:

RADIACION SOLAR Y NUBOSIDAD

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
R_a (MJ/m ² día)	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	15	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
P	0,21	0,24	0,27	0,3	0,33	0,34	0,3	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
n/N	0,44	0,53	0,58	0,57	0,57	0,65	0,7	0,73	0,64	0,58	0,5	0,41

6. Índices Termopluviométrico

Se van a calcular unos índices que intentan caracterizar al clima en cuestión.

6.1 Índice de Lang

Este índice se calcula con la fórmula:

$$I_L = P/T,$$

“IL” es el índice de Lang, “P” la precipitación anual media en mm, y “T” la temperatura media anual en ° C.

Lang propone la siguiente clasificación:

- Si IL está entre 0 y 20, se clasifica como desierto.
- Si IL está entre 20 y 40, se clasifica la zona como árida.
- Si IL está entre 40 y 60, la zona es húmeda de estepa o sabana.
- Si IL está entre 60 u 100, es una zona húmeda de bosques.
- Si IL está entre 100 y 160, es una zona de bosques densos.
- Si IL supera el valor de 160, estamos en una zona muy húmeda de prados.

Calculado el índice de Lang en nuestra zona de estudio, resulta:

$$IL = 367,1 / 14,3 = \underline{25,67}$$

Se trata, por tanto, de una *zona árida* según el índice de Lang.

6.2 Índice de Martonne

Se expresa con la fórmula:

$$I_M = P / (T + 10)$$

“IM” es el índice de Martonne, “P” la precipitación anual media en mm, y “T” la temperatura media anual en ° C.

Martonne propone la siguiente clasificación:

- Si IM está entre 0 y 5, se clasifica como desierto.
- Si IM está entre 5 y 10, se clasifica la zona como semidesértica.
- Si IM está entre 10 y 20, la zona es estepas y países secos mediterráneos
- Si IM está entre 20 y 30, es una zona de regiones del olivo y de los cereales
- Si IM está entre 30 y 40, es una zona subhúmedas de prados y bosques

- Si IM supera el valor de 40, estamos en una zona de húmeda a muy húmeda.

Calculado el índice de Martonne en nuestra zona de estudio, resulta:

$$I_M = 367,1 / (14,3 + 10) = \underline{15,11}$$

Se trata, por tanto, de una zona característica de *estepas y países secos mediterráneos* según el índice de Martonne.

6.3 Índice de Dantin Cereceda y Revenga

Con objeto de destacar la importancia de la aridez de una zona climática, se propone utilizar otro índice termopluviométrico, que se define con la siguiente formula:

$$I_{DR} = 100 * T / P$$

“ I_{DR} ” es el índice de Dantin Cereceda y Revenga, “P” la precipitación anual media en mm, y “T” la temperatura media anual en ° C.

El criterio que sigue es el siguiente:

- Si IDR es menor que 2, entonces implica zonas húmedas y subhúmedas
- Si IDR está entre 2 y 4, la zona se clasifica como semiárida.

-Si IDR es mayor que 4, entonces la zona se clasifica como árida

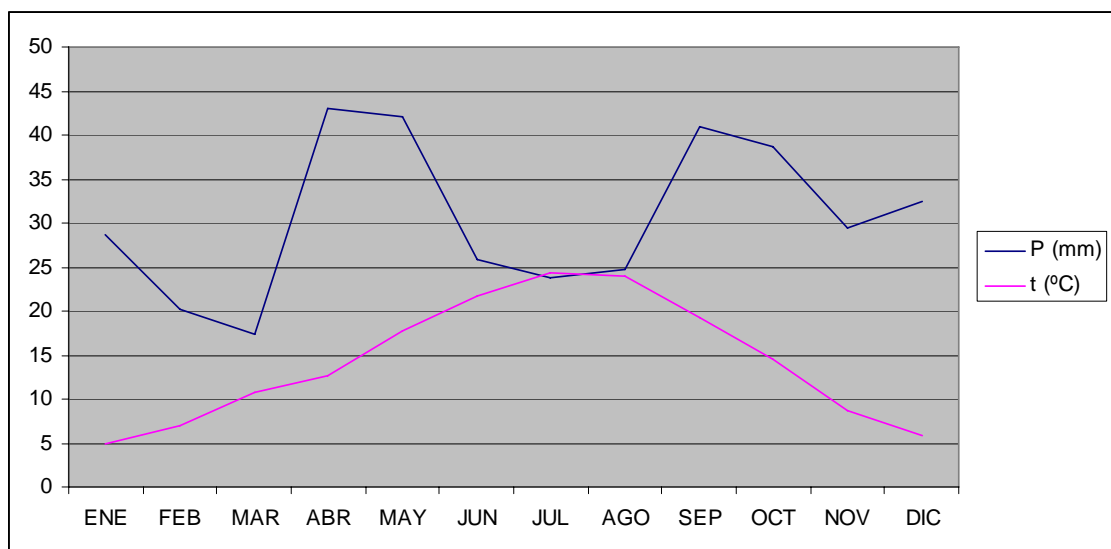
Calculado el índice de Dantin Cereceda y Revenga en nuestra zona de estudio, resulta:

$$I_{DR} = 100 * 14,3 / 367,1 = \underline{3,89}$$

Se trata, por tanto, de una *zona semiárida* según el índice de Dantin Cereceda y Revenga.

6.4 Diagrama ombrotérmico

Es un índice que da una idea del periodo en que hay sequía. Los meses se clasifican como secos si $P < 2T$, y como subsecos si $2T < P < 3T$. Representando las precipitaciones y las temperaturas (éstas a doble escala) obtenemos el diagrama ombrotérmico de la zona.



Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P (mm)	28,7	20,1	17,4	43	42	25,9	24	24,8	40,9	38,6	29,5	32,5
t (°C)	4,9	6,9	10,7	12,7	17,7	21,7	24	24	19,3	14,6	8,6	5,8

La aridez puede clasificarse mediante estos diagramas según el siguiente criterio:

- Axérico: la curva pluviométrica va siempre por encima de la térmica.
- Monoxérico: solamente aparece un periodo seco a lo largo del año.
- Bixérico: aparecen dos periodos secos a lo largo del año.

Se observa en el diagrama ombrotérmico un periodo seco en el que la curva pluviométrica está por debajo de la térmica, que lo comprenden los meses de julio y agosto. Por lo tanto el clima en la zona de estudio se define como **monoxerico**.

7. Calculo de la evapotranspiración

7.1 Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial (ETP) se calcula mediante la fórmula de Thornthwaite, expuesta a continuación:

$$\text{ETP ajustada} = 16 \left((10 * t) / I \right)^a$$

Donde:

t^a : Temperatura media mensual.

I : Índice de calor anual. Se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

$$i = (t/5)^{1,514}$$

$$a = 6,75 * 10^{-7} * I^3 - 7,71 * 10^{-5} * I^2 + 1,79 * 10^{-2} * I + 0,49$$

$$\text{ETP} = (\text{mm/mes}) \text{ ETP ajustada} * K$$

$$K = (d/30) * (N/12)$$

K : Coeficiente de corrector

D: nº días del mes

N: nº máximo horas de sol (depende de la latitud).

Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

Meses	Tª media	d (días)	i	I	a	ETPajustada	K	ETP
Enero	4,9	31	0,97	63,96	1,554	10,58	0,81	8,56
Febrero	6,9	28	1,63	63,96	1,554	18	0,82	14,75
Marzo	10,7	31	3,17	63,96	1,554	35,59	1,02	36,29
Abril	12,7	30	4,1	63,96	1,554	46,45	1,12	52,03
Mayo	17,7	31	6,78	63,96	1,554	77,82	1,26	98,03
Junio	21,7	30	9,23	63,96	1,554	106,81	1,27	135,64
Julio	24,4	31	11,02	63,96	1,554	128,16	1,28	163,99
Agosto	24	31	10,75	63,96	1,554	124,91	1,2	149,83
Septiembre	19,3	30	7,73	63,96	1,554	89,02	1,08	96,14
Octubre	14,6	31	5,06	63,96	1,554	57,69	0,96	55,39
Noviembre	8,6	30	2,27	63,96	1,554	25,34	0,82	20,78
Diciembre	5,8	31	1,25	63,96	1,554	13,74	0,78	10,72

La EPT total anual es de: **842,15 mm/año**

7.2 Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET₀)

Éste es el parámetro que más va a condicionar el diseño de la red de riego, puesto que de él derivan las necesidades hídricas de los cultivos.

Existen varios métodos para el cálculo de la evaporación de referencia, y aunque muchos son válidos aquí se va a usar el método de Blaney Cirdle, que es de los más usados.

Este método se basa en la ecuación formulada por Blaney-Criddle modificada por Doorembos y Pruitt (1977) para la FAO, esta ecuación es:

$$ET_0 = a + b \cdot p \cdot (0,46 \cdot T_m + 8,13)$$

Donde:

- **ET₀** = Media mensual de evapotranspiración de referencia en mm/día. Es la tasa de evapotranspiración de una superficie extensiva, de 8 a 15 cm de alta, cubierta de gramíneas verdes en crecimiento activo, de altura uniforme, que cubre completamente el terreno y no padece falta de agua.

- **T_m** = Temperatura media.

- **p** = Porcentaje diario de horas diurnas.

- **a** = 0,0043 HRmin- (n/N) - 1,41.

- **HRmin** = Humedad relativa mínima en %.

- **n/N** = media mensual del coeficiente de insolación.

$$-b = 0,81917 - 0,0040922 \cdot HR_{\min} + 1,0705 \cdot (n/N) + 0,065649 \cdot Ud - 0,0059684 \cdot HR_{\min} \cdot (n/N) - 0,0005967 \cdot HR_{\min} \cdot Ud.$$

- **Ud** = Media mensual de la velocidad diurna del viento en m/s a 2 metros sobre el suelo.

Con estos parámetros se calcula la ET₀ para cada mes del año. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET₀)

MES	T_m	HR_{min}	n/N	p	a	b	Ud	Et₀ (mm/día)	Et₀ (mm/mes)
Ene	4,9	68,4	0,44	0,21	-1,6	0,9	3,9	0,47	<u>14,47</u>
Feb	6,9	61	0,53	0,24	-1,7	1,1	4	1,2	<u>33,62</u>
Mar	10,7	48,5	0,58	0,27	-1,8	1,2	4,3	2,56	<u>79,32</u>
Abr	12,7	50,3	0,57	0,3	-1,8	1,2	4,2	3,27	<u>98,25</u>
May	17,7	47,2	0,57	0,33	-1,8	1,2	3,8	4,64	<u>143,9</u>
Jun	21,7	40,7	0,65	0,34	-1,9	1,3	3,7	6,39	<u>191,67</u>
Jul	24,4	37,4	0,74	0,33	-2	1,5	3,7	7,58	<u>234,98</u>
Ago	24	38,3	0,73	0,31	-2	1,4	3,8	6,58	<u>203,98</u>
Sep	19,3	44,1	0,64	0,28	-1,9	1,3	3,5	4,29	<u>128,72</u>
Oct	14,6	57,1	0,58	0,25	-1,7	1,1	3,7	2,38	<u>73,78</u>
Nov	8,6	68,1	0,5	0,22	-1,6	1	3,6	0,93	<u>27,97</u>
Dic	5,8	71,8	0,41	0,21	-1,5	0,9	3,3	0,46	<u>14,13</u>

Se obtiene una ET₀ anual de **1244,8 mm.**

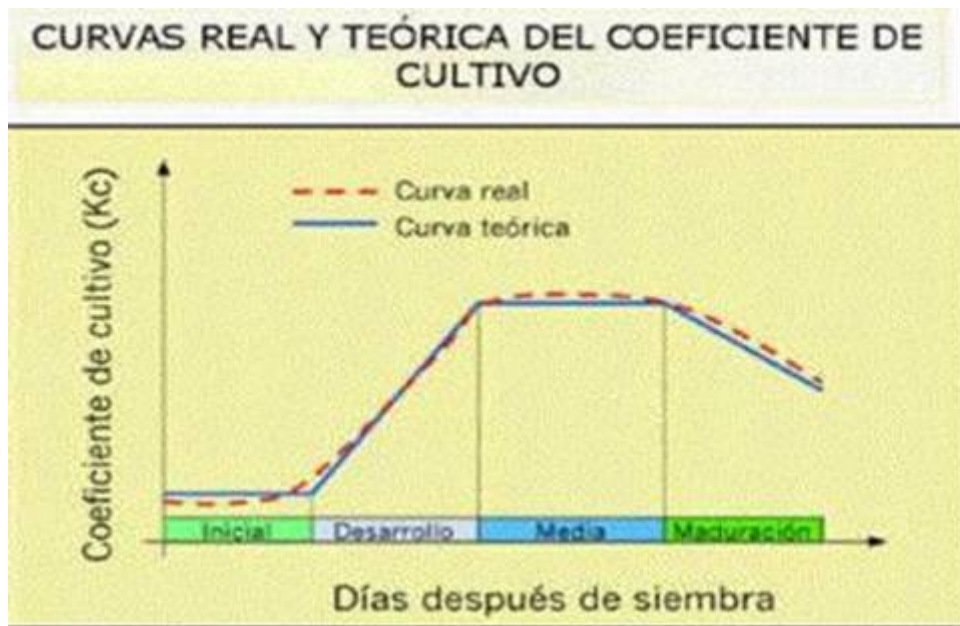
7.3 Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (ET_c)

Una vez se han obtenido los datos de la ET₀ para los distintos meses del año, se procede a calcular la evapotranspiración del cultivo (ET_c) para los diferentes cultivos que se pondrán en la finca (como se describen en el anejo 5 de rotación de cultivos), para la cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

Donde:

- **K_c** = Es un parámetro adimensional que representa el llamado coeficiente de cultivo y es función de cada planta y del estado de desarrollo de ésta (a veces puede considerarse constante, como en la alfalfa). A lo largo del tiempo, suele variar según el siguiente gráfico:



Los valores iniciales, máximos y finales de K_c para cada cultivo, y la duración de cada etapa, se encuentran tabulados por Faci en Evaporación y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón, donde se ha realizado un estudio por comarcas de las necesidades de riego. Se ha empleado para su cálculo las fechas de siembra y recolección de cada cultivo.

A continuación se expone la evaporación mensual de cada cultivo en mm:

CEBADA (*Hordeum vulgare*)

Para la cebada se establece la siembra el día 5 de noviembre y la recolección el día 5 de junio. Los periodos de nascencia, crecimiento, madurez, y agostamiento se valoran en 45-70-72-25 días, obteniendo una duración total del ciclo de 212 días.

MES	ET₀ (mm/mes)	K_c	ET_c (mm/mes)
Noviembre	23,45	0,72	16,88
Diciembre	14,13	0,73	10,31
Enero	14,47	0,86	12,44
Febrero	33,62	1,02	34,29
Marzo	79,32	1,1	87,25
Abril	98,25	1,1	108,07
Mayo	143,9	0,86	123,75
Junio	25,56	0,29	7,41

Total = 400,4 mm

TRIGO (*Triticum aestivum*)

El trigo es muy similar a la cebada, siendo la siembra el día el 1 de diciembre y la recolección el 15 de junio. Los periodos del ciclo vegetativo se distribuyen en 40-55-76-25 días, dando una duración total al ciclo de 196 días.

MES	ET₀	K_c	ET_c
Diciembre	14,13	0,74	10,45
Enero	14,47	0,79	11,43
Febrero	33,62	0,97	32,61
Marzo	79,32	1,09	86,45
Abril	98,25	1,1	108,07
Mayo	143,9	1,03	148,22
Junio	89,46	0,47	42,04

Total = 439,27 mm

MAIZ (Zea mays)

El maíz se siembra el 1 de mayo y el ciclo acabará el 5 de octubre, siendo los periodos de 30-40-62-25 días y acumulando una duración total de 157 días.

MES	ET₀	K_c	ET_c
Mayo	143,9	0,53	76,26
Junio	191,67	0,75	143,75
Julio	234,98	1,08	253,77
Agosto	203,98	1,11	226,41
Septiembre	128,42	0,96	123,28
Octubre	9,52	0,62	5,9

Total = 829,37 mm

GIRASOL (Helianthus annus)

Se considera su siembra el 10 de mayo y el fin del ciclo el 20 de septiembre. Los periodos característicos del cultivo se valoran en 25-35-48-25 días, sumando una duración total del ciclo de 133 días.

MES	ET₀	K_c	ET_c
Mayo	95	0,51	48,45
Junio	191,67	0,71	136,08
Julio	224,74	1	224,74
Agosto	203,98	1,1	224,37
Septiembre	81,32	0,65	52,85

Total = 686,49 mm

GUISANTE (*Pisum sativum*)

Se considera su siembra el 15 de diciembre y su recolección el 10 de mayo. Los periodos característicos del cultivo se valoran en 30-35-71-10 días, sumando una duración total del ciclo de 146 días.

MES	ET0	Kc	ETc
Diciembre	6,9	0,73	5,03
Enero	14,47	0,78	11,28
Febrero	33,62	1,03	34,62
Marzo	79,32	1,09	86,45
Abril	98,25	1,09	107,09
Mayo	42,75	1,04	44,46

Total = 288,57 mm

VEZA FORRAJERA (*Vicia sativa*)

Se considera su siembra el 1 de octubre y su recolección el 15 de mayo. Los periodos característicos del cultivo se valoran en 30-45-141-10 días, sumando una duración total del ciclo de 226 días.

MES	ET0	Kc	ETc
Octubre	73,78	0,63	46,48
Noviembre	27,97	0,76	21,25
Diciembre	14,13	0,99	13,98
Enero	14,47	1,02	14,75
Febrero	33,62	1,02	34,29
Marzo	79,32	1,02	80,9
Abril	98,25	1,02	100,21
Mayo	65	0,98	63,7

Total = 375,56 mm

ALFALFA (Medicago sativa)

Para el cultivo de alfalfa se considera un Kc constante durante todo el año ya que se trata de un cultivo herbáceo extensivo que una vez sembrado permanece en la parcela varios años.

MES	ET0	Kc	ETc
Enero	14,47	0,89	12,87
Febrero	33,62	0,89	29,92
Marzo	79,32	0,89	70,56
Abril	98,25	0,89	87,44
Mayo	143,9	0,89	128,07
Junio	191,67	0,89	170,58
Julio	234,98	0,89	209,13
Agosto	203,98	0,89	181,54
Septiembre	128,72	0,89	114,29
Octubre	73,78	0,89	66,76
Noviembre	27,97	0,89	24,89
Diciembre	14,13	0,89	12,57

Total = 1108,62 mm

ANEJO 3

Estudio edafológico

Estudio Edafológico

ÍNDICE DEL ANEJO 3

Pág.

1. Introducción.....	2
2. Muestreo.....	2
3. Caracterización general del suelo.....	3
3.1 Caracteres físicos.....	3
3.2 Caracteres hídricos.....	5
3.3 Estudio de la velocidad de infiltración.....	6
3.4 Caracteres químicos.....	7
4. Conclusiones del estudio realizado.....	8
4.1 Conclusiones de carácter físico.....	8
4.2 Conclusiones de carácter hídrico.....	8
4.3 Conclusiones de carácter químico.....	9
5. Mantenimiento de las enmiendas orgánicas y nutrientes.....	10

1.Introducción

El suelo es el medio de sustento de la planta, como tal, es vital para el desarrollo de esta. Por esto es necesario conocer sus características para poder utilizarlo de forma adecuada.

El estudio que se realiza en el presente anejo tiene por objeto determinar y mostrar las principales características agronómicas del suelo, de cara a demostrar la viabilidad de la transformación desde el punto de vista edáfico.

A nivel de investigación, cualquier tipo de estudio que tenga en consideración el medio físico y biótico, requiere conocer los suelos y sus propiedades (la mineralogía, la granulometría, el contenido en materia orgánica, la profundidad, la capacidad de retención de agua, el drenaje, la capacidad de aceptar residuos, la erosionabilidad, etc.).

Este conocimiento nos permite conocer cuáles son las respuestas esperables frente a cambios de uso, conseguir una mayor precisión en nuestros estudios y transferir las recomendaciones según las características suelo-objetivo.

2. Muestreo

Para la toma de muestras de suelo para la realización del análisis, se deberá dividir la parcela en subparcelas de una superficie aproximada de cinco hectáreas, tomando una muestra en el centro de cada subparcela. La muestra obtenida de cada subparcela será mezclada con la del resto lo más homogéneamente posible, y de la mezcla realizada se tomará una muestra de aproximadamente tres kilos, que será la que se lleve al laboratorio.

El estudio de infiltración se realizará dividiendo la parcela en subparcelas de unas cinco hectáreas, procediendo a realizar el ensayo en el centro de cada una de ellas, obteniendo los correspondientes datos, y realizando la media de todos ellos para obtener los datos que se utilizarán para el cálculo del proyecto definitivo.

3. Caracterización general del suelo

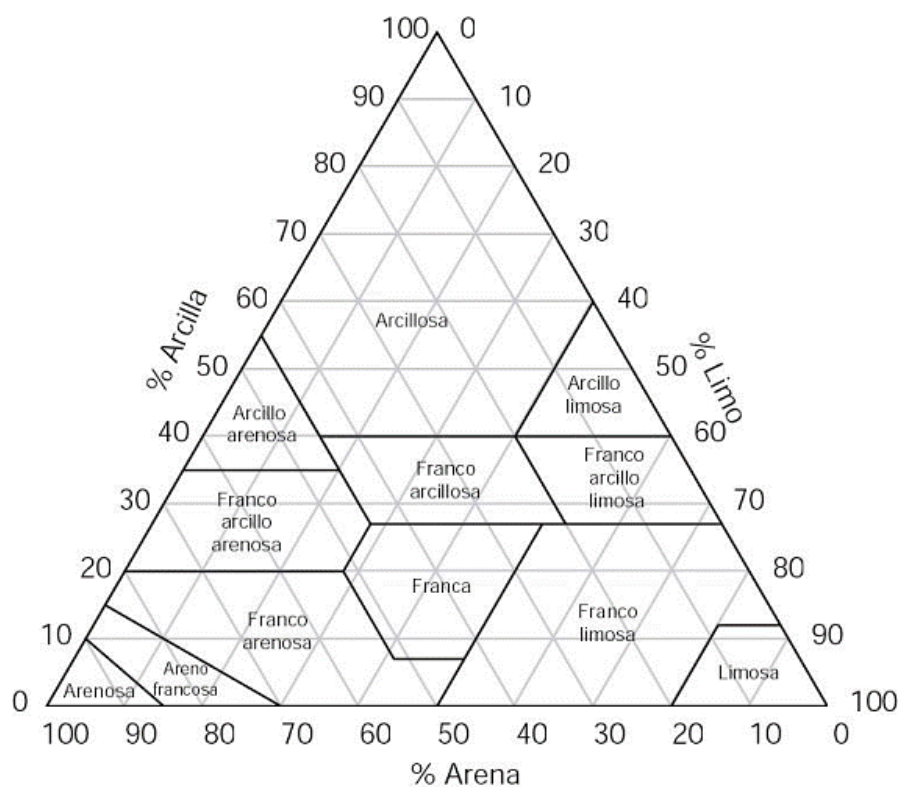
3.1. Caracteres físicos

La descripción de la textura del suelo, se realiza especificando los porcentajes de partículas totales, cuyo tamaño está comprendido entre unos límites determinados, según diversas escalas. Nos basaremos en la clasificación de la ISSS (Sociedad Internacional de la Ciencia).

Resultados según la USDA:

<u>GRANULOMETRIA</u>	
Elementos gruesos (> 2mm)	5,20%
Arena gruesa (0,5 – 2 mm)	10,60%
Arena fina (0,05 - 5 mm)	36,50%
Limo (0,002 – 0,05 mm)	26,90%
Arcilla (< 0,002 mm)	20,80%

CLASES TEXTURALES



Con los datos obtenidos se determina la clase textural del suelo. Para ello se entra en el triángulo superior de las clases texturales con los valores correspondientes y nos da un tipo de suelo **franco-arcillo-arenoso**.

En cuanto a la estructura del suelo se han obtenido los siguientes datos:

<u>ESTRUCTURA</u>	
Profundidad (m)	0,90
Densidad aparente (Tm/m³)	1,29
Densidad real (Tm/m³)	2,72
Porosidad (% volumen)	45,00%

3.2. Caracteres hídricos

Capacidad de campo (CC)	18,24%
Punto de marchitez (PM)	12,41%
Agua útil	10,85%
Velocidad de infiltración (mm/h)	42

La capacidad de campo (CC) es la cantidad de agua máxima que un suelo retiene una vez a finalizado el drenaje interno. Este contenido de humedad se expresa en porcentaje de peso de suelo seco. Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$CC = 0,5 \cdot \text{Arcilla} + 0,16 \cdot \text{Limo} + 0,02 \cdot \text{Arena} + 2,6$$

$$CC = 0,5 \cdot 20,8 + 0,16 \cdot 26,9 + 0,02 \cdot 47,1 + 2,6 = \underline{\underline{18,24\%}}$$

El punto de marchitez (PM): Si el contenido en humedad del suelo desciende de un modo progresivo, las plantas encontrarán cada vez mayores dificultades para extraer el agua del suelo, llegando al punto en el que se iniciarán fenómenos de marchitez, es entonces cuando el nivel del agua del suelo ha llegado a su punto de marchitez. Se expresa en porcentaje de peso de suelo seco.

Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$PM = 0,3 \cdot \text{Arcilla} + 0,1 \cdot \text{Limo} + 0,015 \cdot \text{Arena}$$

$$PM = 0,3 \cdot 20,8 + 0,1 \cdot 26,9 + 0,015 \cdot 47,1 = \underline{\underline{9,64\%}}$$

El agua útil es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez, es decir, es el agua que puede ser asimilada por la planta.

$$\text{Agua útil} = CC - PM$$

$$\text{Agua útil} = CC - PM = 18,24 - 9,64 = \underline{\underline{8,60\%}}$$

3.3. Estudio de la velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración se mide en campo mediante el método de los anillos o de Muntz. Dicho método consta de dos anillos cilíndricos de metal de distinto diámetro que se colocan uno dentro del otro de forma concéntrica. En el anillo interior se medirá la infiltración del agua mediante un flotador y una regla, mientras que en el anillo exterior se mantendrá un nivel de agua constante para controlar la infiltración lateral.

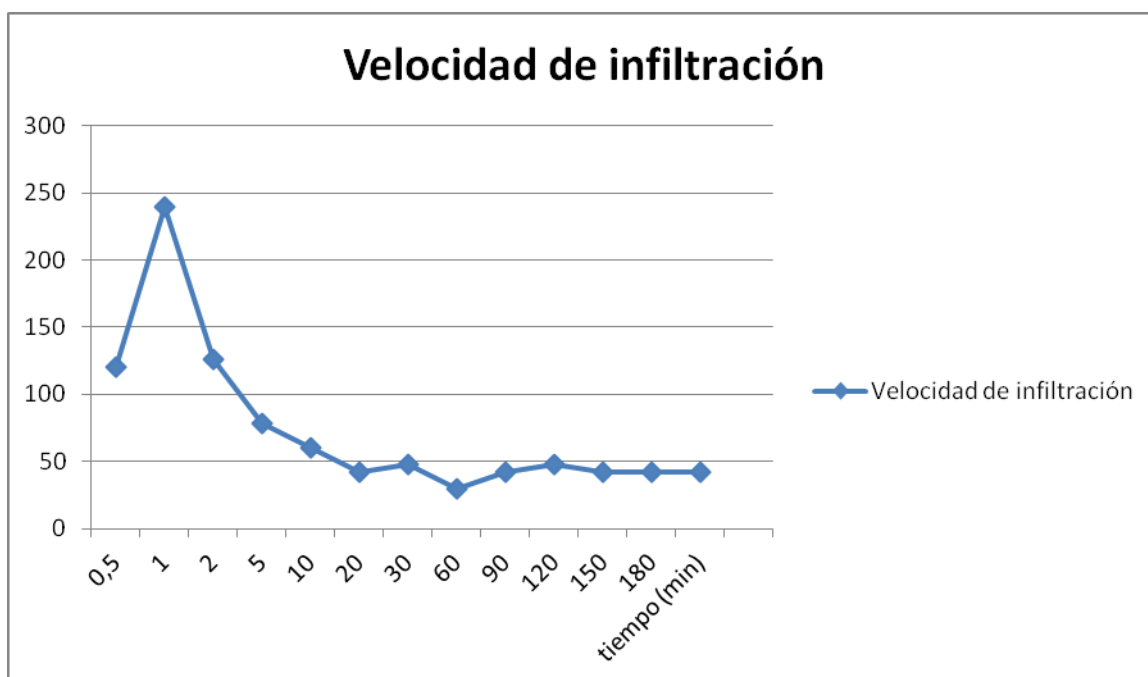
El estudio se realizará dividiendo la parcela total en subparcelas más pequeñas de unas 10 hectáreas, procediendo a realizar el ensayo en el centro de cada una de ellas, obteniendo los correspondientes datos, y realizando la media de todos ellos para obtener los datos que se utilizarán para el cálculo del proyecto definitivo.

El conocimiento de los datos de la infiltración del agua son necesarios para saber la dosis de riego necesaria que hay que aportar en la parcela para que las plantas cultivadas no sufran de sequía o por exceso de agua.

Los datos del ensayo se recogen en la siguiente tabla:

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

<u>Tiempo</u> <u>(min)</u>	<u>H</u> <u>absoluta</u> <u>(cm)</u>	<u>ΔT</u> <u>(min)</u>	<u>ΔH</u> <u>(cm)</u>	<u>H</u> <u>acumulada</u> <u>(mm)</u>	<u>Infiltración</u> <u>(mm/h)</u>
0	71,5	0	0	0	0
0,5	71,6	0,5	0,1	1	120
1	71,8	0,5	0,2	3	240
2	72,01	1	0,21	5,1	126
5	72,4	3	0,39	9	78
10	72,9	5	0,5	14	60
20	73,6	10	0,7	21	42
30	74,4	10	0,8	29	48
60	75,9	30	1,5	44	30
90	78	30	2,1	65	42
120	75,6	30	2,4	89	48
150	73,5	30	2,1	110	42
180	71,4	30	2,1	131	42



3.4. Caracteres químicos

<u>FERTILIDAD</u>	
pH	7,9
Materia Orgánica (%)	2,6
Nitrógeno total (%)	0,17
Salinidad (CE en dS/m)	0,63
Carbonatos totales (%)	18,2
Relación C/N	12
Fósforo Olsen (ppm)	9

<u>CATIONES SOLUBLES MÁS INTERCAMBIABLES</u>	
Magnesio (Meq/100g)	1,6
Sodio (Meq/100g)	7,5
Potasio (Meq/100g)	125,5

4. Conclusiones del estudio realizado

4.1. Conclusiones de carácter físico

Con los datos obtenidos respecto a la granulometría y a la estructura del suelo sacamos la conclusión de que es un suelo aceptable para los cultivos que deseamos poner. Es un suelo con una estructura **franco arcillo-arenosa**.

La profundidad del suelo no va a presentar problemas para el cultivo ya que permite cualquier desarrollo de raíz de los posibles cultivos a implantar, descritos en el anejo de rotación de cultivos.

La densidad aparente y la densidad real, junto con la porosidad están comprendidos dentro del rango de valores normales, por lo que no se encuentra ningún factor limitante en este apartado para el cultivo y no tendremos ningún problema para el desarrollo de los cultivos que vamos a cultivar.

4.2. Conclusiones de carácter hídrico

Según los valores obtenidos de la velocidad de infiltración, nos encontramos dentro de unos valores moderados. Por lo tanto el suelo de la parcela es adecuado para el riego y no vamos a tener ninguna limitación al respecto.

La capacidad de campo y el punto de marchitez obtenidos analíticamente, nos dan unos valores que permiten que la capacidad de retención de agua útil en el suelo sea aceptable. No se encuentran factores limitantes para ninguno de los cultivos que deseamos implantar en la parcela.

4.3. Conclusiones de carácter químico

-Fertilidad

1. **PH:** El valor de pH obtenido es de 7,9 (pH básicos), esto es debido a la cantidad de carbonatos que hay en el suelo, dado que le dan al suelo un cierto carácter alcalino. El valor obtenido es un valor aceptado para nuestros cultivos.
2. **Materia orgánica:** El valor obtenido es de 2,6%, el cual se considera un nivel normal.
3. **Nitrógeno total:** Es del orden de un 0,17%, por lo que se encuentra en un nivel adecuado y no será necesario realizar aportes extras.
4. **La relación C/N:** Se encuentra en torno a 12. Es un nivel normal para un suelo de estas características, hay una buena liberación de nitrógeno por parte de la materia orgánica.
5. **La salinidad:** La medida en el extracto de pasta saturada se calcula midiendo la conductividad eléctrica (en dS/m). El valor obtenido ha sido de 0,63 dS/m, el cual es bajo, y como se consideran suelos no salinos aquellos con niveles de CE < 4dS/m, la influencia sobre los cultivos va a ser inapreciable (todos los cultivos pueden soportarla), y el desarrollo de estos será normal. Por lo tanto no se deberá tomar ninguna medida al respecto, incluso ésta cantidad se verá reducida con la frecuencia de riego.
6. **El fósforo:** Obtenido por el método Olsen en ppm tiene un valor de 9 ppm. Por lo que no será necesaria la realización de ningún aporte al encontrarse en cantidad suficiente.

-Cationes solubles más intercambiables

Los niveles de Sodio, Magnesio y Potasio obtenidos están medidos con las unidades de meq / 100g. Y los valores obtenidos son aceptados para el desarrollo de las plantas que vamos a cultivar. Con lo cual no necesitaremos realizar ninguna corrección.

5. Mantenimiento de las enmiendas orgánicas y nutrientes

Se recomienda, realizar una rotación de cultivos que combine especies de altas exigencias nutricionales con otras de exigencias menores, que aporten al suelo elementos nutritivos y cantidades importantes de materia seca, como restos de cosecha para que se vayan incorporando al complejo orgánico del suelo.

Se recomienda también, después de cada campaña, hacer un aporte de materia orgánica por medio de compost realizado de excrementos de animales explotados en extensivo y restos vegetales de cosechas como paja de cereales. Este aporte debe ser realizado en relación con los análisis que se hagan del suelo para aportar las cantidades necesarias.

Sería interesante incluir en la rotación de cultivos ciertas leguminosas (veza, alfalfa), que aportarán una importante cantidad de nitrógeno al suelo.

ANEJO 4

Calidad del agua

Calidad del agua de riego

ÍNDICE DEL ANEJO 4

	<u>Pág.</u>
1. Introducción.....	3
2. Resultados del análisis.....	4
3. Índice de primer grado.....	5
3.1.pH.....	5
3.2.Contenido total de sales.....	5
3.3.Presión osmótica del agua.....	6
3.4.Iones.....	6
3.5.Sales existentes en el agua de riego.....	7
4. Índice de segundo grado.....	9
4.1.S.A.R.....	9
4.2.Relación de sodio.....	10
4.3.Relación de calcio.....	10
4.4.Dureza del agua.....	11

4.5.Índice de Eatón o carbonato sódico residual (CSR)	12
5. Evaluación de la calidad del agua.....	13
5.1.Criterios de salinidad	13
5.2.Criterios de sodicidad	14
5.3.Criterios de toxicidad	15
5.4.Efectos por alcalinidad	16
6. Clasificaciones.....	17
6.1.Normas Riverside	17
6.2.Normas H. Greene - FAO	18
6.3.Normas L.V.Wilcox.....	19
7. Conclusiones.....	20

1. Introducción

El agua es elemento principal para la nutrición de las plantas. Como en ella se pueden encontrar diversas concentraciones de sustancias disueltas, y de estas concentraciones depende la calidad de la misma para su uso, es imprescindible un análisis de calidad del agua.

Los suelos contienen sales solubles que provienen de la descomposición de las rocas de donde se originan y, también, de las aguas superficiales utilizadas para el riego y de las aguas provenientes del subsuelo. Las aguas de riego aportan sales al suelo y las aguas de drenaje las eliminan. Cuando la cantidad de sales incorporadas al suelo es mayor que la cantidad eliminada se incrementa el nivel de salinidad, pudiendo llegar a límites peligrosos

Cuanto mayor es el contenido de sales en la disolución del suelo, tanto mayor es el esfuerzo que la planta tiene que hacer para absorber el agua, con lo cual la capacidad de la planta para obtener el agua disminuye a medida que aumenta la concentración de sales. Además, algunas sales deterioran las buenas cualidades físicas del suelo, son tóxicas para los cultivos u ocasionan desequilibrios en la absorción de nutrientes.

La calidad del agua para uso de riego se ha definido en base a los criterios de salinidad, sodicidad y toxicidad. Se hace muy importante determinar la calidad del agua que se va a usar para el riego, ya que dependiendo de los resultados que se obtengan será factible o no la puesta en riego.

El suministro de agua para este proyecto será de los pantanos de la Sotonera y del Grado y nos es llegada a través del canal de Monegros ya que la parcela pertenece a la comunidad de regantes de Montesús.

Este anejo es sumamente importante, pues dependiendo del resultado que en él se obtenga, se podrá aconsejar la puesta en riego o no.

Por lo general, todos los métodos que vamos a utilizar para determinar la calidad del agua se basan en el contenido en sales solubles, sin considerar las relaciones que se establecen entre el agua y el medio en el que será consumida.

La mayoría de las aguas consideradas peligrosas tienen un contenido actual de sales que en sí mismo no es demasiado perjudicial; el problema se presenta cuando esas aguas evolucionan en el suelo.

Las analíticas son facilitadas por la red de control de aguas superficiales de la Confederación Hidrográfica del Ebro, ya que es la más cercana al lugar de toma del agua.

2. Resultados del análisis

Se dispone de muchas analíticas, de las cuales se han escogido como representativas unas del mes de julio (por ser uno de los meses con menos caudal en los ríos, y por tanto, mayor concentración de sales llevara el agua) de años próximos.

Los resultados varían muy poco de un año a otro (siempre que se estudie el mismo mes), así que no se comete un gran error por no estudiar una serie completa de análisis.

<u>PARAMETROS</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>CANTIDAD</u>
pH	-	8
Conductividad a 25°C	µS/cm	358
Temperatura del agua	°C	22,1
Sólidos en suspensión	mg/L	16
<u>Cationes</u>		
Amonio Total	mg/L NH ₄	0,1
Calcio	mg/L Ca ²⁺	35,2
Magnesio	mg/L Mg ²⁺	16,6
Sodio	mg/L Na ⁺	8,3
Potasio	mg/L K ⁺	2,9
<u>Otros iones</u>		
Cobre	mg/L Cu	< 0,01
Hierro	mg/L Fe	0,03
Cromo	mg/L Cr	< 0,01
<u>Aniones</u>		
Cloruros	mg/L Cl ⁻	14,7
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	31,4
Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	2,2
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	0,07
Carbonatos	mg/L HCO ₃ ⁻	144,7

3.- Índices de primer grado

3.1. pH

El valor óptimo de pH para el agua de riego se encuentra entre 7,5 y 8,5 por lo que en nuestro caso, con un pH de 8 y consideramos que el agua empleada es apta para el riego.

3.2. Contenido total de sales

La cantidad de sales disueltas es proporcional a la conductividad eléctrica según la siguiente expresión:

$$S.T. = C.E. \cdot K$$

Donde:

- **S.T.** = Concentración de sales totales en ppm o mg/l.
- **C.E.** = Conductividad eléctrica a 25 °C en $\mu S/cm$.
- **K** = Constante de proporcionalidad (0,64 si la conductividad se expresa en $\mu S/cm$).

Se obtiene que:

$$S.T. = 358 \cdot 0,64 = \underline{\underline{229,12 \text{ ppm}}} \Rightarrow \underline{\underline{0,2291 \text{ gr. /litro}}}.$$

Como estamos por debajo del valor de 0,5gr/l , consideramos que el agua que empleamos para regar es de **buena calidad**.

3.3. Presión osmótica del agua

La presión osmótica depende de la concentración de sales que contiene el agua, a mayor concentración de sales que hay en el agua, mayor es la presión osmótica que ejerce el agua. Y se puede calcular con la siguiente expresión:

$$P_o = K \cdot CE$$

Donde:

- P_o = Presión osmótica en atmósferas.
- CE = Conductividad eléctrica a 25°C en $\mu S/cm$.
- K = Constante de proporcionalidad (0,00036 si la conductividad se expresa en $\mu S/cm$).

Se obtiene:

$$P_o = 0,00036 \cdot 358 = \underline{\underline{0,128 \text{ atm}}}$$

3.4. Iones

A continuación se enumeran los iones más importantes que presenta el agua en disolución, expresados en meq/l.

<u>Cationes</u>	meq/l	<u>Aniones</u>	meq/l
Calcio	1,75	Cloruros	0,42
Magnesio	1,37	Sulfatos	0,65
Sodio	0,75	Bicarbonatos	2,36
Potasio	0,15	Nitratos	0,04
Total	4,02	Total	3,91

Para que el agua sea de una buena calidad la suma de aniones debe coincidir, aproximadamente, con la de cationes, ambas expresadas en meq/l. Se permite un error del 7%, tanto por defecto como por exceso.

$$\text{Error cometido} = ((4,02 - 3,91)/4,02) * 100 = \underline{\underline{2,73\%}}$$

Con lo cual el agua es de **buena calidad**, porque el error que sale es menor al 7%.

3.5. Sales existentes en el agua de riego

Las sales que generalmente contiene el agua de riego son:

- Cloruro sódico y magnésico (NaCl , MgCl_2).
- Sulfatos sódico, cálcico y magnésico (Na_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4).
- Carbonato sódico (Na_2CO_3).
- Bicarbonato cálcico y magnésico [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$].

Para determinar estas sales se aplicarán las siguientes reglas:

1ª) Sumar por separado los mili equivalentes de calcio y magnesio, y los de sulfatos y bicarbonatos. La menor de estas sumas se toma como representativa del contenido en bicarbonatos más sulfatos de calcio y magnesio:

$$- \Sigma (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = 1,75 + 1,37 = \underline{\underline{3,12 \text{ meq/l}}} = A_1$$

$$- \Sigma (\text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-) = 0,65 + 2,36 = \underline{\underline{3,01 \text{ meq/l}}} = A_2$$

$$-A_2 = \text{CaSO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 = \underline{\underline{3,01 \text{ meq/l}}}$$

2ª) Si en las sumas anteriores, los cationes superan a los aniones, el exceso se atribuye a cloruro magnésico (MgCl_2) y se interpreta que no hay sulfato sódico (Na_2SO_4).

$$- \text{MgCl}_2 = A_1 - A_2 = 3,12 - 3,01 = \underline{\underline{0,11 \text{ meq/l}}}$$

$$- \text{Na}_2\text{SO}_4 = \underline{\underline{0.0 \text{ meq/l}}}.$$

3ª) Si hubiese carbonatos (CO_3^{2-}), todos ellos se atribuyen a carbonato sódico.

4ª) La diferencia entre los cloruros (Cl^-) dados por el análisis y los posibles MgCl_2 calculados en la regla 2ª, se atribuyen a cloruro sódico (NaCl).

$$-\text{NaCl} = \text{Cl}^- - \text{MgCl}_2 = 0,42 - 0,11 = \underline{\underline{0,31 \text{ meq/l}}}.$$

En definitiva las sales que estarían probablemente presentes en el agua analizada serian:

- **Cloruro sódico y magnésico (NaCl y MgCl_2).**
- **Sulfatos cálcico y magnésico (CaSO_4 y MgSO_4).**
- **Bicarbonatos cálcico y magnésico ($\text{Ca}(\text{HCO})_2$ y $\text{Mg}(\text{HCO})_2$).**

4.- Índices de segundo grado

4.1. S.A.R

Se define como la relación de adsorción de sodio. Hace referencia a la proporción relativa en que se encuentra el ion sodio, los iones calcio y magnesio.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Las concentraciones de los cationes se expresan en meq/l.

Cuando al analizar un agua se encuentran valores de SAR mayores a 10, se puede decir que esa agua es muy alcalina (tiene un pH elevado), siendo mayor el riesgo de alcalinización cuanto mayor es este valor.

En este caso se obtiene un valor de SAR de:

$$SAR = \frac{0,75}{\sqrt{\frac{1,75 + 1,37}{2}}} = 0,60$$

Por lo tanto se obtiene un **S.A.R. = 0,60** y el agua se puede considerar óptima para el riego.

4.2. Relación de sodio

Esta relación muestra el contenido de ion sodio que hay en un agua respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/l, y se calcula mediante la expresión siguiente:

$$RS = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Na^+ + Mg^{2+}}$$

Sustituimos los valores en la expresión anterior y obtenemos un valor:

$$RS = 0,75 / ((1,75)^2 + 0,75 + (1,37)^2) = \underline{\underline{0,131 \text{ meq/l}}}$$

4.3. Relación de calcio

Esta relación muestra la proporción del contenido de calcio respecto a los restantes cationes. Se expresa en meq/L, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$RC = \frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+} + Na^+ + Mg^{2+}}$$

Sustituimos los valores en la expresión anterior y obtenemos un valor:

$$RS = (1,75)^2 / ((1,75)^2 + 0,75 + (1,37)^2) = \underline{\underline{0,538 \text{ meq/l}}}$$

4.4. Dureza del agua

Índice que está referido al contenido de calcio y de magnesio que contiene el agua y se mide en grados Franceses, mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{([Ca^{2+}] \cdot 2,5) + ([Mg^{2+}] \cdot 4,12)}{10}$$

Donde $[Ca^{2+}]$ y $[Mg^{2+}]$ son la concentración de los cationes calcio y magnesio respectivamente, expresada en mg/l.

En la siguiente tabla se representan los tipos de agua en función de los grados Franceses:

<u>Tipo de Agua</u>	<u>Grados Franceses</u>
Muy dulce	Menos de 7
Dulce	7 – 14
Medianamente dulce	14 – 22
Medianamente dura	22 – 32
Dura	32 – 54
Muy Dura	Más de 54

Sustituyendo en la expresión anterior las concentraciones de Calcio y de Magnesio en (mg/l) obtenemos el valor de la dureza del agua de riego:

$$F = \frac{(35,2 \cdot 2,5) + (16,6 \cdot 4,12)}{10} = \underline{\underline{15,64^\circ \text{Franceses}}}$$

Según el valor que nos ha salido de **15,64° Franceses**, consideramos que es un agua **medianamente dulce**, óptima para el riego.

4.5. Índice de Eaton o carbonato sódico residual (CSR)

Este índice nos indica la acción degradante del agua, y es calculado mediante la siguiente expresión:

$$\text{C.S.R.} = ([\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]) - ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}])$$

Según el C.S.R. las aguas son:

Recomendables.....si **C.S.R. < 1,25 meq/l.**

Poco recomendables.....si **1,25 < C.S.R. < 2,5 meq/l.**

No recomendables.....si **C.S.R. > 2,5 meq/l.**

Para nuestro caso tenemos:

$$\text{C.S.R.} = (0 + 2,36) - (1,75 + 1,37) = \underline{\underline{-0,76 \text{ meq/l}}}$$

Como el valor obtenido es menor a 1,25 meq / l consideramos que el agua es **buena y utilizable para el riego.**

5. Evaluación de la calidad del agua

En este apartado vamos a estudiar la toxicidad del agua dependiendo de la salinidad y sodicidad.

5.1. Criterios de salinidad

- CLASIFICACIÓN DE RICHARDS

En la tabla siguiente tenemos los riesgos de salinidad en función de la conductividad eléctrica según Richards:

<u>C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)</u>	<u>Riesgo de salinidad</u>
100 - 250	Bajo
250 - 750	Medio
750 - 2.250	Alto
>2.250	Muy alto

Como la conductividad eléctrica de nuestra agua de riego es de $358 \mu\text{S}/\text{cm}$, según esta clasificación, el riesgo de **salinidad es medio**.

- CLASIFICACIÓN DE LA FAO

Según esta clasificación los riesgos de salinidad son los siguientes:

<u>C.E. (milimhos/cm)</u>	<u>Riesgo de salinidad</u>
< 0,75	Sin problemas
0,75 - 3,0	Problemas crecientes
> 3,0	Problemas serios

Como la conductividad de nuestra agua de riego analizada es de 0,358 milimhos/cm, según esta clasificación, **no tendremos problemas de riesgo de salinidad.**

5.2. Criterios de modicidad

La clasificación de la calidad de las aguas para el uso de riego, con respecto al peligro del sodio, es más complicado que en el caso del peligro por salinidad.

Se puede considerar el problema desde el punto de vista del grado probable, de que un suelo absorba el sodio del agua de riego, así como la velocidad a que tiene lugar dicha absorción al aplicar el agua.

El porcentaje de sodio intercambiable (PSI), que tendrá el suelo cuando este y el agua de riego estén en equilibrio, se puede pronosticar aproximadamente conociendo el valor del S.A.R. del agua.

- CLASIFICACIÓN DE RICHARD

Según esta clasificación tenemos los siguientes tipos de sodicidad:

<u>Clasificación</u>	<u>S.A.R.</u> <u>CE 100 micromhos/cm</u>	<u>S.A.R.</u> <u>CE 750 micromhos/cm</u>
S.1 Baja sodicidad	0 - 10	0 - 6
S.2 Media sodicidad	10-18	6-12
S.3 Alta sodicidad	18 - 26	12-18
S.4 Muy alto sodicidad	>26	>18

Como hemos obtenido un S.A.R. de 0,60, y una conductividad eléctrica de 35,8 micromhos/cm, vemos que según esta clasificación el riesgo de sodicidad es **Bajo**.

5.3. Criterios de toxicidad

-CLASIFICACIÓN DE FAO

Según esta clasificación tenemos las siguientes conclusiones:

<u>Ion (meq /l)</u>	<u>Sin problemas</u>	<u>Problemas cre- cientes</u>	<u>Problemas gra- ves</u>
Na	< 3	3-9	> 9
Cl	< 4	4-10	> 10
B	< 0,7	0,7-2	> 2

Los resultados obtenidos en los análisis son los siguientes:

- Na = 0.75 meq/l
- Cl = 0.42 meq/l
- B = Inapreciable

Por lo tanto según esta clasificación, **no tenemos ningún problema de toxicidad** usando esta agua para riego.

5.4. Efectos por alcalinidad

Este apartado se basa concretamente en la influencia que puede tener los bicarbonatos del agua de riego, a la hora de implantar un sistema de riego por aspersión:

Sin problemas	<1,5 meq /l
Problemas crecientes	1,5 – 8,5 meq / l
Problemas graves	8,5 meq / l

El agua de riego que nosotros empleamos para el riego tiene una concentración de Bicarbonato de **2,36 meq / l** con lo cual según esta clasificación nos encontramos dentro del nivel de problemas crecientes aunque en niveles bajos casi próximos al nivel sin problemas.

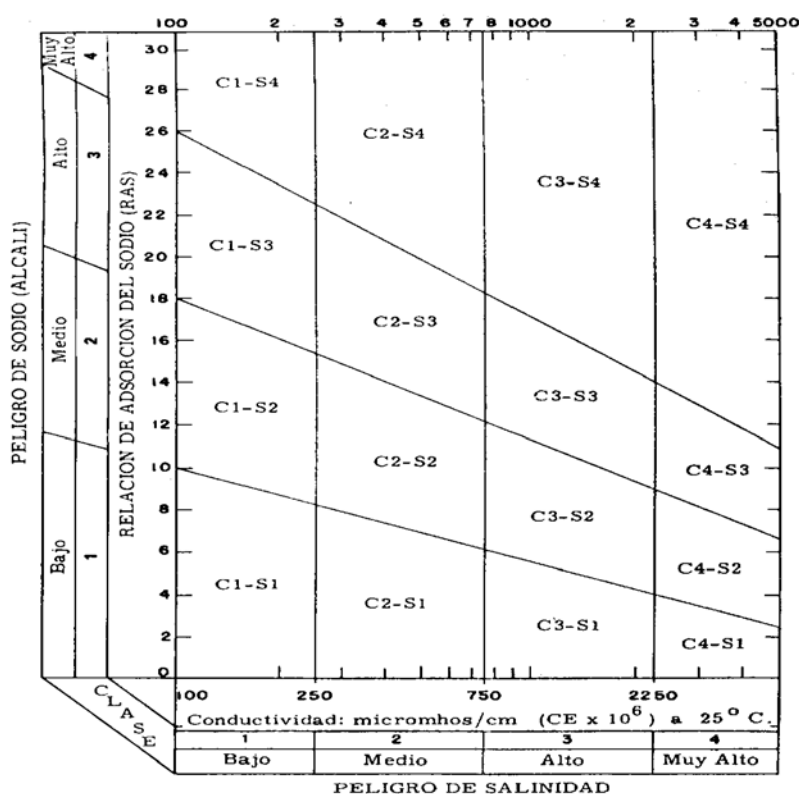
6. Clasificaciones

6.1. Normas Riverside

Relacionan la conductividad eléctrica y el SAR. Según estos dos índices se establecen dieciséis clases de aguas en función del riesgo de alcalinización y salinización.

Utilizando los dos parámetros anteriores, el agua se caracteriza mediante una fórmula tipo C, S en la que los valores de C, son los correspondientes a la CE y los valores de S son los del SAR. Los subíndices varían entre 1 y 4.

Entrando en el siguiente diagrama con los valores de SAR = 0,60 y CE = 358 micromhos/cm, se obtiene una clase de agua C2-S1, que indica un **riesgo medio de salinización** del suelo y **peligro de sodicidad bajo**.



Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego. (U. S. Soil Salinity Laboratory).

6.2. Normas H. Greene – FAO

Esta norma toma como base la concentración total de las aguas expresada en meq/l, con relación al tanto por ciento de sodio.

Calculamos el porcentaje de sodio con respecto a todos los demás cationes con la siguiente expresión:

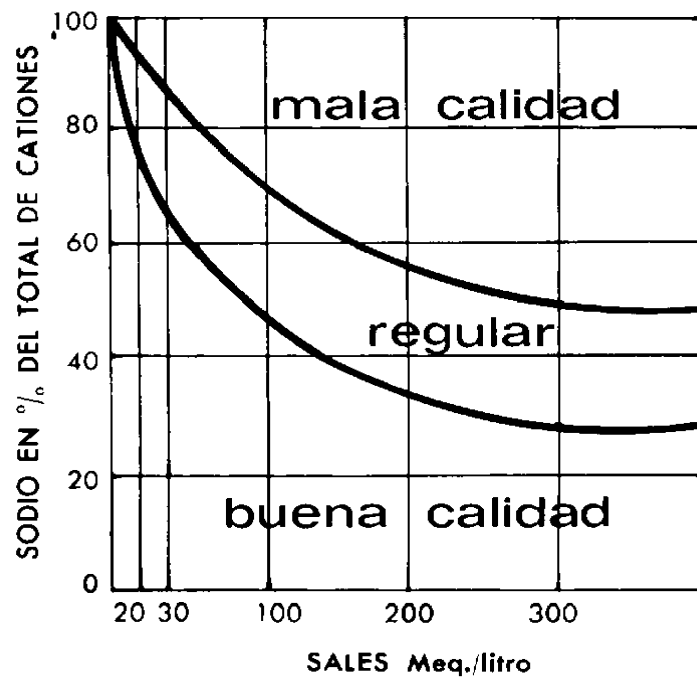
$$\% [\text{Na}] = [\text{Na}] / [\sum \text{Cationes}] * 100$$

$$\% [\text{Na}] = (0,75 / 4,02) * 100 = \underline{\underline{18,66 \%}}$$

Calculamos la concentración total de cationes y de aniones:

$$\sum [\text{Cationes}] + \sum [\text{Aniones}] = 4,02 + 3,91 = \underline{\underline{7,93 \text{ meq/l}}}$$

Con estos dos resultados entramos en la siguiente gráfica y sacamos la conclusión de que el agua que empleamos para riego es de **buena calidad**.

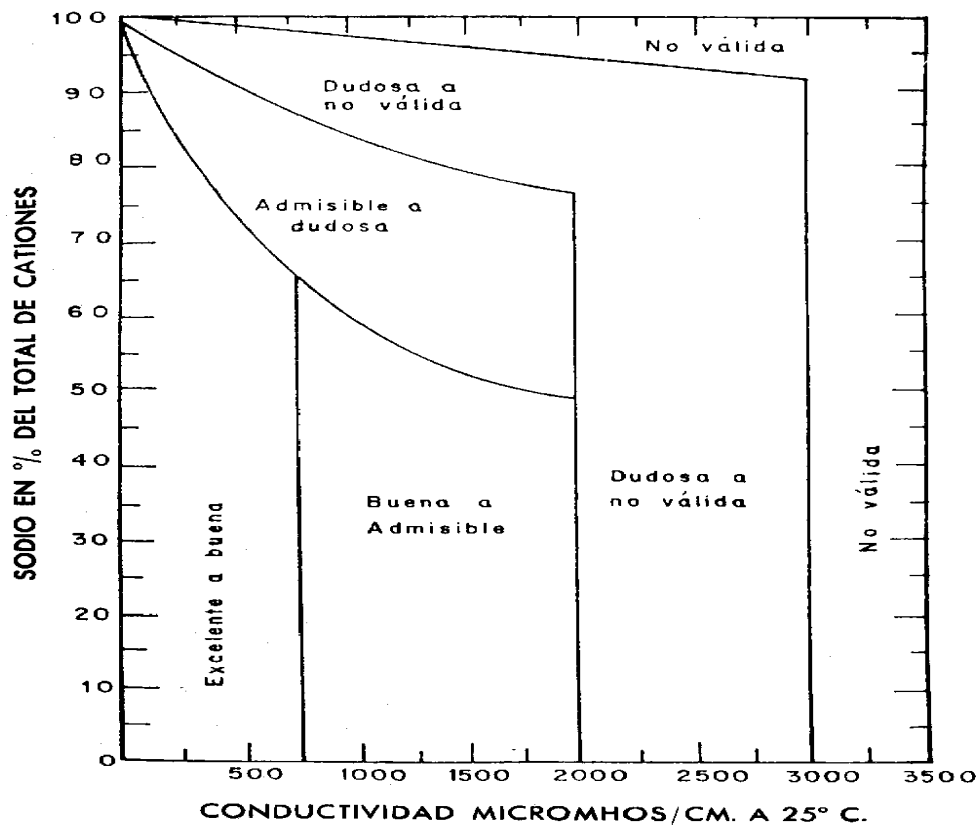


6.3. Normas L.V.Wilcox

Este autor considera como índice para la clasificación de las aguas de riego, el tanto por cien de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica.

El porcentaje de sodio que hemos calculado en el apartado anterior es de 18,66% y la conductividad eléctrica a 25°C es de 358 micromhos/cm.

Con estos dos datos, entramos en la gráfica siguiente y obtenemos que tenemos un agua de riego de **excelente a buena calidad**.



7. Conclusiones

Con todo expuesto en este anejo, sacamos la conclusión, que el agua de riego no causara ningún problema sobre el desarrollo de los cultivos , ni sobre el suelo de la parcela, ya que reúne todos los requisitos mínimos de calidad.

Con lo cual diremos que el agua con la cual regamos es óptima para el riego sin ninguna limitación y se aconseja que se desarrolle el presente proyecto.

ANEJO 5

Rotación de cultivos

Rotación de cultivos

ÍNDICE DEL ANEJO 5

Pág.

1. Introducción.....	2
2. Cultivos propuestos para la rotación.....	2
3. Parámetros de rotación y de la alternancia.....	4
4. Cuadro de rotación de cultivos.....	4

1. Introducción

En este anejo vamos a tratar los cultivos que mejor se van a desarrollar en nuestra parcela para la obtención de los mejores rendimientos posibles y maximizar la rentabilidad de nuestra parcela y de nuestro riego implantado. Para ello deberemos hacer una distribución adecuada de los cultivos a implantar.

Deberemos evitar una esquilmación del terreno por lo tanto deberemos cultivar en ocasiones leguminosas las cuales son mejoradoras del suelo y portadoras de nitrógeno.

La alternativa de los cultivos que se va a realizar debe tener un carácter elástico para poder reaccionar ante las posibles fluctuaciones del mercado durante el transcurso de los años.

Cada cultivo que implantemos tendrá unas necesidades de agua, las cuales, debemos conocer para el dimensionamiento del riego que vamos a instalar. Para que los cultivos obtengan el aporte necesario de agua.

2. Cultivos propuestos para la rotación

Los cultivos que se proponen son cultivos característicos de la zona, bien por su importancia económica o por su buen comportamiento respecto al clima de la zona.

Para estos cultivos se calculan las necesidades hídricas en el anejo 6. Los cultivos son los que se muestran en la tabla siguiente. En ella también se reflejan las fechas de siembra y de recolección de forma aproximada. Estas fechas dependerán del clima de la zona, la variedad que se cultive, etc.

CULTIVO	FECHA DE SIEMBRE	FECHA DE RECOLECCIÓN
ALFALFA	15-sep	De Marzo a Noviembre
MAIZ	1 de Mayo	5 de Octubre
TRIGO	1de Diciembre	15 de Junio
CEBADA	5 de Noviembre	5 de Junio
GIRASOL	10 de Mayo	20 de Septiembre
GUISANTE	15 de Diciembre	10 de Mayo
VEZA FORRAJERA	1 de Octubre	15 de Mayo

Para la elección de los cultivos se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- La capacidad del propietario de comercializar los productos.
- Cierta flexibilidad en la rotación para que el agricultor pueda introducir cultivos no previstos que interesen en un determinado momento.
- Adaptación de los cultivos al clima y suelo.
- La condición mejoradora o esquilmanante de los cultivos sobre el suelo.
- La combinación de distintas especies para evitar la proliferación de malas hierbas y parásitos específicos.
- La capacidad del parque de maquinaria que tenga el agricultor para el manejo de su explotación.

3. Parámetros de rotación y de la alternancia

Con los datos de permanencia de cada cultivo en campo, y teniendo en cuenta los requerimientos de cada cultivo y las condiciones nutricionales del suelo, se puede realizar una distribución de los cultivos a través de los años.

Hay que combinar aquellos cultivos con altas necesidades nutricionales con otros menos exigentes y que además aporten una importante cantidad de material vegetal tras la cosecha, e incluso aporten al suelo macronutrientes esenciales, como es el caso de las leguminosas (alfalfa, veza forrajera y guisante). También alternaremos cultivos de raíces profundas con cultivos de raíces superficiales.

4. Cuadro de rotación de cultivos

La rotación de cultivos que planteamos a continuación, es de manera orientativa para el agricultor que podrá ser modificada por él si lo cree conveniente, si obtiene una mejor rentabilidad y unos mejores rendimientos.

AÑO 1												AÑO 2												AÑO 3												AÑO 4												AÑO 5											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ALFALFA																																																											

AÑO 6												AÑO 7												AÑO 8												AÑO 9												AÑO 10											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
				MAÍZ								GUISANTE				GIRASOL						CEBADA								VEZA						MAÍZ						TRIGO								ALFALFA									

ANEJO 6

Cálculo de necesidades hídricas

Cálculo de las necesidades hídricas

ÍNDICE DEL ANEJO 6

Pág

1. Introducción.....	3
2. Necesidades de riego.....	3
2.1 Necesidades netas.....	4
2.2 Necesidades reales.....	5
2.2.1 Pérdidas por percolación.....	9
3. Dimensionado del riego por aspersión.....	12
3.1 Dosis máximas de riego.....	12
3.2 Dosis útil.....	13
3.3 Dosis real de riego.....	15
3.4 Cálculo del riego.....	16
3.4.1 Intervalo entre riegos.....	17
3.4.2 Número de riegos por mes.....	19
3.4.3 Densidad de aspiración.....	20

3.4.4 Duración del riego.....	21
--------------------------------------	-----------

3.4.5 Caudal característico y continuo de parcela.....	23
---	-----------

1. Introducción

En este anejo se va a calcular las necesidades de agua para el sistema de riego por aspersión y para todo el período vegetativo de los cultivos elegidos en el anejo anterior de rotación de cultivos.

Las precipitaciones son parte del agua necesaria para cubrir las necesidades de los cultivos, pero no son suficientes. Por lo tanto es necesario un aporte de agua mediante el riego, el cual es aportado hoy en día mediante riego a pie y se quiere transformar a riego por aspersión, el cual se diseñará a partir de los datos obtenidos de este anejo.

Para conocer las cantidades de agua que hay que aportar, es necesario conocer las necesidades de la planta para que su desarrollo tenga lugar, y la cantidad de agua que puede aportar la lluvia durante el periodo de crecimiento. La diferencia entre las necesidades del cultivo y la cantidad de agua aportada por la lluvia (calculada en el anejo 2) es la que ha de ser cubierta por el riego.

$$\text{Necesidades de riego} = \text{Necesidades del cultivo} - \text{Precipitación}$$

Una vez tengamos estos valores, se podrá proceder al dimensionado de las instalaciones de riego.

2. Necesidades de riego

Para el cálculo de las necesidades hídricas partimos de la disposición del agua del pantano de la Sotonera y del Grado, la cual presenta una calidad determinada y que es óptima para el riego como hemos demostrado en el anejo 4.

2.1 Necesidades netas

En la práctica, las expresiones complejas que recogen los balances hídricos del suelo no se suelen utilizar, dado la complejidad de las fórmulas.

Así pues, una fórmula más sencilla que se emplea para calcular las necesidades netas de agua de riego es la siguiente:

$$N_n = ET_c - PE$$

Donde:

- **N_n** = Necesidades netas mensuales
- **ET_c** = Evapotranspiración mensual del cultivo
- **PE** = Precipitación efectiva

La precipitación efectiva, desde el punto de vista agronómico, es la proporción de lluvia que sirve para satisfacer las necesidades de consumo de agua del cultivo, y depende de varios factores como la intensidad de la precipitación, del contenido de humedad del suelo, la infiltración del mismo, etc. Se obtiene mediante la fórmula:

$$PE = 0,7 \cdot P_{Total} \cdot f.c.$$

Donde:

- **PE** = Precipitación efectiva
- **P_{total}** = Precipitación total
- **f.c.** = Factor de corrección en función de la evapotranspiración.

Eto (mm / día)	f.c
< 3	0,60 - 0,70
3-5	0,70 - 0,84
5-7	0,84 - 0,96
> 7	0,96 - 1,00

2.2 Necesidades reales

Para el cálculo de las necesidades reales de los cultivos se tienen en cuenta las necesidades netas (N_n), la eficiencia de aplicación del sistema (E_a), y las necesidades de lavado de sales (F_L).

En la eficiencia de aplicación se incluyen las pérdidas de agua por percolación, evaporación y escorrentía, además del coeficiente de uniformidad del sistema de riego elegido. En nuestro caso, como es un riego por aspersión, solo existen pérdidas por evaporación y unas mínimas por percolación.

La eficiencia de aplicación del riego, para sistemas de riego por aspersión con cobertura total enterrada en climas de semiáridos a áridos, como es nuestro caso, está entorno al 75% - 80%. Nosotros haremos los cálculos con 80%.

La fracción o necesidad de lavado se calcula como $(1 - F_L)$, y solo se aplica fuera de los meses de máximas necesidades, para no sobredimensionar la red de riego, y no causar de esta manera un gasto innecesario en la instalación.

Las necesidades reales se pueden calcularse mediante la siguiente expresión:

$$N_r = \frac{N_n}{E_a \cdot (1 - F_L)}$$

Donde:

N_r = Necesidades reales (mm/mes).

N_n = Necesidades netas (mm/mes).

E_a = Eficiencia de aplicación.

F_L = Fracción de lavado de sales.

El análisis de suelos nos indica que no existe problema de salinidad, aun así es necesario calcular la fracción de lavado debido a la concentración de sales del agua, para evitar el depósito de las mismas. La fracción de lavado se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_L = \frac{CE_w}{5 \cdot CE_e - CE_w}$$

Donde:

- F_L = Necesidad de lavado en tanto por uno.
- CE_w = Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm).
- CE_e = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (máximo que tolera un cultivo determinado sin que se produzca reducción del rendimiento de cosecha, en mmhos/cm).

Así pues, aplicando para cada cultivo considerado la fórmula anterior, se obtienen los siguientes valores de necesidades de lavado:

<u>Cultivo</u>	<u>CE_w</u> (mmhos/cm)	<u>CE_e</u> (mmhos/cm)	<u>F_L</u>
Alfalfa	0,358	2	<u>0,037</u>
Maíz	0,358	1,7	<u>0,043</u>
Trigo	0,358	6	<u>0,012</u>
Cebada	0,358	8	<u>0,009</u>
Girasol	0,358	1,5	<u>0,050</u>
Guisante	0,358	1	<u>0,077</u>
Veza forrajera	0,358	1	<u>0,077</u>

Después de haber calculado las necesidades de lavado de cada cultivo vamos a calcular las necesidades reales de cada cultivo durante su periodo vegetativo.

<u>ALFALFA</u>					
<u>Meses</u>	<u>P_T (mm)</u>	<u>PE (mm)</u>	<u>Et_c (mm / día)</u>	<u>Nn (mm / mes)</u>	<u>N_r (mm / mes)</u>
Enero	28,7	13,06	12,87	-0,19	-0,24
Febrero	20,1	9,15	29,92	20,77	26,99
Marzo	17,4	7,92	70,56	62,64	81,31
Abril	43	23,18	87,44	64,26	83,42
Mayo	42	22,64	128,07	105,43	136,85
Junio	25,9	16,32	170,58	154,26	200,23
Julio	23,7	16,26	209,13	192,87	250,35
Agosto	24,8	15,63	181,54	165,91	215,36
Septiembre	40,9	22,05	114,29	92,24	119,73
Octubre	38,6	17,56	66,76	49,2	63,86
Noviembre	29,5	13,42	24,89	11,47	14,89
Diciembre	32,5	14,79	12,57	-2,22	-2,88

<u>MAIZ</u>					
<u>Meses</u>	<u>P_T (mm)</u>	<u>PE (mm)</u>	<u>Et_c (mm / día)</u>	<u>Nn (mm / mes)</u>	<u>N_r (mm / mes)</u>
Mayo	42	22,63	76,26	53,63	70,05
Junio	25,9	16,32	143,75	127,43	166,44
Julio	23,7	16,25	253,77	237,52	310,24
Agosto	24,8	15,64	226,41	210,77	275,30
Septiembre	40,9	22,04	123,28	101,24	132,24
Octubre	38,6	17,51	5,9	-11,61	-15,16

<u>TRIGO</u>					
<u>Meses</u>	<u>P_T (mm)</u>	<u>PE (mm)</u>	<u>Et_c (mm / día)</u>	<u>Nn (mm / mes)</u>	<u>N_r (mm / mes)</u>
Diciembre	32,5	14,78	10,45	-4,33	-5,48
Enero	28,7	13,06	11,43	-1,63	-2,06
Febrero	20,1	9,14	32,61	23,47	29,69
Marzo	17,4	7,92	86,45	78,53	99,35
Abril	43	23,18	108,07	84,89	107,40
Mayo	42	22,64	148,22	125,58	158,88

Junio	25,9	16,32	42,04	25,72	32,54
-------	------	-------	-------	-------	-------

<u>CEBADA</u>					
<u>Meses</u>	<u>P_T (mm)</u>	<u>PE (mm)</u>	<u>Et_c (mm / día)</u>	<u>N_n (mm / mes)</u>	<u>N_r (mm / mes)</u>
Noviembre	29,5	13,42	16,88	3,46	4,36
Diciembre	32,5	14,78	10,31	-4,48	-5,65
Enero	28,7	13,06	12,44	-0,62	-0,78
Febrero	20,1	9,14	34,29	25,15	31,72
Marzo	17,4	7,92	87,25	79,33	100,06
Abril	43	23,17	108,07	84,9	107,09
Mayo	42	22,64	123,75	101,11	127,53
Junio	25,9	16,32	7,41	5,24	6,61

<u>GIRASOL</u>					
<u>Meses</u>	<u>P_T (mm)</u>	<u>PE (mm)</u>	<u>Et_c (mm / día)</u>	<u>N_n (mm / mes)</u>	<u>N_r (mm / mes)</u>
Mayo	42	22,64	48,45	25,81	33,96
Junio	25,6	16,13	136,08	119,95	157,83
Julio	23,7	16,26	224,74	208,48	274,32
Agosto	24,8	15,62	224,37	208,75	274,67
Septiembre	40,9	22,04	52,85	30,81	40,54

<u>GUISANTE</u>					
<u>Meses</u>	<u>P_T (mm)</u>	<u>PE (mm)</u>	<u>Et_c (mm / día)</u>	<u>N_n (mm / mes)</u>	<u>N_r (mm / mes)</u>
Diciembre	32,5	14,79	5,03	-9,76	-13,22
Enero	28,7	13,06	11,28	-1,78	-2,41
Febrero	20,1	9,14	34,62	25,48	34,50
Marzo	17,4	7,92	86,45	78,53	106,35
Abril	43	23,18	107,09	83,91	113,63
Mayo	42	22,64	44,46	21,82	29,55

<u>VEZA FORRAJERA</u>					
<u>Meses</u>	<u>P_T (mm)</u>	<u>PE (mm)</u>	<u>Et_c (mm / día)</u>	<u>Nn (mm / mes)</u>	<u>N_r (mm / mes)</u>
Octubre	38,6	17,56	46,48	28,92	39,16
Noviembre	29,5	13,42	21,25	7,83	10,60
Diciembre	32,5	14,79	13,98	-0,81	-1,09
Enero	28,7	13,06	14,75	1,69	2,29
Febrero	20,1	9,14	34,29	25,15	34,06
Marzo	17,4	7,92	80,9	72,98	98,83
Abril	43	33,11	100,21	67,11	90,88
Mayo	42	22,64	63,7	41,06	55,60

2.2.1 Pérdidas por percolación

El análisis de suelos que hemos realizado en el anejo 3, nos indica que no existen problemas de salinidad. Aun así es necesario calcular la fracción de lavado debido a la concentración de sales del agua, para evitar el depósito de las mismas. La fracción de lavado se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$\text{Pérdidas por percolación} = N_r - N_n$$

Pérdidas por percolación = $N_r - N_n = 250,35 - 192,87 = \underline{\underline{57,48 \text{ (mm/mes)}}$ para el caso del **Alfalfa** , en el mes de mayores necesidades que es Julio.

Pérdidas por percolación = $N_r - N_n = 310,24 - 237,52 = \underline{\underline{72,72 \text{ (mm/mes)}}$ para el caso del **Maíz** , en el mes de mayores necesidades que es Julio.

Pérdidas por percolación = $N_r - N_n = 158,88 - 125,58 = \underline{\underline{33,30 \text{ (mm/mes)}}$ para el caso del **Trigo** , en el mes de mayores necesidades que es Mayo.

Pérdidas por percolación = $N_r - N_n = 127,53 - 101,11 = \underline{\underline{26,42 \text{ (mm/mes)}}$ para el caso de la **Cebada** , en el mes de mayores necesidades que es Mayo.

Pérdidas por percolación = $N_r - N_n = 274,67 - 208,75 = \underline{\underline{65,92 \text{ (mm/mes)}}$ para el caso del

Girasol , en el mes de mayores necesidades que es Agosto.

Perdidas por percolación = $N_r - N_n = 113,63 - 83,91 = \underline{29,72 \text{ (mm/mes)}}$ para el caso del **Guisante** , en el mes de mayores necesidades que es Abril.

Perdidas por percolación = $N_r - N_n = 98,83 - 72,98 = \underline{25,85 \text{ (mm/mes)}}$ para el caso de la **Veza** , en el mes de mayores necesidades que es Marzo.

Estas pérdidas de percolación nos favorecen para el lavado de las sales, que nos pueda aportar el agua de riego.

Las necesidades totales de riego para el caso más desfavorable, para cubrir las demandas de evapotranspiración y lixiviación son:

$$N_t = N_n / (1 - FL)$$

$$N_t = N_n / 1 - FL = 192,87 / (1 - 0,037) = \underline{200,28 \text{ (mm/mes) para el Alfalfa}}$$

$$N_t = N_n / 1 - FL = 237,52 / (1 - 0,043) = \underline{248,19 \text{ (mm/mes) para el Maíz}}$$

$$N_t = N_n / 1 - FL = 125,58 / (1 - 0,012) = \underline{127,10 \text{ (mm/mes) para el Trigo}}$$

$$N_t = N_n / 1 - FL = 101,11 / (1 - 0,009) = \underline{102,03 \text{ (mm/mes) para la Cebada}}$$

$$N_t = N_n / 1 - FL = 208,75 / (1 - 0,050) = \underline{219,74 \text{ (mm/mes) para el Girasol}}$$

$$N_t = N_n / 1 - FL = 83,91 / (1 - 0,077) = \underline{90,91 \text{ (mm/mes) para el Guisante}}$$

$$N_t = N_n / 1 - FL = 72,98 / (1 - 0,077) = \underline{79,07 \text{ (mm/mes) para la Veza}}$$

Las necesidades de lixiviación son:

$$\text{Necesidades de Lixiviación} = N_t - N_n$$

Necesidades de lixiviación $= N_t - N_n = 200,28 - 192,87 = \underline{\underline{7,41 \text{ (mm/mes)}}}$ para el Alfalfa

Necesidades de lixiviación $= N_t - N_n = 248,19 - 237,52 = \underline{\underline{10,67 \text{ (mm/mes)}}}$ para el Maíz

Necesidades de lixiviación $= N_t - N_n = 127,10 - 125,58 = \underline{\underline{1,52 \text{ (mm/mes)}}}$ para el Trigo

Necesidades de lixiviación $= N_t - N_n = 102,03 - 101,11 = \underline{\underline{0,92 \text{ (mm/mes)}}}$ para la Cebada

Necesidades de lixiviación $= N_t - N_n = 219,74 - 208,75 = \underline{\underline{10,99 \text{ (mm/mes)}}}$ para el Girasol

Necesidades de lixiviación $= N_t - N_n = 90,91 - 83,81 = \underline{\underline{7,1 \text{ (mm/mes)}}}$ para el Guisante

Necesidades de lixiviación $= N_t - N_n = 79,07 - 72,98 = \underline{\underline{6,09 \text{ (mm/mes)}}}$ para la Veza

A partir de estos datos, queda ampliamente justificado el no tener en cuenta las necesidades de lixiviación, ya que son ampliamente compensadas por las pérdidas por percolación.

3. Dimensionado del riego por aspersión

En este apartado vamos a dimensionar el riego por aspersión con cobertura total enterrado que deseamos poner en la parcela.

Como se explica en el apartado 2.2 de este anejo, las tablas anteriores no se tendrán en cuenta para los meses críticos, por lo que de ahora en adelante se realizarán los cálculos para el cultivo más exigente en el mes de máximas necesidades para poder dimensionar el proyecto de tal forma que se pueda regar sin problemas en el mes más desfavorable de todos, o lo que es lo mismo, en el de máximas necesidades hídricas.

Siendo el maíz el cultivo más exigente en el riego por aspersión con una ETc de 253,77mm en el mes de julio, con una profundidad media radicular de 60cm.

3.1 Dosis máximas de riego

La dosis máxima es el volumen de agua de riego por unidad de superficie y riego que es necesaria para elevar el contenido de humedad del suelo desde el punto de marchitez (PM) hasta capacidad de campo (CC). La expresión para calcular la dosis máxima es:

$$D_m = 10.000 \cdot p \cdot \frac{CC - PM}{100} \cdot D_a$$

Donde:

- **Dm** = Dosis máxima en (m³ / ha y riego).
- **p** = Profundidad radicular del cultivo en m.
- **CC** = Capacidad de campo en % de peso.
- **PM** = Punto de marchitez en % de peso.
- **Da** = Densidad aparente del suelo en (Tm / m³).

<u>CULTIVO</u>	<u>p (m)</u>	<u>CC (%)</u>	<u>PM (%)</u>	<u>Da</u> <u>(Tm/m³)</u>	<u>Dm(m³/ha</u> <u>riego)</u>	<u>Dm(mm/riego)</u>
ALFALFA	1,2	22,84	12,41	1,29	1614,56	161,456
MAÍZ	0,6	22,84	12,41	1,29	807,28	80,70
TRIGO	0,8	22,84	12,41	1,29	1076,37	107,637
CEBADA	0,9	22,84	12,41	1,29	1210,92	121,092
GIRASOL	0,9	22,84	12,41	1,29	1210,92	121,092
GUISANTE	0,4	22,84	12,41	1,29	538,18	53,818
VEZA FORRAJERA	0,5	22,84	12,41	1,29	672,73	67,273

3.2 Dosis útil

Es la efectividad con la que la planta extrae agua del suelo y depende del contenido de humedad del mismo. A mayor contenido en humedad mayor es la efectividad en la extracción del agua. Por ello para evitar reducción en los rendimientos de los cultivos interesa mantener siempre el

contenido de humedad del suelo muy por encima del punto de marchitez, y eso obliga a regar con dosis más pequeñas que la dosis máxima y regar con una frecuencia elevada. Así se evita este descenso de rendimiento en los cultivos. Para evitar agotar toda la capacidad de agua del suelo hay que aplicar un factor reductor así nos aseguramos no llegar al punto de marchitez.

La dosis útil se calcula con la siguiente expresión:

$$Du = a * Dm$$

Siendo:

- **Du** = Dosis útil de riego en m³ / ha y riego.
- **a** = Factor reductor que toma el valor de 0,2 para sistemas fijos.
- **Dm** = Dosis máxima en m³ / ha y riego.

<u>CULTIVO</u>	<u>Dm(m³/ha riego)</u>	<u>a</u>	<u>Du(m³/ha riego)</u>	<u>Du(mm/riego)</u>
ALFALFA	1614,56	0,2	322,91	32,29
MAÍZ	807,28	0,2	161,45	16,14
TRIGO	1076,37	0,2	215,27	21,52
CEBADA	1210,92	0,2	242,18	24,22
GIRASOL	1210,92	0,2	242,18	24,22
GUISANTE	538,18	0,2	107,63	10,76
VEZA FORRAJERA	672,73	0,2	134,54	13,45

3.3 Dosis real de riego

El agua aplicada por el riego aspersión a la planta no es aprovechada en su totalidad ya que hay unas pérdidas en nuestro caso de evaporación y de percolación mínimas. De escorrentía se consideran nulas en riego por aspersión, ya que no se aplica ese exceso de agua como para que haya escorrentía como en riego a pie. Con lo cual hay que aplicar una dosis superior a la dosis útil para compensar dichas pérdidas por evaporación y percolación para que la planta en la zona de las raíces tenga a su disposición la dosis útil anterior calculada.

La relación entre la dosis útil y la real es la eficiencia de aplicación de riego, que ya hemos visto antes que tiene un valor para nuestro caso del 80%, por lo tanto la dosis real queda expresada por:

$$Dr = Du / Ea$$

Siendo:

- **Dr**= Dosis real de riego en m³ / ha y riego.
- **Du**= Dosis útil de riego en m³ / ha y riego.
- **Ea**= Eficiencia de aplicación para riego por aspersión (80% en nuestro caso).

Los resultados se expresan en la siguiente tabla:

<u>CULTIVO</u>	<u>Du(m³/ha riego)</u>	<u>Ea</u>	<u>Dr(m³/ha riego)</u>	<u>Dr(mm/riego)</u>
ALFALFA	322,91	0.80	403,64	40,36
MAÍZ	161,45	0.80	201,81	20,18
TRIGO	215,27	0.80	269,08	26,90
CEBADA	242,18	0.80	302,72	30,27
GIRASOL	242,18	0.80	302,72	30,27
GUISANTE	107,63	0.80	134,54	13,45
VEZA FORRAJERA	134,54	0.80	168,17	16,81

3.4 Cálculo del riego

Para el cálculo de las necesidades netas mensuales se desprecia la precipitación, ya que hay que ponerse siempre en el caso más desfavorable, y así el dimensionamiento de la instalación queda del lado de la seguridad.

$$\text{Necesidades (mm / día)} = \text{Necesidades (mm / mes)} / (\text{Número de días/ mes})$$

Las necesidades de cada cultivo para el mes más crítico se expresan en la tabla siguiente:

<u>CULTIVO</u>	<u>Mes crítico</u>	<u>Necesidades (mm/mes)</u>	<u>Días del mes crítico</u>	<u>Necesidades (mm/día)</u>
ALFALFA	Julio	192,87	31	6,22
MAÍZ	Julio	237,52	31	7,66
TRIGO	Mayo	125,58	31	4,05
CEBADA	Mayo	101,11	31	3,26
GIRASOL	Agosto	208,75	31	6,73
GUISANTE	Abril	83,91	30	2,80
VEZA FORRAJERA	Marzo	72,98	31	2,35

3.4.1 Intervalo entre riegos

Se define como el tiempo transcurrido entre dos riegos consecutivos, se define con la letra “T” y se mide en días.

Se expresa con la formula siguiente:

$$T = Du / Nn$$

Donde:

-**T**= Intervalo entre riegos en días

-**Du**= Dosis útil almacenada en cada riego en mm/riego.

-**Nn**= Necesidades netas diarias consumidas en el proceso de ETc para el cultivo más exigente (Maíz) en el mes de máximas necesidades en mm/día.

Los resultados obtenidos se expresan en la tabla siguiente:

<u>CULTIVO</u>	<u>Du (mm/riego)</u>	<u>Necesidades (mm/día)</u>	<u>T (días)</u>
ALFALFA	32,29	6,22	5
MAÍZ	16,14	7,66	2
TRIGO	21,52	4,05	5
CEBADA	24,22	3,26	7
GIRASOL	24,22	6,73	3
GUISANTE	10,76	2,80	3
VEZA FORRAJERA	13,45	2,35	5

3.4.2 Número de riegos por mes

Es el cociente entre los días del mes de máximas necesidades y los días entre riegos. Y se calcula con la siguiente expresión:

$$n = N / T$$

Donde:

- **n** = Número de riegos por mes
- **N** = Los días del mes de máximas necesidades
- **T** = El intervalo entre riegos.

Los resultados se expresan en la tabla siguiente:

<u>CULTIVO</u>	<u>N</u>	<u>T (días)</u>	<u>n (riegos / mes)</u>
ALFALFA	31	5	6
MAÍZ	31	2	15
TRIGO	31	5	6
CEBADA	31	7	4
GIRASOL	31	3	10
GUISANTE	30	3	10
VEZA FORRAJERA	31	5	6

3.4.3. Densidad de aspersión

Se define como la cantidad de agua aportada por un aspersor por unidad de superficie y hora. También llamada intensidad de lluvia. La intensidad de aspersión va referido a una superficie regada (S_a) por un aspersor.

Se calcula con la siguiente formula:

$$i = q / S_a$$

Donde:

- i = Densidad de aspersión.
- q = Caudal nominal del aspersor en l/h.
- S_a = Superficie asignada a cada aspersor en m².

La superficie regada (S_a) es:

$$S_a = S_m \times S_l$$

Se opta por un marco de plantación de los aspersores de 18x18 m, y se obtiene una superficie regada del aspersor:

$$S_a = 18 \cdot 18 = \underline{\underline{324 \text{ m}^2}}$$

El caudal del aspersor es de 1976 L/h, elegido en el anejo de justificación y características del sistema de riego. Por lo tanto la densidad de aspersión en nuestro caso es:

$$i = q / S_a$$

$$i = 1976/324 = \underline{\underline{6,098 \text{ mm/h}}}$$

El valor se encuentra dentro de los valores para no causar escorrentía.

3.4.4 Duración del riego

Se puede definir como el tiempo que debe estar en funcionamiento un aspersor para aplicarle al suelo la dosis real de riego. Y lo calculamos mediante la siguiente expresión:

$$T_r = D_r / i$$

Donde:

- **tr** = Duración de riego en horas.
- **Dr** = Dosis real de riego en mm/riego.
- **i** = Densidad de aspersión en mm/h.

En la tabla siguiente expresamos la duración del riego para los distintos cultivos que vamos a cultivar.

<u>CULTIVO</u>	<u>Dr(mm/riego)</u>	<u>i (mm / h)</u>	<u>Tr (h)</u>	
ALFALFA	40,36	6,098	6,62	<u>6h y 37 min.</u>
MAÍZ	20,18	6,098	3,31	<u>3h y 18 min.</u>
TRIGO	26,90	6,098	4,41	<u>4h y 24 min.</u>
CEBADA	30,27	6,098	4,96	<u>4h y 57 min.</u>
GIRASOL	30,27	6,098	4,96	<u>4h y 57 min.</u>
GUISANTE	13,45	6,098	2,20	<u>2h y 12 min.</u>
VEZA FORRAJERA	16,81	6,098	2,75	<u>2h y 45 min.</u>

Estos valores de duración de riego obtenidos se podrán ajustar en función de las necesidades del operador de riego, de forma que le sea más sencillo el usar los programadores de riego.

Son tiempos teóricos, ya que la densidad de aspersión calculada es también teórica, y no será la misma que la del propio aspersor que elijamos para la puesta en riego, que vendrá dada por el fabricante.

3.4.5 Caudal característico y continuo de parcela

El caudal característico representa las necesidades reales de riego calculadas mes a mes (para todo el periodo de riegos), es decir, coincide con las necesidades reales de nuestro cultivo más exigente en el mes crítico, expresadas en forma de caudal continuo, es decir, en litros/ segundo y hectárea.

Simplemente haciendo un cambio de unidades para **N_r** sacamos **q_c** aplicando la siguiente expresión:

$$q_c = N_r * (10000 (m^2) / 1(ha)) * (1 (día) / 24 (h)) * (1 (h) / 3600 (seg))$$

Aplicando la expresión anterior para el cultivo más exigente, que es el maíz en el mes de julio, se obtiene el siguiente valor:

$$q_c = 7,66 * (10000 (m^2) / 1(ha)) * (1 (día) / 24 (h)) * (1 (h) / 3600 (seg))$$

$$\mathbf{q_c = 0,88 (l / seg. Ha)}$$

El caudal continuo en la parcela se obtiene multiplicando el caudal característico por la superficie de la parcela, y está directamente relacionado con el caudal en toma:

$$Q_c = S \cdot q_c$$

$$Q_c = S \cdot q_c = 10 \text{ (ha)} * 0,88 \text{ (l /seg. ha)} = \underline{\underline{8,8 \text{ (l/ seg)}}}$$

Estos dos caudales continuos son ficticios y no se aplican realmente a través del sistema de riego. Si se hiciera así, la instalación tendría que estar regando de forma continua durante todo el mes crítico.

Para evitarlo, en el proyecto de la red colectiva se elijan las tomas de riego con un caudal tal que:

$$Q_t = 2 * Q_c = 2 * 8,8 = \underline{\underline{17,6 \text{ l/s}}}$$

Por lo tanto las necesidades quedan cubiertas en menos de la mitad del tiempo del mes crítico.

ANEJO 7

**Justificación y
características del
sistema de riego
elegido**

Justificación y características del sistema de riego elegido

ÍNDICE DEL ANEJO 7

Pág

1. Introducción.....	3
-----------------------------	----------

2. Justificación de la conversión a riego por aspersión.....	3
---	----------

2.1 Mano de obra.....	3
------------------------------	----------

2.2 Rendimiento de la cosecha (Producción).....	3
--	----------

2.3 Edafología.....	4
----------------------------	----------

2.4 Agua de riego.....	4
-------------------------------	----------

2.5 Topografía y el contorno de la parcela.....	5
--	----------

3 Características generales del riego por aspersión.....	5
---	----------

3.1 Características de la cobertura total enterrada.....	6
---	----------

3.1.1 Ventajas e inconvenientes.....	6
---	----------

3.1.2 Elección del marco de colocación de los aspersores.....	7
--	----------

3.1.3 Elección del aspersor.....	8
---	----------

3.1.4 Características de los aspersores.....	9
4 Organización del riego.....	12
5 Número máximo de aspersores por módulo de riego.....	13

1. Introducción

En este anejo se va a justificar el sistema de riego elegido y también se van a explicar las ventajas e inconvenientes que presenta dicho sistema de riego, además se indican las características de los elementos que constituyen el tipo de sistema.

2. Justificación de la conversión a riego por aspersión

La transformación de la parcela de secano a riego por aspersión está justificada siempre que se obtenga una rentabilidad acorde con la inversión que hay que efectuar. Y que estará condicionada por los siguientes factores:

2.1. Mano de obra

El manejo de una explotación de secano no requiere mucho sacrificio, pero tiene grandes desventajas sobre todo en la zona donde esta la parcela, la principal es el mal resultado de las cosechas, donde un año recolectas y otro no es rentable cosechar, otro factor limitante es el tipo de cultivo, debido a no disponer de riego y no poder sembrar determinados cultivos. Y el transformarla a riego por aspersión es una ventaja ya que no hay que estar tan pendiente del riego porque todo está automatizado, también aumentas la rentabilidad de la explotación y aumentamos el rendimiento de la cosecha. La mano de obra es mayor y la rentabilidad mucho mayor.

2.2. Rendimiento de la cosecha (Producción)

Para obtener un máximo rendimiento de cosecha es fundamental un buen aporte hídrico, tanto en cantidad como en homogeneidad. Este aporte debe estar bien repartido a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo para lograr una buena producción.

2.3.Edafología

Se trata de un suelo en general **fértil**, con una profundidad suficiente para los cultivos que se pretende implantar.

Posee una textura **franco-arcillo-arenosa** sin problemas de drenaje ni de salinidad.

Respecto a la velocidad de infiltración, el valor obtenido se encuentra en un intervalo de **infiltración moderada**, lo que hace al suelo adecuado para el riego.

2.4.Agua de riego

El agua proviene de los pantanos de la Sotonera y del Grado. Tras su estudio realizado en el anejo 4, deducimos que es un agua de buena calidad y no presenta ningún problema. Con lo cual el riego por aspersión no va a presentar ningún problema con respecto a la calidad del agua.

2.5.Topografía y el contorno de la parcela

La parcela en la que se va a instalar el riego pertenece a la Comunidad de Regantes de Montesús. Es una parcela de aproximadamente 10 hectáreas, las pendientes son aproximadamente de un 1 % con lo cual es un terreno casi llano.

Por lo tanto no se va a presentar limitación alguna a la hora de realizar la elección del sistema de riego a implantar en la parcela ya que la escorrentía que se pudiera producir por elevadas pendientes es mínima.

3.Características generales del riego por aspersión

El aporte de agua a las plantas mediante el sistema de riego por aspersión es en forma de lluvia artificial empleando emisores rotativos. Los aspersores son los elementos encargados de la distribución del agua en la parcela, necesitando de una cierta presión para que salga a través de los orificios o boquillas de los mismos.

Sus principales características son:

- Distribución del agua en forma de lluvia, de manera uniforme sobre el suelo.
- Permite el riego de terrenos con pendiente sin la necesidad de realizar nivelaciones en el terreno.
- Conducción del agua por el interior de tuberías a presión, sin ningún tipo de pérdidas en su distribución.
- Distribución del agua sobre el terreno a medida que se va infiltrando, pudiendo aplicar solo las dosis necesarias para el cultivo, con el consiguiente ahorro de agua.
- Se evitan las pérdidas de agua por escorrentía, así se evita la erosión del suelo fértil.
- Con el propio sistema de riego se pueden aplicar tratamientos fitosanitarios, y aporte de fertilizantes.
- Se adapta a la mayoría de los cultivos incrementando su producción respecto a los sistemas de riego tradicionales.

Pero el riego por aspersión también presenta ciertos inconvenientes:

- La mala compatibilidad del viento con la eficiencia de aplicación del riego, disminuyendo esta considerablemente, con lo que deberá evitarse el riego en días con velocidades del viento considerables.
- El coste elevado de implantación.

3.1.Características de la cobertura total enterrada

3.1.1Ventajas e inconvenientes

Además de las características antes citadas la cobertura total enterrada, evita infraestructuras superficiales que separan y enmarcan la parcela, y evita pérdidas en la superficie cultivada.

Principalmente se caracteriza por constar de:

- Un elemento filtrante** que se instalará en el edificio de control de mandos y estará compuesto por filtros de mallas automáticos.
- Una válvula hidráulica** en la entrada de cada módulo (conjunto de emisores de riego que funcionan al mismo tiempo) comandada por una llave de tres vías, la cual puede ser accionada manualmente con tres posiciones, la tercera se corresponde al modo automático.
- Una red de tuberías** de distintos diámetros que variarán en función del caudal que transporten. Esta se encuentra totalmente enterrada a mayor profundidad que la de la labor de los aperos, saliendo solo a superficie el porta-emisor, que puede ser de diferentes medidas, y el emisor o aspersor que también puede ser de diversos tipos.
- Un controlador de riego** que controlará el conjunto del equipo de riego y estará instalado en el edificio de mandos.

3.1.2Elección del marco de colocación de los aspersores

El marco de colocación de los aspersores en red viene dado por las distancias existentes, por un lado entre dos ramales contiguos de aspersores, y por otro lado por la distancia entre dos aspersores consecutivos dentro de un mismo ramal. Es muy importante la distribución de los aspersores, que se suelen colocar siguiendo generalmente tres disposiciones: en rectángulo, en cuadrado y en triángulo o tresbolillo.

Elegiremos la distribución del marco en forma triangular, ocupando los aspersores los vértices de una red de triángulos. Este tipo de disposición es el que mejor

aprovecha el agua, pues la uniformidad de distribución del agua es mucho mejor cuando hay vientos dominantes.

En esta distribución triangular la distancia entre dos aspersores de un mismo lateral de riego será de 18 metros y la distancia entre dos laterales de riego sería de 18 metros también, lo que dará una red de triángulos equiláteros.

Este marco triangular de los aspersores es elegido por dos características:

-Principalmente por la uniformidad.

-Por la adaptabilidad a la gran mayoría de herramientas, con lo cual se trabaja con anchuras múltiples a tres metros.

Otro aspecto que tenemos que controlar es que los extremos de las parcelas coinciden normalmente distancias irregulares de los aspersores a las márgenes de las mismas. Por lo que se tomará la medida de retirar el aspersor hacia la parte interna de la parcela hasta una distancia de 12 metros, y se colocará un aspersor más en la margen de la parcela (para no perder uniformidad en el riego) siguiendo la trayectoria del ramal de aspersores, si la distancia se encuentra entre 9 y 12 metros de la margen. Si la distancia a la margen es inferior a 9 metros, este aspersor será retirado hacia la margen siguiendo la trayectoria del ramal de aspersores del cual se alimenta.

De esta manera se consigue que las cabeceras de las parcelas tengan mayor maniobrabilidad, quedando una anchura asegurada de 12 metros.

3.1.3 Elección del aspersor

Los factores que se han tenido en cuenta para la elección del aspersor han sido los siguientes:

- Un tipo de aspersor con cuyo caudal se redujeran costes en el ancho de las calles.

- La densidad de aspersión debe estar por debajo de la infiltración del suelo de la parcela.

- La presión de funcionamiento del aspersor ha de ser la necesaria para que haya una buena uniformidad del riego.
- El recubrimiento del aspersor deberá estar comprendido entre el 55 y 65%.
- El coeficiente de uniformidad debe estar por encima del 80% con vientos de hasta 2,5 m/ s, según la regla de Christiansen.
- El grado de pulverización debe tener un valor comprendido entre 0,1 y 0,3. Para medir el grado de pulverización se usa el índice de Tenda ($K = D/h$; “D” es el diámetro de la boquilla y “h” la presión de trabajo en metros de columna de agua).
- La eficiencia del aspersor, es la relación entre el alcance en metros, y la presión en la boquilla también en metros. Debe estar por debajo del valor de 0,7 para las gotas finas (según fórmula de Poggi).

En función de todas las características técnicas del aspersor anteriormente descritas, y teniendo en cuenta el aspecto económico, se definen los aspersores que se van a colocar.

3.1.4 Características de los aspersores

-CAUDAL DEL ASPERSOR: El caudal del aspersor está íntimamente relacionado con el diámetro de la boquilla (o de las boquillas) y con la presión de funcionamiento. Los caudales usuales de los aspersores varían desde 1000 a 3000 litros por hora.

-ALCANCE DEL ASPERSOR: El alcance del aspersor, que determina el radio de área mojada, depende del ángulo de inclinación de la boquilla y de la presión de

funcionamiento. Se obtiene un valor máximo del radio del área mojada cuando el ángulo de inclinación de la boquilla es de 45°. Sin embargo, este ángulo no suele utilizarse debido a que el chorro sería muy afectado por el viento, con perjuicio de la uniformidad de riego.

-PULVERIZACIÓN: El tamaño de las gotas de agua que arroja el aspersor es un factor importante en el riego, ya que si no es el adecuado puede afectar a las plantas, suelo y a la uniformidad de riego:

En cultivos delicados el impacto de gotas gruesas puede producir daños que afectan a la producción.

Las gotas gruesas provocan la compactación de determinados suelos y la consiguiente disminución de la velocidad de infiltración.

La eficiencia de los riegos disminuye cuando las gotas son demasiado finas, ya que aumenten las pérdidas por evaporación.

La uniformidad de los riegos se ve más fácilmente afectada por el viento a medida que el tamaño de las gotas se hace menor.

-PLUVIOMETRÍA O PRECIPITACIÓN DEL ASPERSOR: La pluviometría o precipitación de un aspersor expresa la intensidad de riego por aspersión, y se mide por altura de la capa de agua recibida por la tierra durante un tiempo determinado. Generalmente se expresa en mm/h. La pluviometría más frecuente en riego por aspersión oscila entre 3 y 20 mm/h. Hay que tener en cuenta que la pluviometría debe ser inferior a la permeabilidad del terreno, ya que en caso contrario podrían producirse encharcamientos y erosiones. La pluviometría de un aspersor se calcula mediante la fórmula: $P = Q/S$ donde **P** =pluviometría en mm/h; **Q** = caudal del aspersor en l/h y **S** = superficie útil de riego en metros cuadrados.

**-CORRECTO ESPACIAMIENTO DE LOS ASPERSORES EN
CONDICIONES ESPECÍFICAS DE VIENTO:**

<u>Espaciamiento en triángulo</u>	<u>Velocidad del viento</u>	<u>Distancia entre laterales</u>
	Sin viento	70% de Diámetro
	2 m/seg.	70% de Diámetro
	3.5 m/seg.	60% de Diámetro
	Más de 3.5 m/seg	35% de Diámetro

- **Aspersor circular:**

- Caudal emitido por el aspersor: **1976 l/h**
- Presión nominal: **3 kg/cm²**
- Boquilla aspersor: **3/16'' (4,76 mm)**
- Boquilla pequeña con chorro lateral (ranura vertical): **3/32'' (2,38 mm)**
- Alcance: **14,5 m**
- Velocidad rotación: **1.070 rpm**
- Coeficiente de uniformidad 18 x 18T: **81.76%**
- Grado de pulverización (índice de Tenda): $K = 4,76 \text{ mm} / 30 \text{ mca} = \mathbf{\underline{0,1587}}$
- Índice de Poggi: $14.5 \text{ m} / 30 \text{ mca} = \mathbf{\underline{0,4833}}$
- Densidad de aspersión: **7,04 mm/ h**

- **Aspersor sectorial:**

- Caudal emitido por el aspersor: **1757 l/h**
- Presión nominal: **3 kg/cm²**
- Boquilla aspersor: **13/64'' (5,15 mm)**
- Alcance: **15,2 m**
- Velocidad rotación: **0,54 rpm**
- Coeficiente de uniformidad 18 x 18T: **80.99%**
- Grado de pulverización (índice de Tenda): $K = 5.15 \text{ mm} / 30 \text{ mca} = \mathbf{\underline{0,1716}}$
- Índice de Poggi: $15.2 \text{ m} / 30 \text{ mca} = \mathbf{\underline{0,5066}}$
- Densidad de aspersión: **5,42 mm/ h**

- **Porta aspersores :**

Los porta-aspersores circulares tendrán una altura máxima de 2.5 metros.

Los porta-aspersores sectoriales tendrán una altura máxima de 2,5 metros y estarán dotados de un deflector, que consiste en una chapa atornillada en la cabeza del porta-aspersor para evitar que vaya el agua a carreteras o caminos.

Se dotarán de válvulas de bola o grifos a aquellos porta-aspersores que los necesiten para cortar el caudal y realizar las reparaciones u operaciones que sean oportunas.

Los porta-aspersores serán de acero galvanizado de 3/4".

4.Organización del riego

Para la organización del riego nos vamos a centrar en los siguientes factores:

- Cultivo más exigente (con mayores necesidades hídricas), que **es el maíz.**
- Periodo de tiempo crítico (con mayores necesidades hídricas), que es julio con **237,52 mm/mes.**
- Nº de riegos teóricos a aportar en dicho mes, que son **15.**
- Dosis real de riego, **20,18 mm/riego.**
- Nº de horas por riego, **3,31 h/riego. = 3h y 18 minutos**

La pluviometría del aspersor es de **7,04 mm/h** para los aspersores circulares y de **5,42 mm/h** para los aspersores sectoriales. Con esto pasamos a calcular el número de horas de riego:

$\text{N}^\circ \text{ de horas de riego (t}_r\text{)} = \text{Dr} / \text{intensidad de aspersión}$
--

Aspersor circular = 20,18 (mm/riego) / 7,04 (mm/h) = **2,86 (h/riego)**

Aspersor sectorial = 20,18 (mm/ riego) / 5,42 (mm/h) = **3,72 (h/riego)**

En ambos casos se considera una duración del riego de 3.72 horas que equivale a 3 horas y 43 minutos.

El riego se organiza a la demanda, comenzando a regar primeramente por el módulo de riego más alejado, y una vez finalizado comenzará el siguiente, y así sucesivamente hasta el último.

Por lo tanto según los cálculos teóricos, la postura del riego para el maíz es de 3,72 horas, suponiendo que se riega todo el día, regaremos al día unos 6,45 sectores y teniendo en cuenta que el espaciamiento entre riegos es de 2 días, tendríamos un total de

12 módulos en nuestra finca. Pero en la práctica esto no es factible, ya que tendría que estar teóricamente el riego en funcionando durante todo el mes crítico.

Así pues, en la práctica debido a la experiencia en otros proyectos de este tipo y a su buen funcionamiento, se opta por regar 8 horas en vez de 3,72 y así descansar durante 3,66 días, es decir 3 días y 15 horas para volver a empezar de nuevo el período de riego. Con esto tenemos que regando 8 horas por módulo, regaremos 3 módulos por día, por 2 días de riego , tendremos un total de 6 módulos de riego en nuestra finca (se considera una más para el buen funcionamiento de la instalación, ya que con el número de aspersores totales quedan mejor repartidos de esta manera).

5. Número máximo de aspersores por módulo de riego

El sistema de riego a dimensionar debe poder permitir el funcionamiento individual de un módulo, y una vez acabado este módulo comenzará el siguiente módulo y así sucesivamente ya que se trata de un sistema de riego a la demanda.

A la hora de determinar el número máximo de aspersores por unidad de riego, se considerará como unidad de riego el conjunto de todos los aspersores abastecidos por una misma toma de riego. Para establecer dicho número de aspersores por unidad de riego o módulo se calculará de forma que se puedan regar todos los sectores cubriendo todas las necesidades de cada cultivo.

Así pues, para saber el número de aspersores por módulo se establece una división entre el número de aspersores totales y el número de módulos o sectores de riego (calculado en el apartado anterior):

-nº de aspersores= **385**

-nº de módulos= **6**

$385/6=$ **64,16 aspersores por módulo**

Teniendo en cuenta la forma y geometría de la parcela, y también la división de los sectores de riego, no todos podrán tener el mismo número de aspersores, por lo que los módulos variaran entre 55 y 69 aspersores, como viene indicado en la tabla siguiente:

<u>Módulo</u>	<u>Nº de aspersores sectoriales</u>	<u>Nº de aspersores circulares</u>	<u>Nº de aspersores totales</u>
A	21	40	61
B	14	52	66
C	9	46	55
D	19	48	67
E	22	47	69
F	20	47	67

ANEJO 8

Cálculo hidráulico

Cálculo hidráulico

ÍNDICE DEL ANEJO 8

	<u>Pág.</u>
1. Introducción.....	3
2. Distribución de caudales y números de módulos en la red de riego.....	3
3. Elección de materiales.....	5
3.1. Diámetros comerciales.....	6
3.2. Timbrado de las tuberías.....	8
3.3. Uniones.....	8
3.4. Sobrepressiones en la red de riego.....	9
4. Cálculo hidráulico de la red de riego.....	9
4.1. Método de cálculo utilizado.....	10
4.2. Cálculo de las pérdidas de carga en los laterales de riego y en las tuberías terciarias.....	11
4.2.1 Cálculo en los módulos de riego.....	11
4.2.2 Pérdidas de carga en los laterales de riego y en los porta-aspersores....	14

4.2.3 Cálculo de las tuberías terciarias.....	25
4.2.4 Cálculo de las tuberías secundarias.....	33
5. Movimiento de tierras.....	34
5.1.Definición de zanjas.....	35
5.2.Excavación de la zanja de los laterales de riego.....	35
5.3.Excavación de la zanja de las tuberías	36
5.4.Resumen del movimiento de tierras.....	36

1. Introducción

En el presente anejo se van a calcular las pérdidas de carga que existen en la red de riego y así como el dimensionado de la red. Para el cálculo de las pérdidas de carga y la elección de los diámetros de las tuberías se emplea una hoja de cálculo diseñada concretamente para estos cálculos.

El cálculo de las pérdidas de carga se realiza primeramente a nivel de sector o módulo de riego, para saber la presión necesaria en la entrada de dicho módulo. Posteriormente y con el caso más desfavorable o más exigente en presión o caudal, se han calculado las pérdidas de la red de tuberías secundarias hasta llegar al edificio de control que es donde se regulan las presiones.

La alimentación de la red de riego se va a realizar mediante una tubería de abastecimiento a la parcela perteneciente a la comunidad de regantes de Montesús, por lo que se va a realizar el cálculo de las pérdidas de carga en toda la red en parcela y así con ello poder establecer la presión y caudal de cada unidad de riego.

2. Distribución de caudales y números de módulos en la red de riego

El sistema de riego a dimensionar debe permitir el funcionamiento individual de un módulo, y una vez que ha acabado éste comience el siguiente módulo y así sucesivamente, ya que se trata de un riego con cobertura total a la demanda.

Para establecer el número de aspersores por unidad de riego se calculara de forma que se pueda regar todos los sectores cubriendo las necesidades de cada cultivo.

El cultivo que requiere unas mayores necesidades es el maíz, que según lo expuesto en el anejo 6, tiene un intervalo entre riegos de 2 días, por lo que en teoría habrá que regar la totalidad de la finca en 2 días. Debido a la experiencia en otros proyectos con estos cultivos y en la zona en cuestión (como ya se ha explicado en el anejo 7), se aconseja tomar como intervalo entre riegos 3,66 días, es decir 4 días ya que se sabe que tiene buen funcionamiento y además no se sobredimensiona la red de riego.

Por lo tanto con un intervalo de riego de 4 días, los aspersores que tenemos por módulo de riego y sus caudales son los siguientes:

<u>Módulos</u>	<u>Nº de aspersores totales</u>	<u>Nº de aspersores sectoriales</u>	<u>Caudal aspersor sectorial (l/h)</u>	<u>Nº de aspersores circulares</u>	<u>Caudal de aspersor circular (l/h)</u>	<u>Caudal total en sector (l/s)</u>
A	61	21	1757	40	1976	32,20
B	66	14	1757	52	1976	35,37
C	55	9	1757	46	1976	29,64
D	67	19	1757	48	1976	35,61
E	69	22	1757	47	1976	36,53
F	67	20	1757	47	1976	35,56

Se puede observar que el sector que más caudal requiere es el módulo E, el cual necesita en total **36,53 l/s.**

A cada módulo es asignado a una letra y dentro de cada módulo se encuentran una serie de submódulos, a los cuales se les asigna la letra del módulo al que corresponden y el número, según la posición en la que se encuentran dentro de cada módulo.

3. Elección de materiales

Los materiales utilizados en la red de distribución son el polietileno (PE) de alta densidad, para los laterales de riego y el policloruro de vinilo (PVC) para las tuberías, tanto secundarias terciarias y primaria.

La elección de materiales plásticos como son el polietileno y el policloruro de vinilo para la red de riego se justifican por sus características:

- El polietileno presenta la ventaja de ser flexible, con lo que puede amoldarse a las curvas sin perder sección útil.
- El funcionamiento hidráulico de estos plásticos presenta coeficientes de fricción bajos, reduciendo los diámetros de las tuberías.
- Presentan una gran facilidad de reparación ya que existe una gran cantidad de piezas especiales en el mercado que facilitan estas operaciones.
- Las tuberías plásticas permiten el montaje fuera de zanja, con lo que el coste del mismo es mínimo.

3.1.Diámetros comerciales

Los diámetros comerciales existentes de tubería de P.V.C. según la norma U.N.E. 53-112 son:

PVC	Serie de presiones nominales			
	0,4 MPa	0,6 MPa	1 MPa	1,6 MPa
<u>Diámetro nominal (mm)</u>	<u>Diámetro interior (mm)</u>	<u>Diámetro interior (mm)</u>	<u>Diámetro interior (mm)</u>	<u>Diámetro interior (mm)</u>
16	-	-	-	13,60
20	-	-	-	17,00
25	22,60	22,60	22,00	21,20
32	29,60	29,60	20,40	27,20
40	37,20	36,40	36,00	34,00
50	47,20	46,40	45,20	42,60
63	59,40	59,20	57,00	53,60
75	71,40	70,60	67,80	63,80
90	86,40	86,60	81,40	76,60
110	105,60	103,60	99,40	93,60
125	120,00	117,60	113,00	106,40
140	134,40	131,80	126,60	119,20
160	153,60	150,60	144,60	136,20
180	172,80	169,40	162,80	153,20
200	192,00	188,20	180,80	170,40
250	240,20	235,40	226,20	213,00
315	302,60	296,60	285,00	268,20
400	384,20	376,60	361,80	340,60
500	480,40	470,80	452,20	425,80

Los diámetros comerciales existentes de tubería de P.E. son:

<u>PE</u>	<u>Serie de presiones nominales</u>			
	<u>0,4 MPa</u>	<u>0,6 MPa</u>	<u>1 MPa</u>	<u>1,6 MPa</u>
<u>Diámetro nominal (mm)</u>	<u>Diámetro interior (mm)</u>	<u>Diámetro interior (mm)</u>	<u>Diámetro interior (mm)</u>	<u>Diámetro interior (mm)</u>
25	-	-	21,00	20,40
32	-	-	28,00	26,20
40	-	36,00	35,20	32,60
50	-	46,00	44,00	40,80
63	-	58,20	55,40	51,40
75	-	69,20	66,00	61,40
90	-	83,00	79,20	73,60
110,	-	101,60	96,80	90,00
125	118,80	115,40	110,20	102,20
140	133,00	129,20	123,40	114,60
160	152,00	147,60	141,00	127,60
180	171,20	166,20	158,60	150,80
200	190,20	184,60	176,20	163,60
225	118,00	207,80	198,20	184,00
250	237,60	230,80	220,40	204,60
280	266,20	258,60	246,80	229,20
315	299,60	290,80	277,60	257,80
355	337,60	327,80	312,80	290,40
400	380,40	369,40	352,60	327,20
450	428,00	415,60	396,60	368,00
500	475,40	461,80	440,80	409,00
560	532,60	517,20	493,60	458,20
630	599,20	581,80	555,20	515,40
710	675,20	655,60	626,00	-
800	760,80	738,80	705,20	-
900	856,00	830,60	794,20	-
1000	951,20	923,00	882,40	-
1200	1141,40	1107,60	-	-

3.2.Timbrado de las tuberías

La presión máxima que encontraremos en la red para el correcto funcionamiento del sistema el de 45 m.c.a. mientras que la presión mínima será de unos 30 m.c.a. en la base de los aspersores.

Por lo tanto el timbrado que se adopta para todas las tuberías es de 6 atm, es decir tuberías de presión nominal 0,6 MPa.

Con este timbrado se pretende, por un lado hacer frente a posibles sobrepresiones en la red, y por otro evitar el problema de que se produzcan deformaciones de las tuberías como consecuencia de la presión que el terreno ejerce en las tuberías (este problema se suele dar con tubos de 4 atm).

3.3.Uniones

Todas las series comerciales de tubería de PVC disponen de tres tipos de unión, junta elástica, adhesivo y unión roscada. En este caso optaremos por la unión mediante junta elástica.

Las tuberías de PE deberán ser unidas mediante soldadura por termofusión o por accesorios de ajuste mecánico. En caso de utilizar accesorios o uniones con junta elástica sin resistencia axial, debido al alto coeficiente de dilatación de la tubería, deberá preverse que no pueda producirse desacople de la unión.

3.4.Sobrepresiones en la red de riego

La presión de servicio de las tuberías debe resistir la presión estática de la red más las sobrepresiones que se originen. Éstas se producen principalmente por las siguientes causas:

- Cierre de válvulas de mariposa que aíslan los ramales.
- Cierre de un hidrante.
- Acumulación de aire en la red.
- Llenado de la red.

Las medidas que se toman para evitar o reducir las posibles sobrepresiones son las siguientes:

-Para evitar la sobrepresión por el cierre rápido de las válvulas (golpe de ariete) se colocan válvulas de cierre lento.

-Para evitar las acumulaciones de aire en las conducciones se colocan ventosas en los puntos más altos de la conducción.

-Para evitar fuertes sobrepresiones en el llenado de la red, el caudal se limitará a 1/10 del caudal nominal.

4. Cálculo hidráulico de la red de riego

En primer lugar se fija la velocidad del agua circulante por las tuberías en 2 m/s obteniendo de esta forma un diámetro de predimensionado mediante la ecuación de continuidad:

$$Q = A * V = \pi * (D^2 / 4) * V$$

Siendo:

Q = Caudal

D = Diámetro de la conducción

V = Velocidad del fluido

Con ese diámetro se elige el diámetro comercial de la tubería cuyo diámetro interior se ajuste al obtenido en el predimensionado.

A partir de aquí se calculan las pérdidas de carga por rozamiento continuo en la tubería.

4.1.Método de cálculo utilizado

Para el cálculo de las pérdidas de carga en la tubería por rozamiento continuo se utiliza la fórmula general propuesta por **Darcy-Weisbach**, que responde a la siguiente expresión:

$$h_r = J * L = f * (L / D) * (V^2 / 2g)$$

Siendo:

h_r: Pérdidas de carga por rozamiento continuo, en m.c.a.

J: Pérdida de carga unitaria, en m/m.

L: Longitud de la conducción, en m.

f: Factor de fricción.

v: Velocidad del fluido dentro de la tubería, en m/s.

D: Diámetro interior de la conducción, en m.

g: Aceleración de la gravedad, en m/s².

El factor de fricción “f” se ha calculado con la fórmula logarítmica de **Jain** para régimen turbulento en zona de transición:

$$1 / \sqrt{f} = -2 \log ((5,73 / Re^{0,9}) + (K / (3,71 * D)))$$

Donde:

Re: Número de Reynolds.

K: Rugosidad absoluta de la conducción que depende del tipo de material de que se trate, en mm (para PE la K = 0,002 mm y para PVC la K = 0,02 mm).

D: Diámetro de la conducción, en mm.

Pérdidas de carga accidentales o singulares

Los elementos singulares dispuestos a lo largo de la red de distribución de agua provocan también una pérdida de carga en la conducción.

Ésta se denomina pérdida de carga singular (hS), para su cálculo se ha mayorado la pérdida de carga por rozamiento en un 20% (se ha tomado este valor basándose en la experiencia de otros proyectos).

4.2.Cálculo de las pérdidas de carga en los laterales de riego y en las tuberías terciarias

4.2.1 Cálculo en los módulos de riego

Los módulos pertenecen a un sistema fijo de cobertura total enterrada, su dimensionado debe hacerse siguiendo la regla de Christiansen a todo el conjunto de tuberías que funcionan simultáneamente. Esta regla establece que “la variación máxima de caudal entre dos aspersores de una unidad de riego ha de ser menor o igual al 10 % del caudal nominal del aspersor”.

Esta regla llevada a la relación entre caudal y presión indica que la variación máxima de presión entre dos aspersores dentro de la misma unidad de riego no puede superar el 20% de la presión nominal del aspersor.

Estos módulos están constituidos por una tubería central que es la **tubería terciaria**, será de **PVC**, con tramos telescópicos en función del caudal a transportar de distancias variables según el caso.

A ambos lados lleva laterales de riego de **PEBD Ø 32** en los cuales se colocan los porta-aspersores (normalmente se colocan de 3 o 4).

Algún módulo está realizado en parte mediante tuberías de PVC y sobre ellas se colocan los aspersores. Se ha adoptado este método porque permite una mejor instalación de la cobertura para la resolución de los módulos que caen en esquinas o módulos que por su longitud el sistema de inyección de polietileno resulta inviable.

Para calcular las pérdidas de carga en cada módulo se ha seguido el siguiente procedimiento:

- 1) Se aplica la regla de **Christiansen** indicada anteriormente, así se determina la variación máxima de presión admisible en la unidad de riego.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{P_n}{\gamma} = 0,2 \cdot 30 \text{ mca} = 6 \text{ mca}$$

- 2) Se determinan las causas de la variación de presión en la unidad de riego. Las causas de la ΔP son las pérdidas de carga y la diferencia de cotas pero en este caso al tratarse de una parcela llana, solo afecta a la variación de presión las pérdidas de carga.

De esta forma se determinan las pérdidas de carga admisibles

$$(\Delta P / \gamma)_{UD} = (a * hr)_{UD}$$

En este caso se igualan las dos expresiones anteriores, y entonces la pérdida de carga total admisible en la unidad de riego es de:

$$(a \cdot hr)_{UD} = 6 \text{ m.c.a.}$$

Tomando z positiva cuando la pendiente es ascendente y z negativa cuando la pendiente es descendente.

- 3) Se trasladan las pérdidas de carga admisibles en la unidad a las tuberías que forman los laterales de riego y la tubería terciaria.

$$(a \cdot hr)_{UD} = (a \cdot hr)_{TT} + (a \cdot hr)_{LR} = \underline{6 \text{ m.c.a.}}$$

A partir de esta fórmula y una vez conocidas las pérdidas de carga en los laterales de riego obtenemos las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria por rozamiento continuo.

Las pérdidas de carga en el lateral de riego vienen determinadas por el diámetro de la tubería de la instalación que es el PE Ø 32 con un diámetro interior de 28 mm. Estas pérdidas se calculan utilizando la ecuación de continuidad de donde se determina la velocidad del agua, calculando el número de Reynolds, y posteriormente se determina el factor de fricción mediante la fórmula logarítmica de **Jain**. Una vez conocido todo lo anterior se calculan las pérdidas de carga mediante la ecuación de **Darcy-Weisbach**.

- 4) Una vez determinadas las pérdidas de carga en el último lateral de riego y conocida la pérdida de carga admisible en la unidad, se obtienen las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria.
- 5) Determinadas las pérdidas de carga máximas en la tubería terciaria y conociendo la longitud de cada módulo se calcula la pérdida de carga unitaria.
- 6) A partir de la pérdida de carga unitaria, se procede al cálculo hidráulico de la tubería terciaria tramo a tramo.

4.2.2 Pérdidas de carga en los laterales de riego y en los porta-aspersores

Las pérdidas de carga en los porta-aspersores se calculan utilizando la fórmula de Scobey, que es la indicada en el caso de tuberías de acero y aluminio. De esta forma las pérdidas de carga que se presentan en un porta-aspersor son:

$$hr = 0,717 * K * L * (Q^{1,9} / D^{4,9})$$

Donde:

hr: Pérdida de carga, en m.c.a.

K: Coeficiente para acero = 0,42

D: Diámetro hidráulico, en mm.

Q: Caudal, en l/h.

L: Longitud de la tubería (en este caso del porta-aspersor) en m.

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión anterior (con los datos que nos facilita el fabricante del aspersor elegido en el anejo 7):

$$hr = 0,717 * 0,42 * 2,5 * (1976^{1,9} / 19^{4,9}) = \underline{\underline{0,74 \text{ m. c. a.}}}$$

A este valor hay que sumarle la altura del porta-aspersor que es de 2 m por lo que las pérdidas de carga totales en los porta-aspersores es de: **hr = 2,74m.c.a.**

Los valores resultantes del cálculo de las pérdidas de carga en los últimos laterales de riego, las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria, así como el valor de la pendiente hidráulica se recogen en las siguientes tablas:

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
A	A1	1	8,74	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,26	0,31
		2	27,16	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	2,73	3,27
		TOTAL=								2,99	3,58

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
A1	2,00	1,94	1,61	101,53	0,016

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
A	A2	1	8,86	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,26	0,32
		TOTAL=								0,26	0,32

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
A2	1,98	5,20	4,34	92,80	0,047

Diámetro interior 28 mm, sección transversal $6,16E-04$, $K P.E.= 0,002$, v agua (15 °C) = $1,14 E-06$, $a = 1,2$

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
A	A3	1	18,14	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,54	0,65
TOTAL=										0,54	0,65

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
A3	1,32	4,87	4,06	149,00	0,027

Diámetro interior 28 mm, sección transversal $6,16E-04$, $K P.E.= 0,002$, v agua (15 °C) = $1,14 E-06$, $a = 1,2$

Diámetro interior 20 mm, Caudal transversal Q, roz 0,7, Rf 1,2, L= 0,002, V agua (10 °C) = 1,172 m/s, α = 1,2											
módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
B	B1	1	17,61	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,52	0,63
		2	4,93	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	0,49	0,59
		TOTAL=								1,02	1,22

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
B1	1,16	4,30	3,58	52,20	0,069

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)	
B	B2	1	19,78	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,59	0,70	
		2	10,19	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	1,02	1,23	
		TOTAL=								1,61	1,93	

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
B2	1,45	3,59	2,99	30,05	0,100

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)	
B	B3	1	12,23	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,36	0,44	
		TOTAL=								0,36	0,44	

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
B3	1,45	5,08	4,24	183,31	0,023

Diámetro interior 28 mm, sección transversal $6,16E-04$, $K P.E.= 0,002$, v agua (15 °C) = $1,14 E-06$, $a = 1,2$

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
C	C1	1	13,72	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,41	0,49
		2	8,66	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	0,87	1,04
		TOTAL=								1,28	1,53

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
C1	1,57	3,99	3,32	162,38	0,020

Diámetro interior 28 mm, sección transversal $6,16E-04$, $K P.E.= 0,002$, v agua (15 °C) = $1,14 E-06$, $a = 1,2$

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
C	C2	1	14,41	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,43	0,51
		2	11,29	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	1,13	1,36
		TOTAL=								1,56	1,87

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
C2	1,57	3,65	3,04	87,91	0,035

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)	
C	C3	1	18,05	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,54	0,64	
		2	9,06	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	0,91	1,09	
		TOTAL=								1,44	1,73	

$$a = 1,2$$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
C3	1,57	3,79	3,16	31,96	0,099

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)	
C	C4	1	29,07	1	1976	0,000549	0,89	21921,11	0,025097	1,06	1,27	
		2	7,06	2	3733	0,001037	1,69	41412,70	0,021565	0,79	0,95	
		TOTAL=								1,85	2,22	

$$a = 1,2$$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
C4	1,57	3,30	2,75	64,58	0,043

Diámetro interior 28 mm, sección transversal $6,16E-04$, $K P.E.= 0,002$, $v \text{ agua } (15^\circ\text{C}) = 1,14 E-06$, $a = 1,2$

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)	
D	D1	1	13,17	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,39	0,47	
TOTAL=										0,39	0,47	

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
D1	1,47	5,05	4,21	145,05	0,029

Diámetro interior 28 mm, sección transversal $6,16E-04$, $K P.E.= 0,002$, $v \text{ agua } (15^\circ\text{C}) = 1,14 E-06$, $a = 1,2$

Diámetro interno: 15 mm.; Caudal: 0,002 m³/s; Re: 3,002; f (JAIN): 0,025843; V: 0,79 m/s; Q: 0,000488 m³/s												
módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)	
D	D2	1	17,62	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,52	0,63	
		2	9,24	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	0,93	1,11	
									TOTAL=	1,45	1,74	

$a = 1,2$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
D2	2,73	3,78	3,15	181,27	0,017

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
D	D4	1	15,88	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,47	0,57
		2	10,55	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	1,06	1,27
		TOTAL=								1,53	1,84

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
D4	1,84	4,16	3,47	29,67	0,117

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
E	E1	1	18,00	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,53	0,64
		2	9,00	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	0,90	1,08
		TOTAL=								1,44	1,72

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
E1	0,88	3,80	3,16	62,18	0,051

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspersors	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR (roz+sing)
E	E2	1	12,05	1	1976	0,000549	0,89	21921,11	0,025404	0,44	0,53
TOTAL=										0,44	0,53

$$a = 1,2$$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
E2	0,80	4,99	4,16	109,47	0,038

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, ν agua (15 °C) = 1,14 E-06, $a = 1,2$

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)	
E	E3	1	12,61	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,37	0,45	
		2	5,73	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	0,58	0,69	
TOTAL=										0,95	1,14	

$$a = 1,2$$

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
E3	2,44	4,38	3,65	138,60	0,026

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
F	F1	1	18,22	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,54	0,65
		2	8,87	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	0,89	1,07
		TOTAL=								1,43	1,72

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
F1	2,26	3,80	3,17	108,61	0,029

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
F	F2	1	11,24	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,33	0,40
		2	13,56	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	1,36	1,63
		TOTAL=								1,69	2,03

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
F2	2,00	3,49	2,91	138,30	0,021

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
F	F3	1	18,00	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,53	0,64
		2	8,81	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	0,88	1,06
		TOTAL=								1,42	1,70

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
F3	2,00	3,82	3,18	19,57	0,163

Diámetro interior 28 mm, sección transversal 6,16E-04, K P.E.= 0,002, v agua (15 °C) = 1,14 E-06, a = 1,2

módulo	submódulo	Tramo LR	L (M)	Nº Aspers	QTOTAL	Q(m3/S)	V M/S	Re	f (JAIN)	hr LR (roz)	ahr LR(roz+sing)
F	F3	1	18,00	1	1757	0,000488	0,79	19491,59	0,025843	0,53	0,64
		2	6,03	2	3514	0,000976	1,59	38983,19	0,021868	0,61	0,73
		TOTAL=								1,14	1,37

a = 1,2

	ahr LR (roz+sing)	ahr TT ^a	hr TT ^a	L TT ^a	J (m/m)
F3	2,00	4,15	3,46	47,84	0,072

4.2.3 Cálculo de las tuberías terciarias

Para el cálculo de las tuberías terciarias de cada módulo, se ha tenido en cuenta el cumplimiento de la regla de **Christiansen**, por lo que la máxima pérdida de carga admisible en la unidad de riego no debe ser mayor del 20% de la presión nominal del aspersor.

$$\left(\frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{UD} = 0,2 \cdot \frac{P_n}{\gamma} = 0,2 \cdot 30 \text{ mca} = 6 \text{ mca}$$

Se determinan las causas de la variación de presión en la unidad de riego. Las causas de la ΔP son las pérdidas de carga y la diferencia de cotas, pero en este caso al tratarse de una parcela llana, solo afecta a la variación de presión las pérdidas de carga. De esta manera se determinan las pérdidas de carga admisibles en la unidad de riego.

$$(\Delta P / \gamma)_{UD} = (a \cdot hr)_{UD}$$

En este caso se igualan las dos expresiones anteriores, y entonces la pérdida de carga total admisible en la unidad de riego es de:

$$(a \cdot hr)_{UD} = \underline{\underline{6 \text{ m.c.a.}}}$$

Se trasladan las pérdidas de carga admisibles en la unidad a las tuberías que forman los laterales de riego y la tubería terciaria.

$$(a \cdot hr)_{UD} = (a \cdot hr)_{TT} + (a \cdot hr)_{LR} = \underline{\underline{6 \text{ m.c.a.}}}$$

A partir de esta fórmula y una vez conocidas las pérdidas de carga en los laterales de riego obtenemos las pérdidas de carga admisibles en la tubería terciaria por rozamiento continuo.

$(H_{\text{rmax}})_{\text{TT}} = (a \cdot h_r) / 1,2 \quad (a = 1,2)$

Los resultados del cálculo de las pérdidas de carga por rozamiento continuo en cada uno de los módulos, se adjuntan a continuación:

módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
A	A1	1	18	0,06976	1,25568	4	1796	7184	7184	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,180152092	48034,261	0,0225325	0,6204996	1,25568	0,6351804
		2	75	0,06976	5,232	4	1796	7184	14368	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,449975031	75296,949	0,0205471	2,7894026	5,232	2,4425974
		3	18	0,06976	1,25568	4	1976	7904	22272	63	59,2	0,02	1,14E-06	2,247622766	116718,66	0,0192443	1,5066106	1,25568	-0,2509306
		4	18	0,06976	1,25568	4	1976	7904	30176	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,141213076	132604,95	0,018625	1,1096494	1,25568	0,1460306
																	6,026162		2,972878
módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
A	A2	1	18	0,25	4,5	4	1796	7184	7184	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,180152092	48034,261	0,0225325	0,6204996	4,5	3,8795004
		2	18	0,25	4,5	4	1976	7904	15088	50	46,4	0,02	1,14E-06	2,478582232	100882,65	0,0200767	2,4386735	4,5	2,0613265
																	3,059173		5,940827
módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
A	A3	1	18	0,0982	1,7676	4	1796	7184	7184	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,180152092	48034,261	0,0225325	0,6204996	1,7676	1,1471004
		2	18	0,0982	1,7676	4	1796	7184	14368	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,449975031	75296,949	0,0205471	0,6694566	1,7676	1,0981434
		3	18	0,0982	1,7676	4	1796	7184	21552	75	70,6	0,02	1,14E-06	1,529275723	94707,777	0,0195711	0,5947776	1,7676	1,1728224
		4	18	0,0982	1,7676	4	1976	7904	29456	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,090123686	129440,99	0,0186876	1,0608813	1,7676	0,7067187
		5	18	0,0982	1,7676	4	1976	7904	37360	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,65097165	164174,21	0,0181052	1,6534158	1,7676	0,1141842
																	4,599031		4,238969

módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
B	B1	1	18	0,048648	0,875664	4	1796	7184	7184	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,180152092	48034,261	0,0225325	0,6204996	0,875664	0,2551644
		2	18	0,048648	0,875664	6	1796	10776	17960	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,812468789	94121,186	0,0198473	1,0103999	0,875664	-0,1347359
		3	18	0,048648	0,875664	4	1796	7184	25144	75	70,6	0,02	1,14E-06	1,78415501	110492,41	0,0191177	0,7908062	0,875664	0,0848578
		4	22	0,048648	1,070256	3	1796	5388	30532	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,16647394	134169,35	0,0185949	1,3861827	1,070256	-0,3159267
		5	19	0,048648	0,924312	2	1796	3592	34124	90	86,6	0,02	1,14E-06	1,609280568	122248,86	0,0185547	0,5373476	0,924312	0,3869644
		6	18	0,048648	0,875664	2	1796	3592	37716	90	86,6	0,02	1,14E-06	1,778678522	135117,16	0,0182814	0,612716	0,875664	0,262948
		7	18	0,048648	0,875664	3	1796	5388	43104	90	86,6	0,02	1,14E-06	2,032775454	154419,61	0,0179373	0,7852183	0,875664	0,0904457
		8	18	0,048648	0,875664	4	1796	7184	50288	90	86,6	0,02	1,14E-06	2,371571363	180156,21	0,0175682	1,0467794	0,875664	-0,1711154
		9	18	0,048648	0,875664	4	1976	7904	58192	110	103,6	0,02	1,14E-06	1,917570725	174263,44	0,0173989	0,5665499	0,875664	0,3091141
		10	18	0,048648	0,875664	4	1976	7904	66096	110	103,6	0,02	1,14E-06	2,178027128	197932,99	0,0170985	0,7182863	0,875664	0,1573777
																	8,074786		0,925094
módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
B	B2 y B3	1	18	0,048648	0,875664	4	1796	7184	7184	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,180152092	48034,261	0,0225325	0,6204996	0,875664	0,2551644
		2	18	0,048648	0,875664	4	1796	7184	14368	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,449975031	75296,949	0,0205471	0,6694566	0,875664	0,2062074
		3	18	0,048648	0,875664	4	1796	7184	21552	75	70,6	0,02	1,14E-06	1,529275723	94707,777	0,0195711	0,5947776	0,875664	0,2808864
		4	18	0,048648	0,875664	4	1796	7184	28736	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,039034297	126277,04	0,0187526	1,0131618	0,875664	-0,1374978
		5	18	0,048648	0,875664	4	1796	7184	35920	90	86,6	0,02	1,14E-06	1,693979545	128683,01	0,018413	0,5597517	0,875664	0,3159123
		6	18	0,048648	0,875664	4	1796	7184	43104	90	86,6	0,02	1,14E-06	2,032775454	154419,61	0,0179373	0,7852183	0,875664	0,0904457
																	4,242866		1,011118

módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
C	C1	1	18	0,112	2,016	4	1796	7184	7184	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,180152092	48034,261	0,0225325	0,6204996	2,016	1,3955004
		2	18	0,112	2,016	4	1796	7184	14368	50	46,4	0,02	1,14E-06	2,360304183	96068,521	0,0202106	2,2262291	2,016	-0,2102291
		3	18	0,112	2,016	4	1796	7184	21552	63	59,2	0,02	1,14E-06	2,174962547	112945,42	0,019332	1,417205	2,016	0,598795
																	4,263934		1,784066

módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
C	C2	1	36	0,03688	1,32768	4	1796	7184	7184	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,180152092	48034,261	0,0225325	1,2409992	1,32768	0,0866808
		2	90	0,03688	3,3192	8	1796	14368	21552	75	70,6	0,02	1,14E-06	1,529275723	94707,777	0,0195711	2,9738882	3,3192	0,3453118
		3	28	0,03688	1,03264	6	1796	10776	32328	90	86,6	0,02	1,14E-06	1,52458159	115814,71	0,0187081	0,7165927	1,03264	0,3160473
		4	18	0,03688	0,66384	3	1796	5388	37716	90	86,6	0,02	1,14E-06	1,778678522	135117,16	0,0182814	0,612716	0,66384	0,051124
		5	18	0,03688	0,66384	3	1796	5388	43104	90	86,6	0,02	1,14E-06	2,032775454	154419,61	0,0179373	0,7852183	0,66384	-0,1213783
		6	18	0,03688	0,66384	4	1796	7184	50288	110	103,6	0,02	1,14E-06	1,657114322	150593,9	0,0177675	0,4320619	0,66384	0,2317781
		7	18	0,03688	0,66384	4	1976	7904	58192	110	103,6	0,02	1,14E-06	1,917570725	174263,44	0,0173989	0,5665499	0,66384	0,0972901
		8	18	0,03688	0,66384	4	1976	7904	66096	110	103,6	0,02	1,14E-06	2,178027128	197932,99	0,0170985	0,7182863	0,66384	-0,0544463
																	8,046313		0,952407

módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
D	D1	1	18	0,08333	1,49994	4	1796	7184	7184	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,180152092	48034,261	0,0225325	0,6204996	1,49994	0,8794404
		2	18	0,08333	1,49994	4	1796	7184	14368	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,449975031	75296,949	0,0205471	0,6694566	1,49994	0,8304834
		3	18	0,08333	1,49994	4	1796	7184	21552	63	59,2	0,02	1,14E-06	2,174962547	112945,42	0,019332	1,417205	1,49994	0,082735
		4	18	0,08333	1,49994	4	1976	7904	29456	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,090123686	129440,99	0,0186876	1,0608813	1,49994	0,4390587
																	3,768043		2,231717
módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
D	D2	1	18	0,09233	1,66194	4	1796	7184	7184	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,180152092	48034,261	0,0225325	0,6204996	1,66194	1,0414404
		2	18	0,09233	1,66194	4	1796	7184	14368	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,449975031	75296,949	0,0205471	0,6694566	1,66194	0,9924834
		3	18	0,09233	1,66194	4	1796	7184	21552	63	59,2	0,02	1,14E-06	2,174962547	112945,42	0,019332	1,417205	1,66194	0,244735
		4	18	0,09233	1,66194	4	1976	7904	29456	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,090123686	129440,99	0,0186876	1,0608813	1,66194	0,6010587
																	3,768043		2,879717
módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
D	D3	1	18	0,1002	1,8036	4	1796	7184	7184	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,180152092	48034,261	0,0225325	0,6204996	1,8036	1,1831004
		2	18	0,1002	1,8036	4	1796	7184	14368	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,449975031	75296,949	0,0205471	0,6694566	1,8036	1,1341434
		3	18	0,1002	1,8036	4	1796	7184	21552	63	59,2	0,02	1,14E-06	2,174962547	112945,42	0,019332	1,417205	1,8036	0,386395
		4	18	0,1002	1,8036	4	1976	7904	29456	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,090123686	129440,99	0,0186876	1,0608813	1,8036	0,7427187
																	3,768043		3,446357

módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	ν	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
E	E1	1	18	0,0625	1,125	4	1976	7904	7904	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,298430141	52848,385	0,0221619	0,7387547	1,125	0,3862453
		2	18	0,0625	1,125	4	1976	7904	15808	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,595295469	82843,414	0,0202379	0,7981765	1,125	0,3268235
		3	18	0,0625	1,125	4	1976	7904	23712	75	70,6	0,02	1,14E-06	1,682543891	104199,65	0,0192861	0,7094884	1,125	0,4155116
		4	18	0,0625	1,125	4	1976	7904	31616	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,243391855	138932,86	0,0185065	1,210326	1,125	-0,085326
		5	18	0,0625	1,125	4	1976	7904	39520	90	86,6	0,02	1,14E-06	1,863754778	141579,97	0,0181583	0,6682036	1,125	0,4567964
		6	18	0,0625	1,125	4	1976	7904	47424	90	86,6	0,02	1,14E-06	2,236505733	169895,96	0,0177051	0,9381974	1,125	0,1868026
		7	18	0,0625	1,125	4	1976	7904	55328	110	103,6	0,02	1,14E-06	1,823194822	165686,83	0,0175234	0,5158188	1,125	0,6091812
		8	18	0,0625	1,125	4	1976	7904	63232	110	103,6	0,02	1,14E-06	2,083651225	189356,37	0,0172008	0,6613201	1,125	0,4636799
																	6,240286		2,759714

módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	ν	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
E	E2	1	18	0,0866	1,5588	4	1976	7904	7904	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,298430141	52848,385	0,0221619	0,7387547	1,5588	0,8200453
		2	18	0,0866	1,5588	4	1976	7904	15808	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,595295469	82843,414	0,0202379	0,7981765	1,5588	0,7606235
		3	18	0,0866	1,5588	4	1976	7904	23712	63	59,2	0,02	1,14E-06	2,392943203	124265,12	0,0190813	1,6932647	1,5588	-0,1344647
		4	18	0,0866	1,5588	4	1976	7904	31616	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,243391855	138932,86	0,0185065	1,210326	1,5588	0,348474
																	4,440522		1,794678

módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
F	F1	1	18	0,11023	1,98414	9	1976	17784	17784	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,794707402	93198,841	0,0198765	0,9921537	1,98414	0,9919863
		2	18	0,11023	1,98414	4	1976	7904	25688	63	59,2	0,02	1,14E-06	2,592355137	134620,55	0,018881	1,96637	1,98414	0,01777
		3	18	0,11023	1,98414	4	1976	7904	33592	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,383603845	147616,17	0,0183566	1,3552772	1,98414	0,6288628
		4	18	0,11023	1,98414	4	1976	7904	41496	90	86,6	0,02	1,14E-06	1,956942516	148658,97	0,0180329	0,7316052	1,98414	1,2525348
		5	18	0,11023	1,98414	4	1976	7904	49400	90	86,6	0,02	1,14E-06	2,329693472	176974,96	0,0176093	1,0125034	1,98414	0,9716366
																	6,057909		3,862791

módulo	submódulo	Tramo	Longitud	J (m/m)	hr admisibles	nº aspersores	Q (1 aspersor)	Q parcial	Q acumulado	Dcomecial	diámetro	K	μ	v	Re	f	HR	hr admisibles	Exceso
F	F2	1	18	0,10256	1,84608	4	1976	7904	7904	50	46,4	0,02	1,14E-06	1,298430141	52848,385	0,0221619	0,7387547	1,84608	1,1073253
		2	18	0,10256	1,84608	4	1976	7904	15808	63	59,2	0,02	1,14E-06	1,595295469	82843,414	0,0202379	0,7981765	1,84608	1,0479035
		3	18	0,10256	1,84608	4	1976	7904	23712	63	59,2	0,02	1,14E-06	2,392943203	124265,12	0,0190813	1,6932647	1,84608	0,1528153
		4	18	0,10256	1,84608	4	1976	7904	31616	75	70,6	0,02	1,14E-06	2,243391855	138932,86	0,0185065	1,210326	1,84608	0,635754
		5	18	0,10256	1,84608	4	1976	7904	39520	90	86,6	0,02	1,14E-06	1,863754778	141579,97	0,0181583	0,6682036	1,84608	1,1778764
																	5,108726		4,121674

La presión necesaria al comienzo de cada módulo se ha calculado sumando a la presión de funcionamiento de los aspersores (30 m.c.a.) las pérdidas de carga que se producen en el módulo (las del tramo más desfavorable), más las pérdidas de carga singular (piezas especiales), y las del porta-aspersor.

4.2.4 Cálculo de las tuberías secundarias

El cálculo de las tuberías secundarias se realiza a partir del dato conocido de la presión necesaria en un módulo de riego por aspersión.

Las tuberías secundarias conducen el agua hasta la entrada de cada módulo de riego. En nuestro caso, la tubería secundaria es una, denominada tramo 1 y que alimenta a los módulos A, B, C, D, E, F.

Una vez dimensionadas estas tuberías y conociendo sus pérdidas de carga, sumadas a la presión necesaria en la entrada para cada módulo se puede calcular la presión a la que debe funcionar la red. Además, para el correcto dimensionado se deben tener en cuenta los diversos elementos singulares tales como válvulas, filtros, codos, derivaciones, etc.

El dimensionado de estas tuberías se realiza utilizando la fórmula empírica de **Veronese**, que es la que se utiliza para el PVC.

Para ello se parte de la condición de que en la toma de riego debe haber una presión de 45 m.c.a. A partir de este dato, y conociendo la presión de los módulos (en este caso se toma la mayor) se conoce la pérdida de carga máxima para esa tubería secundaria.

Una vez conocida la pérdida de carga se establece la pérdida unitaria mínima que se puede presentar, y a partir de este dato se calcula el diámetro teórico (dependiente del caudal a transportar) de la tubería en cuestión. Una vez determinado este diámetro se ajusta al comercial. En este caso se adoptan tuberías de PVC PN 0,6 MPa.

El proceso seguido es el siguiente:

$$\text{Veronese} \rightarrow (h_r / L) = J = 0,365 * (Q^{1,8} / D^{4,8}) \rightarrow$$

$$D_{\text{terico}} = (0,365 * (Q^{1,8} / J))^{1/4,8} \rightarrow D_{\text{comercial}}$$

Una vez conocidas las máximas pérdidas que pueden darse, se procede a la determinación de la pendiente hidráulica J. Los resultados pueden verse en la siguiente tabla:

Tramo	L (m)	Ho (m)	Ho-Hi (m)	J (m/m)
1	498	37	0,5	0,001

Con los datos de la J de la tabla anterior se procede al dimensionado de las tuberías, cuyos resultados se pueden ver en la tabla siguiente:

Tramo	L (m)	Q (L/s)	J min (M/M)	D teorico (mm)	D COMERCIAL
1	498	37,5	0,001	105,017	110

5. Movimiento de tierras

La instalación de una red fija de tuberías en un riego por aspersión conlleva un movimiento de tierras. Los volúmenes de tierra a mover variaran en función de la tubería a colocar y de las longitudes de los tramos.

De este modo, los movimientos de tierra se calculan tramo a tramo para las tuberías colocadas en toda la finca.

5.1.Definición de zanjas

Para la colocación de las tuberías en el terreno se hace necesaria la excavación de una zanja y cuyas dimensiones varían en función del diámetro a colocar. Las dimensiones correspondientes son:

<u>Diámetro exterior de la tubería (mm)</u>	<u>Anchura de la zanja (m)</u>	<u>Profundidad de la zanja (m)</u>
Ø ≤ 200	Ø (m) + 0,6	Ø (m) + 0,9
Ø > 200	Ø (m) + 0,7	Ø (m) + 0,9

La sección tipo de la tubería se compone de una cama de arena de espesor $10 + \frac{\text{Ø}}{10}$ cm. Desde la generatriz inferior hasta 30cm por encima de la generatriz superior, se rellenara con material seleccionado de tamaño menor de 2 cm. La parte superior se rellena con material procedente de la excavación.

5.2.Excavación de la zanja de los laterales de riego

Se calculan los volúmenes de tierra a mover para cada tipo de tubería. De la misma forma los laterales o ramales de riego que se componen en su totalidad por PEBD Ø32, ha sido inyectado por medio de una oruga subsolador, a una profundidad de 0,9 metros.

Los resultados son los siguientes:

Módulo	Total(m)
<u>Metros de</u> <u>PEBD</u> <u>Ø32</u> <u>inyectados</u>	<u>6124</u>

5.3.Excavación de la zanja de las tuberías

En la siguiente tabla se muestran los datos de los tipos de tubería empleados en las terciarias, así como el volumen de movimiento de tierras que han generado.

Tubería	Longitud (m)	Anchura (m)	Profundidad(m)	Volumen(m³)
PVC Ø 50	225	0,65	0,95	138,93
PVC Ø 63	263	0,66	0,96	166,63
PVC Ø 75	310	0,68	0,98	206,58
PVC Ø 90	456	0,69	0,99	311,49
PVC Ø 110	630	0,71	1,01	451,77
			<u>TOTAL</u>	<u>1275,40</u>

5.4.Resumen del movimiento de tierras

Los metros totales de PEBD Ø32 inyectados en la totalidad de la parcela son **6124 m**, y los metros cúbicos que se han excavado de zanja en toda la finca son **1275,40m³**.

ANEJO 9

Elementos singulares de la red de riego

Elementos singulares de la red de riego

ÍNDICE DEL ANEJO 9

	<u>Pág.</u>
1. Introducción.....	3
2. Válvulas.....	3
2.1.Válvulas hidráulicas.....	3
2.2.Válvulas de esfera.....	5
2.3.Válvulas de ventosa.....	5
2.4.Válvulas de retención.....	7
2.5.Válvulas de mariposa.....	7
3. Filtros.....	8
4. Anclajes.....	10
5. Codos.....	14
6. Reducciones.....	14
7. Desagües.....	14

7.1.Desagues de la red de riego.....	14
7.2.Desagues fin de tramo.....	15
8. Fertirrigación.....	15
8.1.Equipo de inyección.....	16
8.2.Características técnicas.....	16
8.3.Elementos y accesorios.....	17
8.4.Automatización.....	17
9. Contadores.....	17
10. Programadores de riego.....	18
11.Automatismo de la red de riego.....	19

1. Introducción

Los elementos singulares que se disponen a lo largo de la red de riego tienen la misión de control y regulación de los caudales circulantes así como el control y mantenimiento de la presión en la red de riego, el filtrado del agua y la evacuación de aire.

En este anejo se van a calcular y describir los elementos singulares de que consta la instalación de la red de riego. Los cuales son los que se citan a continuación:

- Válvulas
- Filtros
- Codos
- Reducciones
- Anclajes

Además se van a tratar otros elementos como desagües, elementos de fertirrigación y otros automatismos necesarios para el funcionamiento de la red de riego.

2. Válvulas

2.1. Válvulas hidráulicas

Una de las principales funciones va a ser poder abrir y cerrar el paso del agua a un módulo de riego determinado, para lo cual se ha de instalar una válvula en cada conexión de cada módulo con la tubería secundaria.

Se ha elegido la válvula hidráulica con diafragma de caucho natural, con cuerpo de hierro fundido con recubrimiento de poliéster, que abre y cierra la válvula mediante la presión del agua existente en la red. Su simplicidad de construcción elimina prácticamente el mantenimiento.

Ventajas que tienen estas válvulas:

- Mínima pérdida de carga
- Fácil instalación y mantenimiento
- Cierre gradual y hermético, sin provocar golpes de ariete
- Pocos componentes
- Diversas alternativas de control manual, hidráulico, eléctrico, regulación de presión, regulación de caudal, regulación de nivel, medición de caudal.

Existe una amplia gama de válvulas, diferenciándose unas de otras. A continuación se presenta a modo de ejemplo las características técnicas que tienen las válvulas de 4", 6" y 10".

<u>Características técnicas de válvulas hidráulicas de hierro fundido.</u>			
	<u>4"</u>	<u>6"</u>	<u>10"</u>
<u>Presión máxima de trabajo (atm)</u>	16	16	16
<u>Presión mínima de trabajo (atm)</u>	1	1	1
<u>Q máximo (m³/h)</u>	150	300	800
<u>Q mínimo (m³/h)</u>	30	50	80
<u>Longitud (mm)</u>	305	387	535
<u>Altura (mm)</u>	230	280	410
<u>Conexión</u>	Bridas 4"	Bridas 6"	Bridas 10"
<u>Pérdidas de carga (m.c.a.)</u>	0,4	0,5	0,5

Elegiremos 6 válvula de "4" de acuerdo a los cálculos de los caudales de los diferentes módulos de riego.

2.2.Válvulas de Esfera

Hay un tipo de válvula de esfera que se instalan, la cual es:

Válvulas de esfera de PVC, para la instalación de fertirrigación, serán necesarias una por cada depósito y además las necesarias para dirigir el fertilizante por las tuberías correspondientes. Están fabricadas en PVC y son de accionamiento manual. Se podrán instalar válvulas hidráulicas de 2” en caso de necesidad de automatismo total en el cabezal de riego.

2.3.Válvulas de ventosa

Son piezas destinadas a realizar el control de la presencia de aire en las conducciones hidráulicas. El tipo de válvula ventosa elegido es la válvula de doble efecto o trifuncional.

Este tipo de ventosas poseen dos orificios para la evacuación y admisión de aire y uno o dos flotadores. Durante el llenado de las tuberías el agua va empujando al aire que se evacua a la atmósfera a través del orificio grande. El otro orificio, mucho más pequeño permanece cerrado durante este proceso.

Cuando la tubería se llena completamente, los dos orificios se cierran por la acción del agua sobre él o los flotadores. Una vez la instalación ha alcanzado la presión normal de trabajo, el aire que se acumula en la válvula ventosa va siendo evacuado a través del orificio más pequeño.

El orificio mayor permanece cerrado completamente y no se vuelve a abrir hasta que el sistema es drenado o aparece una presión negativa. En tal caso el flotador del orificio mayor caerá inmediatamente, abriendo el orificio y permitiendo la entrada de aire a la tubería.

En este momento la válvula ventosa está nuevamente lista para evacuar aire otra vez. Este ciclo se repetirá tantas veces como sea necesario.

Para la elección del diámetro de la ventosa se tiene en cuenta el diámetro de la tubería, el caudal trasgado por la misma, la presión de funcionamiento y la función a realizar. Relacionando el diámetro de la tubería con el diámetro de la ventosa se tiene:

Diámetro tubería (mm)	Diámetro ventosa (pulgadas)
<100	3/4
100-150	1
150-250	1 ½
250-400	3

Para la localización de la ventosa se van a tener en cuenta unos criterios los cuales son:

-En los puntos de la red en los que la línea de corriente varía respecto a la línea piezométrica de la tubería.

- En los “picos” o “puntos convexos” de la red.
- Puntos finales de tubería en alto.
- A la entrada de instrumentos de medición (contadores).
- Depresiones en la línea de corriente.
- En cada una de las piezas especiales en derivación para las válvulas hidráulicas de los diferentes sectores.

Para la correcta instalación de las válvulas ventosa se recomienda la colocación de una válvula manual de bola antes de la misma para poder desmontar la ventosa en caso de reparación o comprobación sin afectar al funcionamiento de la instalación.

La válvula de ventosa la colocaremos en la parte alta de la tubería que sale de la bomba. Y tiene un diámetro de 4”.

2.4.Válvulas de retención

La función de estas válvulas es permitir el flujo de agua en una única dirección, impidiendo la inversión del mismo.

Sus características principales son las siguientes:

- El cuerpo es de hierro fundido
- Eje de acero inoxidable.
- Brazo de bronce.
- Disco de bronce.
- Junta de caucho.
- Retén de la junta de acero.
- Eje del disco de acero inoxidable.
- Arandela del asiento de bronce.
- Presión máxima de trabajo 16 atm.
- Tamaño reducido, fácil de instalar.
- Bajas pérdidas de carga.
- Materiales internos de alta resistencia a la corrosión.

Se instalarán válvulas de 4", e irán colocadas justo después del hidrante (para evitar el golpe de ariete). La pérdida de carga está entorno a los 0,2 m.c.a. para cada una.

2.5.Válvulas de mariposa

Se han colocado válvulas de mariposa, una delante y otra detrás del filtro en la tubería primaria, en la caseta de bombeo. Son colocadas para en caso de limpiar el filtro o tener que desarmarlo, se cierran las dos válvulas y así no se va todo el agua de las tuberías por el suelo y se queda dentro de las tuberías.

Las válvulas de mariposa se colocarán del mismo diámetro al que corresponda la tubería en las cuales se han de colocar. Las válvulas van alojadas en arquetas prefabricadas de hormigón.

3. Filtros

Los filtros son necesarios para evitar la obturación de los aspersores lo cual es muy frecuente este problema en los riegos por aspersión. Para su prevención se colocan los correspondientes elementos de filtrado en los cuales se quedan las partículas retenidas.

Se ha elegido filtros de mallas autolimpiables que realizan un tamizado superficial del agua, reteniendo las partículas mayores que los orificios de la malla y evitándose así la obturación de las boquillas, y será instalado en la caseta de bombeo.

Las ventajas de los filtros autolimpiables (automatizados) presentan las siguientes características:

- No necesitan energía externa para su funcionamiento.
- La limpieza se efectúa de forma automática mediante un comandamiento de un presostato diferencial.
- Control del tiempo de autolavado, evitando ciclos innecesarios.
- No se interrumpe el proceso de filtración durante el autolavado.
- Las pérdidas de carga dependerán del grado de impurezas del agua a filtrar. En este caso como el agua procede para el riego es de los pantanos de la Sotonera y del Grado, es relativamente buena en cuanto a impurezas, podemos instalar este tipo de filtrado sin ningún problema.

Para la elección del filtro, se optará por uno de 4" y será colocado en la caseta. La limpieza de estos filtros es automática por medio de presostatos diferenciales, que conectados entre la entrada y salida del filtro, cuando hay una diferencia de presión de 3 m.c.a. se activa el mecanismo de autolavado.

Características técnicas del filtro de 4”:

- Área filtrante: 3320 cm²
- Conexión entrada y salida por bridas
- Malla filtrante: Acero inoxidable 304
- Tipo de malla: Cilindro perforado acero inoxidable
- Presión mínima de trabajo durante el lavado: 2,5 atm
- Válvula de drenaje: 3”
- Caudal de lavado: 60m³/h

Materiales constructivos:

- Cuerpo del filtro: acero inoxidable con recubrimiento “epoxi”
- Tapa: aluminio
- Malla: acero inoxidable 304
- Válvula de drenaje: fundición con recubrimiento epoxi
- Juntas: poliuretano, caucho, nitrilo, NBR, VBR, poliacetal polietileno

Procesos de filtración:

El agua fluye a través de la malla de tamiz cuya función es separar los sólidos de mayor tamaño y a continuación pasa a través de una malla fina que es la que define realmente el grado de filtración.

El nivel de suciedad en el filtro viene controlado por un prestató diferencial conectado entre la entrada y la salida del filtro. Cuando la diferencia de presión excede de los 3 m.c.a., se activa el mecanismo de autolavado.

4. Anclajes

En determinados puntos de la red como son los cambios de sección, cambios de dirección, derivaciones en té y tapones terminales se producen empujes en la tubería debido a la presión hidrostática. Para evitar el desplazamiento de la tubería en estos puntos, se han colocado macizos de hormigón que sirven de anclaje a la conducción.

Para el diseño de los anclajes según su finalidad se ha seguido la norma NTE relacionada con las instalaciones de abastecimiento. La fuerza de reacción del agua es la que debe calcularse para establecer las dimensiones de los macizos de hormigón que impidan los desplazamientos de la tubería. Los macizos son de hormigón HA-250 armado con acero B-500S.

Los puntos de la red en los que se prevén desplazamientos de la tubería son:

- Codos y reducciones
- Llaves de paso
- Piezas especiales en T

En la norma relativa a los anclajes para las tuberías se describen las dimensiones de los mismos para diámetros de la tubería ≤ 400 mm. Para el resto de los diámetros, en este caso 500, 560 y 600 se utiliza la fórmula siguiente para el cálculo del empuje:

$$F = K * P * S$$

Siendo:

- **F** = Empuje en Kp.
- **K** = Coeficiente según la dirección.
- **P** = Presión interior de prueba 1,4 (Presión de trabajo en Kp/cm²)
- **S** = Sección interna del tubo en cm².

Las dimensiones del elemento de anclaje se obtienen a partir de la siguiente fórmula:

$$F = A * \rho$$

Siendo:

- **F** = Empuje en Kg.
- **A** = Superficie del anclaje en contacto con el terreno en la dirección del empuje en cm².
- **ρ** = Resistencia del terreno en Kg/cm² (Kg/cm²).

Las dimensiones de los elementos de anclaje son las siguientes:

Codo y reducción:

Para cambiar la alineación de una tubería se coloca un codo. De esta forma el agua circulante experimenta una variación en la dirección de su vector velocidad. El cambio de dirección se establece por la fuerza ejercida por el codo sobre el fluido, este responde con una fuerza de igual dirección e intensidad pero de sentido contrario.

En los cambios de sección debidos a las reducciones se produce un empuje cuya dirección es la del eje de la conducción, en el sentido de circulación del agua

Las dimensiones de los elementos necesarios para el anclaje son la que se indican en la siguiente tabla:

<u>Pieza</u>	<u>Diámetro de la tubería (mm)</u>	<u>Dimensiones en cm</u>		
		<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
Codo 45°	63 a 225	30	40	15
	250 a 400	50	60	25
Codo 90°	63 a 225	50	40	20
	250 a 400	65	60	20
Reducción	63 a 225	40	30	15
	250 a 400	50	40	25

Llaves de paso:

Las dimensiones de los anclajes de hormigón y la disposición de las armaduras necesarias son las que se indican en la siguiente tabla:

<u>Diámetro (mm)</u>	<u>Dimensiones en cm</u>				<u>Posición de las armaduras</u>		
	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>E</u>	<u>1(Φ)</u>	<u>2(n-Φ)</u>	<u>3(n-Φ)</u>
90	50	15	30	15	6	2-12	5-6
110	60	20	35	15	6	4-12	5-6
125	70	25	35	15	6	4-12	5-6
140	70	25	35	15	6	4-12	5-6
160	80	30	40	15	6	6-12	5-6
180	90	30	40	15	6	6-12	5-6
200	100	35	40	15	8	8-12	5-8
250	120	40	50	15	8	5-16	5-8
315	140	50	60	15	8	6-16	5-8
355	140	50	65	15	8	8-16	5-8

400	160	65	70	15	10	6-20	5-10
500	210	80	75	25	12	6-22	8-10
560	240	90	75	25	12	8-22	8-12
600	260	95	80	25	14	10-22	8-14

Piezas especiales en T:

Las dimensiones de los anclajes de hormigón y la disposición de las armaduras necesarias son las que se indican en la siguiente tabla:

<u>Diámetro (mm)</u>	<u>Dimensiones en cm</u>				<u>Posición de las armaduras</u>	
	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>E</u>	<u>1(ϕ)</u>	<u>2(n-ϕ)</u>
90	60	40	30	15	10	2-10
110	70	45	30	15	10	4-10
125	80	50	35	15	10	4-10
140	80	50	35	15	10	4-10
160	90	60	35	15	10	4-10
180	100	65	40	15	10	4-10
200	110	65	40	15	12	4-12
250	140	70	40	15	12	6-12
315	150	80	45	15	12	8-12
355	160	90	50	25	12	8-12
400	170	95	55	25	12	10-12
500	220	105	60	25	12	12-12
560	250	105	60	25	14	12-14
600	270	110	65	25	14	12-14

5. Codos

Los codos son piezas especiales destinadas a conseguir las alineaciones de la tubería deseadas. Dependiendo de la curva que describa la tubería se colocarán codos de 45 o 90°. Hemos colocado codos de fundición rosca hembra 3/4“ , en los últimos aspersores de cada lateral de riego.

6. Reducciones

Los cambios de sección de la tubería a lo largo de la red se consiguen mediante la colocación de piezas tronco-cónicas que sirven de conexión entre las tuberías de distinto diámetro.

La relación entre la longitud de la pieza y la diferencia entre los diámetros de las tuberías tiene que ser lo mayor posible para reducir las pérdidas de carga singulares en estos elementos.

7. Desagües

7.1.Desagues de la red de riego

Para el vaciado de la red o de tramos aislados se han colocado desagües a lo largo de la red de distribución. En su colocación se ha tenido en cuenta que estuvieran situados en los puntos terminales de los perfiles de las tuberías descendentes y en los “mínimos” de dicho perfil. También se tiene en cuenta que exista una zona para su desagüe por gravedad. Con la colocación de desagües se permite el vaciado y limpiado de la tubería mediante el escape violento de agua a través de estas válvulas.

Las dimensiones dependen del diámetro de la tubería y están compuestos por una válvula de esfera y una arqueta tal como se indica en plano.

7.2.Desagues fin de tramo

Al final de cada tramo de la tubería terciaria de cada módulo se colocará una prolongación de la misma con salida al exterior consistente en doble codo 90° con 1 m. de tubería de 50 mm de diámetro, con tape final macho roscado, todo en PVC.

Este desagüe permite la expulsión de elementos extraños en la red durante los primeros riegos al comenzar la campaña de riego para evitar obturaciones en los emisores, al igual que el vaciado de la red en caso de ser necesario.

8. Fertirrigación

La gran mayoría de los fertilizantes se pueden aplicar en forma sólida mediante abonadoras, salvo los cultivos que por su naturaleza o por su porte no permiten la entrada al cultivo con maquinaria en el momento de aplicar la dosis necesaria. Con lo cual tenemos la posibilidad de aplicarlo mediante el riego en el momento que se desee.

Una de las principales ventajas que presentan los riegos por aspersión, es la posibilidad de aportar los nutrientes que precisan las plantas, disueltos en agua de riego. A estas técnicas se las conoce con el nombre de fertirrigación. Pero no solo consiste en el aporte de abonos junto con el agua de riego, sino también en el fraccionamiento y aplicación de los mismos en los momentos más idóneos para el desarrollo de las plantas.

La aplicación de fertilizantes con el agua de riego puede abaratar en gran medida los costes de la explotación, reduciendo la mano de obra para su aplicación

Para ello es necesario disponer de aparatos que permitan la inyección de abonos en la red de tuberías posibilitando el control de las cantidades de abono aplicadas y de la automatización del proceso.

En nuestro caso instalaremos un depósitos de fertilizantes.

8.1. Equipo de inyección

Ante las distintas posibilidades existentes en el mercado (inyectores Venturi, bombas dosificadoras eléctricas, bombas dosificadoras hidráulicas), se opta por la bomba hidráulica. En nuestro caso, se utilizara una bomba que sea de fácil montaje.

Las **ventajas** de este equipo inyector de fertilizantes y productos químicos son:

- Va accionado por un motor hidráulico que funciona con la propia presión hidráulica del sistema de riego.
- El inyector es resistente a los productos químicos usuales en agricultura.
- La cantidad a inyectar es fácilmente regulable.
- El inyector realiza su función de inyección en cualquier diámetro de la tubería
- Su puesta en marcha y detención puede realizarse de forma manual o automática.

8.2. Características técnicas

- Caudal de inyección: según la presión en la tubería de alimentación del motor hidráulico.
- Presión de inyección: Doble de la presión del agua que hace funcionar el motor hidráulico.
- Presión máxima de trabajo: 8 Kg/cm².
- Presión mínima de trabajo: 1kg/cm².
- Consumo de agua: 3 veces el producto inyectado.
- Peso bruto: 5 Kg.

8.3.Elementos y accesorios

-Dado que el caudal es proporcional a la presión de agua en la tubería de alimentación del motor eléctrico, este caudal se ajustará regulando dicha presión mediante una válvula manual de ¾”, instalada en la tubería de alimentación mencionada.

-Válvula de purga de aire. Asegura que el aire que se acumula en la cámara de la bomba entre los ciclos de fertilización no evitará la operación normal de bombeo.

-Contador de productos químicos.

-Electroválvula instalada en la tubería de alimentación del motor hidráulico del inyector.

8.4.Automatización

Como el sistema de riego está automatizado la solución más idónea para controlar la cantidad del producto a inyectar es la de instalar un contador de productos químicos. Este transmitirá la información al programa de riego, el cual tendrá fijada en una base de datos la cantidad de producto químico a inyectar. Una vez determinada dicha cantidad, el programador actuará sobre la electroválvula instalada en la tubería de alimentación del motor hidráulico del inyector, cerrándola, con lo que finalizará la inyección.

9. Contadores

Como indicamos en el apartado de fertirrigación, para la automatización de esta, es necesario un contador de productos químicos a la salida del inyector.

Las **características hidráulicas** para el contador proporcional de 3” o de diámetro de ¾” de transmisión magnética son:

- Caudal nominal: 2.500 l/h.

- Caudal máximo: 5.000 l/h.

- Caudal mínimo: 200 l/h.
- Error caudal mínimo < caudal < caudal de transición (%): ± 5 .
- Caudal de transición < caudal < caudal de máximo (%): ± 2 .
- Presión nominal: 10 atm.
- Temperatura máxima: 40 °C.

Las **características técnicas** son:

- Cuerpo de PVC.
- Turbina y partes internas de polipropileno.
- Emisor de pulsos: Además de acumular datos de volumen de líquido, es necesario el envío de una señal eléctrica al programador para procesar la información concerniente a los caudales. El contador elegido puede dotarse de emisores de pulsos que proporciona un pulso cada 1 litro, 10 litros o 100 litros. Las características del emisor son: Carga máxima 2 VA, intensidad máxima 50 mA y voltaje máximo 28 V.

10. Programadores de riego

El programador de riego elegido permite realizar el control total de la red de riego, activando de forma automática cada uno de los sectores de riego, ya sea en base volumétrica o temporal. Asimismo, controla la fertilización y la apertura o cierre de la instalación.

El programa almacena los diferentes parámetros de riego, tanto actuales como acumulados.

Las **principales características** de este programador son:

- Control simultáneo de varias líneas principales definidas por el usuario.
- Operación simple y fácil, mediante teclado numérico y funcional y con pantalla de cristal líquido.

- La aplicación de agua y fertilizantes puede realizarse en base temporal o volumétrica.
- Menú de ayuda con información e instrucciones de funcionamiento en pantalla, accesible desde cualquier punto del programa.
- Acumulación de cantidades de agua y fertilizantes aplicadas en cada válvula.
- Programas de riego independientes para cada válvula.
- Capacidad de actuación de las válvulas de forma manual.
- Batería auxiliar de mantenimiento de programas e información en el caso de fallo de la tensión de alimentación.
- Condiciones de arranque, paro y espera independientes para cada sistema de riego.
- Autotest y programa de diagnóstico, tanto para el hardware como para el software.
- Capacidad de comunicación con un ordenador central vía cable o vía radio.

El modelo de programador elegido es el “AGRONIC 2000”, que posee 6, 12, 18 hasta 26 salidas configurables para sectores de riego, limpieza de hasta 9 filtros, 2 fertilizantes, 2 agitadores y una salida para más 5 de entradas condicionales. Permite la posibilidad de enlace al ordenador personal. Dado que para la instalación de riego que se proyecta, que posee 37 submódulos de riego además de válvulas de los hidrantes.

Este programador se alimenta a 240 V CA y opcionalmente a 12 V DC. Se colocará en una caseta de bombeo.

11. Automatismo de la red de riego

Están formados por todo el conjunto de elementos que hacen que: las válvulas se abran y cierren de forma automática por medio de la orden del programador de riego, o la diferencia de presión entre dos presostatos.

Por lo que por cada válvula se necesitan los siguientes elementos:

- **Llave de tres vías**, conecta el diafragma de la válvula hidráulica con la atmósfera (comando manual) o con el solenoide de control de la misma, (comando automático).

- **Solenoide**, llave de respuesta sí o no, en función del impulso que le llega del ordenador, es un electroimán que actúa sobre un eje longitudinal, a la vez que este envía el paso de agua o vaciado a la llave de tres vías, la cual actúa sobre la válvula.

- **Microtubos de comando**, tubos de polietileno de 8 mm que conectan las válvulas, llaves y solenoides entre sí para las distintas funciones antes descritas, (llenado y vaciado del diafragma de las válvulas hidráulicas) por ellos circula agua de la misma red de riego. Se instalan a la vez que las tuberías, en las mismas zanjas y se cubren a la vez que estas.

ANEJO 10

Estudio de viabilidad económica

Estudio de viabilidad económica

ÍNDICE DEL ANEJO 10

	Pág.
1.Introducción.....	3
2.Situación actual.....	3
3.Datos considerados para el estudio económico.....	4
3.1 Rendimientos de los cultivos sembrados	4
3.2 Subvención de la PAC.....	4
3.3 Precio de las producciones de los cultivos	4
4.Coste de producción de los cultivos.....	5
5.Ingresos anuales.....	9
6.Flujo destruido.....	10
7.Coste del agua de riego.....	10
8.Estudio de rentabilidad de la inversión.....	11
8.1 Consideraciones previas.....	11

8.2 Estudio de rentabilidad.....	14
---	-----------

8.3 Estudio de viabilidad.....	16
---------------------------------------	-----------

9.Conclusiones.....	16
----------------------------	-----------

1.Introducción

En este anejo vamos analizar la viabilidad económica del proyecto. Analizaremos varios ratios económicos los cuales nos dirán si es rentable o no la inversión.

Vamos a calcular los siguientes ratios como son:

-VAN (Valor Actual Neto), nos indica la rentabilidad absoluta.

-TIR (Tasa Interna de Rentabilidad), nos indica la rentabilidad relativa.

El **VAN** nos dice si una inversión es rentable, cuando el valor es mayor de cero.

El **TIR** es el tipo de interés que hace que el VAN de la inversión sea igual a cero, nos representa las unidades monetarias que se ganan por cada unidad monetaria invertida y año.

Para calcular los ratios citados anteriormente, se considera una vida útil de la inversión de 25 años, sobre el cual se define la corriente de pagos y cobros analizando toda su superficie en conjunto.

La rotación de cultivos se repite cada 10 años, como bien se indica en el anejo 5 con lo cual será 2,5 ciclos.

Los precios de los productos pertenecen a datos de las campañas de los años anteriores; se tendrán en cuenta los ingresos provenientes de la PAC previstos por la AGENDA 2010, ya que los precios de los productos varían y este año puede ir más cara o más barata la producción que los años próximos.

2.Situación actual

En la actualidad la finca objeto de modernización no se cultiva nada, ya que nos encontramos en una zona con climatología muy cambiante de un año a otro, y el propietario decidió hace un tiempo dejar la finca en barbecho debido a los malos resultados obtenidos. Los rendimientos dependen de la climatología ya que se trata de

una zona de secano, por lo tanto, son muy inferiores comparándolo si el riego fuera por aspersión, como deseamos que sea una vez hecho este proyecto.

Por los motivos expresados en el anejo 1 se plantea la necesidad de transformar la finca objeto de este proyecto, y así de esta forma, aumentar los rendimientos de la misma.

3.Datos considerados para el estudio económico

3.1 Rendimientos de los cultivos sembrados

Al tratarse de un afinca en barbecho, no se cultiva nada por lo que no se obtiene ningún rendimiento de ningún cultivo.

3.2 Subvención de la PAC

La parcela en la cual vamos a realizar la transformación a riego por aspersión está en el término municipal de Poleñino, perteneciente a la comarca de los Monegros. La subvención que está recibiendo dicha parcela es el pago único que engloba una media de la subvención recibida en los años 2000, 2001 y 2002, más el desacoplamiento que estos años te pagaban. En conclusión la subvención es siempre la mismo indistintamente del cultivo que se siembre.

Con lo cual el pago único depende de lo que la parcela estuviera sembrada esos tres años 2000, 2001, 2002.

Pago único: **260 €/ha**

3.3 Precio de las producciones de los cultivos

El precio de la producción, no es un precio fijo todos los años, ni a lo largo del mismo año, se producen muchas fluctuaciones, tanto subidas como bajadas. Por este

mismo motivo se va a hacer una media de los precios tomados como referencia años anteriores.

Los valores son los siguientes:

<u>Cultivo</u>	<u>Precio (€Tm)</u>
Trigo blando	156
Cebada	139
Maíz	180
Girasol	225,65
Guisante	570,96
Alfalfa(clase 1º)	100
Veza forrajera	80

4.Coste de producción de los cultivos

Coste de producción del Trigo blando

<u>Labores</u>	<u>€/ha</u>
Subsolador	60
Grada de discos	30
Cultivados-molón	28
Semilla (210 Kg/ha a 0,27 €/ha)	56,7
Sembrar	18
Aplicación de herbicidas, insecticidas y producto.	27
Abono (300kg/ha a 0,28€/kg)	84
Urea 46% (150kg/ha a 0,20€/kg)	30
Aplicación de fertilizantes	9
Agua de riego	15
Recolección	60
Transporte	5
Impuestos, I.B.I. , seguros, etc	18,8
TOTAL	441,5
TOTAL ha (10ha)	<u>4415</u>

Coste de producción de la cebada

<u>Labores</u>	<u>€/ha</u>
Subsolador	60
Grada de discos	30
Cultivados-molón	28
Semilla (200 Kg/ha a 0,24 €/ha)	48
Sembrar	18
Aplicación de herbicidas, insecticidas y producto.	27
Abono (300kg/ha a 0,28€/kg)	84
Urea 46% (150kg/ha a 0,20€/kg)	30
Aplicación de fertilizantes	9
Agua de riego	10
Recolección	60
Transporte	5
Impuestos, I.B.I. , seguros, etc	18,8
TOTAL	427,8
TOTAL ha (10ha)	<u>4278</u>

Coste de producción del Maíz

<u>Labores</u>	<u>€/ha</u>
Subsolador	60
Grada de discos	30
Cultivados-molón o rotovator	28
Desinfección de suelo	5
Semilla (80000plantas/ha a 3€1000 plantas)	240
Sembrar	36
Aplicación de herbicidas, insecticidas y producto.	30
Abono (900kg/ha a 0,28€/kg)	252
Inyección de nitrato en red de riego (700kg/ha a 0,22€/kg)	154
Aplicación de abono	9
Agua de riego	45

Recolección	60
Transporte	10
Impuestos, I.B.I. , seguros, etc	20
TOTAL	979
TOTAL ha (10ha)	<u>9790</u>

Coste de producción del Girasol

<u>Labores</u>	<u>€/ha</u>
Subsolador	60
Grada de discos	30
Cultivados-molón o rotovator	28
Desinfección de suelo	9
Semilla (70000plantas/ha a 100€ 150000 plantas)	46,6
Sembrar	36
Aplicación de herbicidas, y producto.	30
Abono (250kg/ha a 0,28€/kg)	70
Aplicación de abono	9
Agua de riego	10
Recolección	60
Transporte	5
Impuestos, I.B.I. , seguros, etc	20
TOTAL	413,6
TOTAL ha (10ha)	<u>4136</u>

Coste de producción del alfalfa

<u>Labores</u>	<u>€/ha</u>
Subsolador	60
2Cultivados-molón o rotovator	48
Desinfección de suelo	9
Semilla (30kg/ha a 4€/kg)	120
Sembrar	18

Aplicación de insecticidas, y producto (5años)	300
Abono (500kg/ha a 0,28€/kg)	140
Abono de mantenimiento (400kg/ha * 4 años)	336
Aplicación de abono	36
Agua de riego	50
Trabajos de segar, rastrillar, recoger..(5(cortes/año)*5años)	1876,89
Impuestos, I.B.I. , seguros, etc	20
TOTAL	3013,89
TOTAL ha (10ha)	<u>30138,90</u>

Coste de producción del Guisante

<u>Labores</u>	<u>€/ha</u>
Subsolador	60
Fresadora	28
Cultivados-molón	28
Semilla (30kg/ha a 6€/kg)	180
Sembrar con sembradora a golpes	30
Aplicación de insecticidas, y producto.	40
Abono (400kg/ha a 0,28€/kg)	112
Aplicación de abono	9
Agua de riego	20
Recolección	60
Transporte	10
Impuestos, I.B.I. , seguros, etc	20
TOTAL	597
TOTAL ha (10ha)	<u>5970</u>

Coste de producción del Veza- forrajera

<u>Labores</u>	<u>€/ha</u>
Subsolador	60
Grada de discos	30
Cultivados-molón o rotovator	28
Semilla (50kg/ha a 0,3€/kg)	15
Sembrar	15
Aplicación de insecticidas, y	30

producto.	
Abono (200kg/ha a 0,28€/kg)	56
Aplicación de abono	9
Agua de riego	16,44
Recolección	40
Transporte	10
Impuestos, I.B.I. , seguros, etc	20
TOTAL	334,44
TOTAL ha (10ha)	<u>3344,40</u>

5.Ingresos anuales

Los ingresos anuales se deben a la venta de la producción del cultivo y a las subvenciones de la PAC. El precio de los productos puede variar de un año a otro y también dentro del mismo año, por eso se ha tomado una media de los precios del año 2012, 2013 y 2014.

Para los cultivos que se han tenido en cuenta en la rotación, los ingresos que se obtienen son los siguientes:

<u>Cultivo</u>	<u>Producción</u> <u>(Tm/ha)</u>	<u>Precio</u> <u>(€/Tm)</u>	<u>Ingresos</u> <u>(€/ha)</u>	<u>Ayuda</u> <u>PAC</u> <u>(€/ha)</u>	<u>TOTAL</u> <u>(€/ha)</u>
Trigo Blando	Grano: 5 Paja: 2,4	156 30,05	780 72,12	260	1112,12
Cebada	Grano: 4,5 Paja: 2,1	139 30,05	625,5 63,11	260	948,61
Maíz	12	180	2160	260	2420
Girasol	3,5	225,65	789,77	260	1049,7
Alfalfa	15	100	1500	260	1760
Guisante	2,5	570,96	1427,4	260	1687,4
Veza forrajera	3,5	80	280	260	540

6. Flujo destruido

Es el valor de los rendimientos que se obtienen en la situación actual. Este flujo destruido se calcula a partir de los costes de producción y de los ingresos que se obtienen. Los resultados obtenidos son los siguientes:

<u>Cultivo</u>	<u>Coste (€/ha)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Flujo destruido (€/ha)</u>	<u>Total flujo destruido (€)</u>
Barbecho	60	260	200	2000

Los datos de precios y costes considerados para el cálculo del flujo destruido son los expuestos en apartados anteriores.

7. Coste del agua de riego

Estos son los costes originados por el canon de la comunidad de regantes, el agua consumida y el gasto de elevar el agua.

Canon, derramas y cuotas de la comunidad de regantes es de 34 €/ha, como nuestra explotación tiene 10 ha, el coste anual del canon, derramas y cuotas es de 340 €

El precio del agua consumida es de 5 €por cada 1000m³ de agua elevada. Para realizar el cálculo de este coste y debido a que en todos los años no se producen las mismas necesidades de los cultivos, se realiza para cada año el cálculo correspondiente, según las siguientes necesidades.

<u>Cultivo</u>	<u>Consumo anual (mm)</u>	<u>Consumo anual (m3/ha)</u>
Trigo	322,8	3228
Cebada	242,2	2422
Maíz	900	9000
Girasol	363,2	3632
Alfalfa	1070	10700
Guisante	269,1	2691
Veza forrajera	328,91	3289,1

Para el cálculo del coste de la energía eléctrica es necesario conocer el tiempo de funcionamiento de las bombas y del coste de la energía consumida. En este caso la energía eléctrica para el accionamiento de los equipos se realiza a través de la red eléctrica.

De esta forma realizando un estudio de los consumos, se establece que el precio del agua consumida es de 14 €/1000 m³.

8.Estudio de rentabilidad de la inversión

8.1 Consideraciones previas

El presupuesto total de la inversión asciende a 51096,87 €. Requeriremos un préstamo de 30.000 € de cuota constante a 5 años y con un interés del 5%.

Los beneficios anuales serán los calculados anteriormente y serán fijos. No se tendrá en cuenta el factor que juega la inflación.

No se considerará el valor residual de los elementos de la explotación.

El flujo destruido es de 2000 €. El coste de la mano de obra no se tiene en cuenta, ya que la explotación en principio va a ser dirigida y trabajada por el propietario y por su familia.

Se estima una vida útil de la instalación de 25 años.

Para la modernización del regadío de la finca, se recibe una ayuda del 17% del presupuesto total de la inversión. Que es de 8686,46€y será recibida el año 1.

El año dos, como el agricultor de la finca está en el régimen general de IVA le será devuelto el IVA.

A continuación se resume los gastos e ingresos a lo largo de los diez años que dura la rotación de los cultivos que vamos a cultivar en la parcela.

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
1	Alfalfa	10	10700	149,8	602,78	6027,80	1760	17600
Costes totales						6027,80	Ingresos totales	17600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
2	Alfalfa	10	10700	149,8	602,78	6027,80	1760	17600
Costes totales						6027,80	Ingresos totales	17600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
3	Alfalfa	10	10700	149,8	602,78	6027,80	1760	17600
Costes totales						6027,80	Ingresos totales	17600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
4	Alfalfa	10	10700	149,8	602,78	6027,80	1760	17600
Costes totales						6027,80	Ingresos totales	17600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
5	Alfalfa	10	10700	149,8	602,78	6027,80	1760	17600
Costes totales						6027,80	Ingresos totales	17600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
6	Maíz	10	9000	126	979	9790	2420	24200
Costes totales						9790	Ingresos totales	24200

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
7	Guisante	10	2691	37,66	597	5970	1687,4	16874
	Girasol	10	3632	50,84	413,6	4136	1049,7	10497
Costes totales						10106	Ingresos totales	27371

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
8	Cebada	10	2422	33,9	427,8	4278	948,61	9486,1
Costes totales						4278	Ingresos totales	9486,1

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
9	Veza	10	3289,1	46,05	334,44	3344,4	540	5400
	Maíz	10	9000	126	979	9790	2420	24200
Costes totales						13134,4	Ingresos totales	29600

<u>Año</u>	<u>Cultivo</u>	<u>ha</u>	<u>Necesidad de agua (m3/ha)</u>	<u>Coste del agua (€/ha)</u>	<u>Coste(€/ha)</u>	<u>Coste(€)</u>	<u>Ingresos (€/ha)</u>	<u>Ingresos(€)</u>
10	Trigo	10	3228	45	441,5	4415	1112,12	11121,2
Costes totales						4415	Ingresos totales	11121,2

8.2 Estudio de rentabilidad

Por medio de una hoja de cálculo se calcula los flujos de caja que se originan cada año, teniendo en cuenta tanto cobros, como los pagos que se originan de la explotación.

FLUJO DESTRUIDO: Valor numérico que corresponde a la diferencia entre los ingresos obtenidos en la parcela antes de la ejecución del proyecto y los gastos de la misma.

PAGOS ORDINARIOS: Valor numérico que corresponde a los costos que conllevan los cultivos implantados en la transformación.

COBROS ORDINARIOS: Valor numérico que corresponde a los ingresos que conllevan los cultivos implantados en la transformación.

PAGOS FINANCIEROS: Valor correspondiente a la suma del capital anual a devolver más los intereses correspondientes al capital por devolver.

<u>Año</u>	<u>Cobros ordinarios</u>	<u>Cobros financieros</u>	<u>Pagos ordinarios</u>	<u>Pagos financieros</u>	<u>Flujo destruido</u>	<u>Pagos de inversión</u>	<u>Flujo de caja</u>
0		30000				51096,87	-21096
1	17600	8686,46	6027,80	6900	2000		11358
2	17600	8868,05	6027,80	6900	2000		11540
3	17600		6027,80	6900	2000		2672
4	17600		6027,80	6900	2000		2672
5	17600		6027,80	6900	2000		2672
6	24200		9790		2000		12410
7	27371		10106		2000		15265
8	9486,10		4278		2000		3208
9	29600		13134		2000		14465
10	11121		4415		2000		4706
11	17600		6027,80		2000		9572,20
12	17600		6027,80		2000		9572,20
13	17600		6027,80		2000		9572,20
14	17600		6027,80		2000		9572,20
15	17600		6027,80		2000		9572,20
16	24200		9790		2000		12410
17	27371		10106		2000		15265
18	9486,10		4278		2000		3208
19	29600		13134		2000		14465
20	11121		4415		2000		4706
21	17600		6027,80		2000		9572,20
22	17600		6027,80		2000		9572,20
23	17600		6027,80		2000		9572,20
24	17600		6027,80		2000		9572,20
25	17600		6027,80		2000		9572,20

8.3 Estudio de viabilidad

Una vez calculados los flujos de caja en el apartado anterior, se han calculado los índices de rentabilidad que se exponen a continuación:

- Valor Actual Neto (VAN): **103519,62€**
- Tasa Interna de Rentabilidad: **40%**
- Pay Back: **2años**

9.Conclusiones

El valor de la inversión es de 35486,41€ más un 13% por gastos generales y más un 6% debido al beneficio empresarial, más el 21% de IVA, así el valor total de la inversión es de 51096,87 €. Desde el punto de vista del VAN se observa que la inversión es rentable. El TIR es superior al tipo de interés utilizado, por lo tanto la inversión también es rentable.

Para este estudio de rentabilidad se ha considerado la rotación de cultivos expuesta en el anejo 5.



e s c u e l a
p o l i t é c n i c a
s u p e r i o r
d e h u e s c a



UNIVERSIDAD DE
ZARAGOZA

PROYECTO- TRABAJO FIN DE CARRERA

Puesta en riego por aspersión en Poleñino (Huesca)

DOCUMENTO 2: PLANOS

ÍNDICE DE LOS PLANOS

PLANO 1. PLANO SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

PLANO 2. PLANO MÓDULOS DE RIEGO

PLANO 3. PLANO AUTOMATIZACIÓN

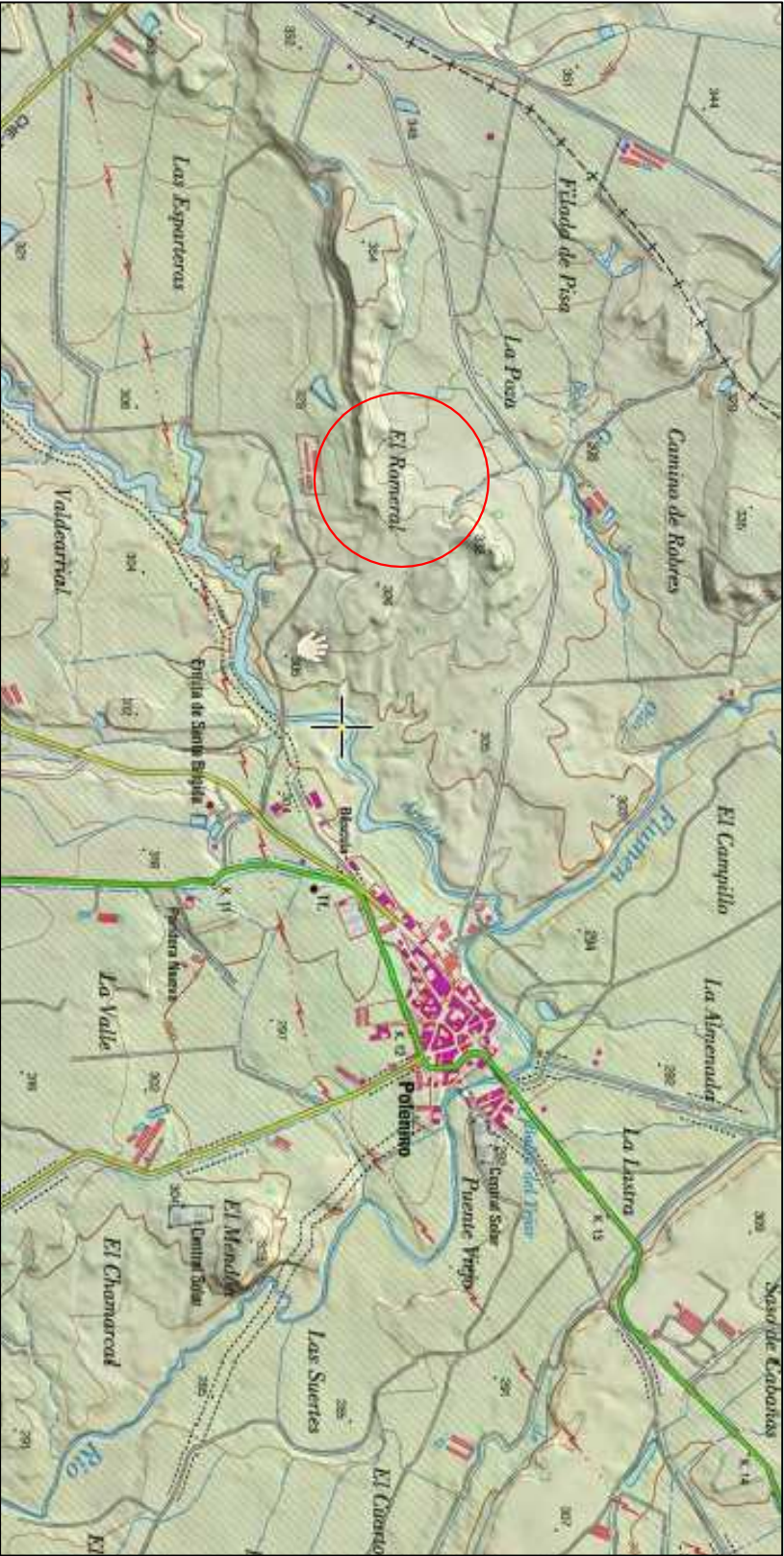
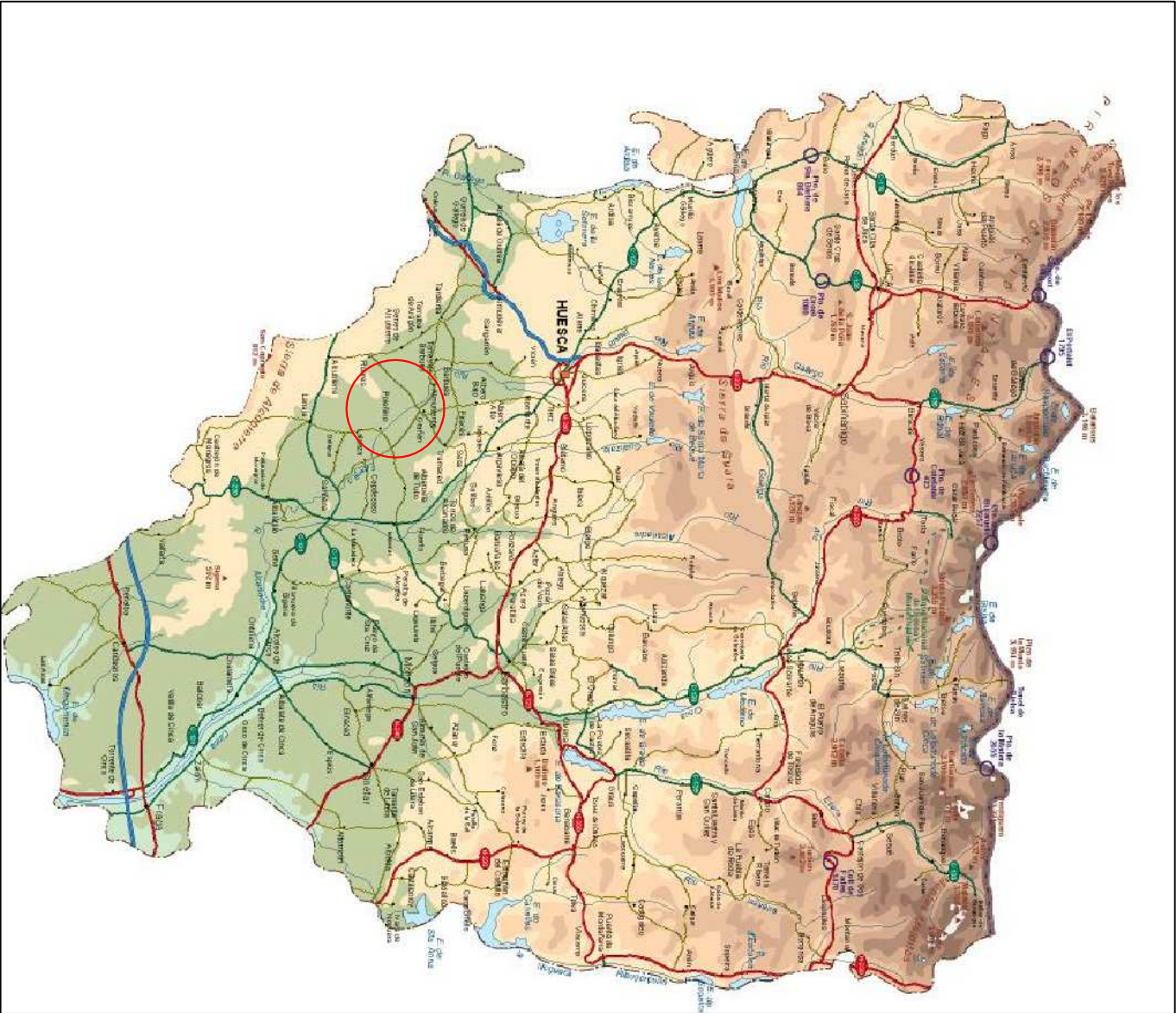
PLANO 4. PLANO TOMA DE RIEGO TIPO

PLANO 5. PLANO DETALLE DE ZANJA

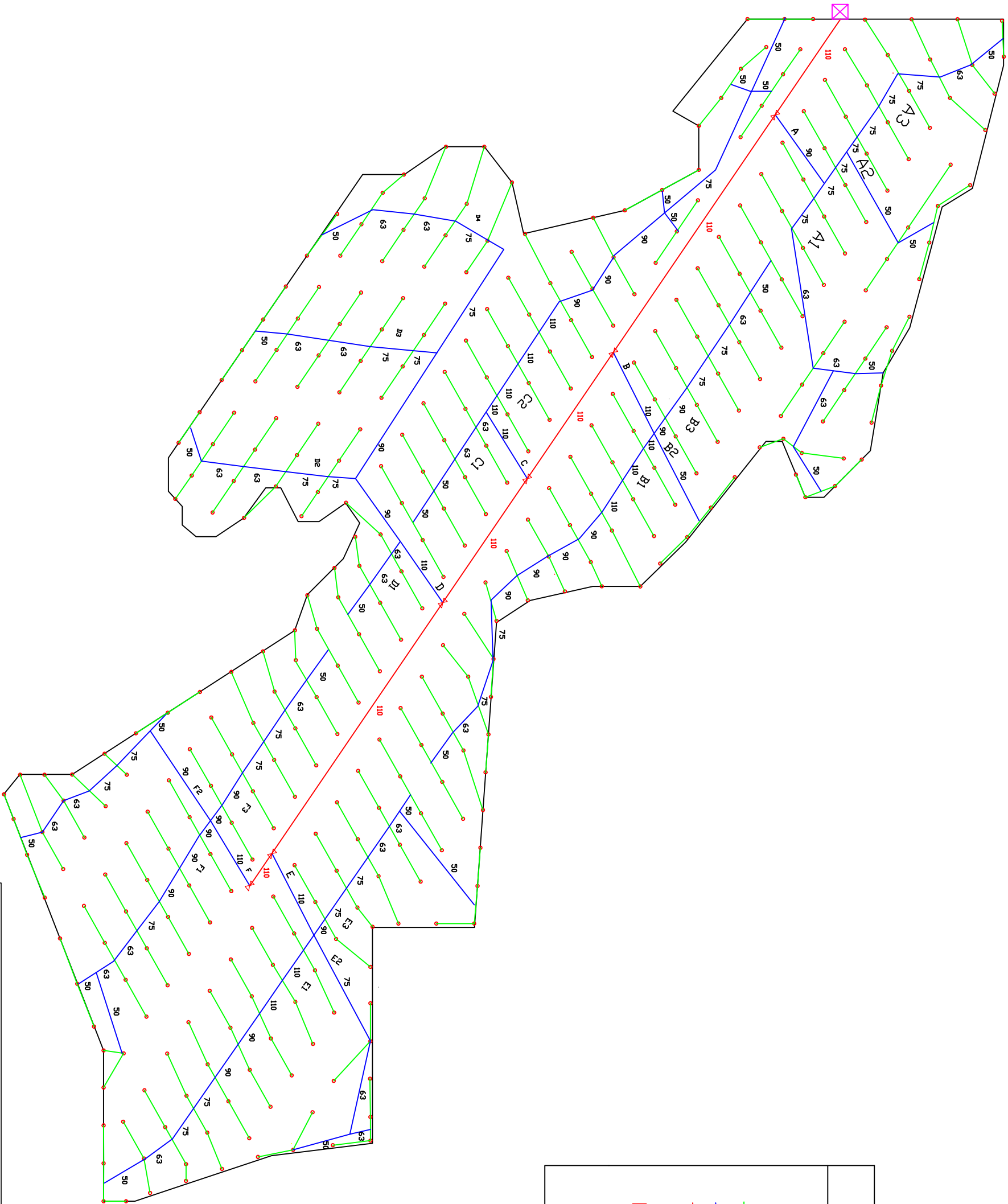
PLANO 6. PLANO DERIVACIÓN

PLANO 7. PLANO DETALLES ANCLAJES

PLANO 8. PLANO DETALLE ASPERSORES



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA PROYECTO FIN DE CARRERA		
PUESTA EN RIEGO POR ASPERSIÓN CON COBERTURA TOTAL ENTERADA EN UNA FINCA DE 10 HECTÁREAS PERTENECIENTE AL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLENINO (HUESCA)		FECHA: MAYO 2015
SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO		EL ALUMNO:
PLANO Nº:1	ESCALA:	CARLOS PORTA GAYÁN INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA ESPECIALIDAD EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS



LEYENDA

ASPERSOR

LATERAL DE RIEGO (PE 32mm)

TUBERIA TERCIARIA

TUBERIA SECUNDARIA

LIMITE DE PARCELA

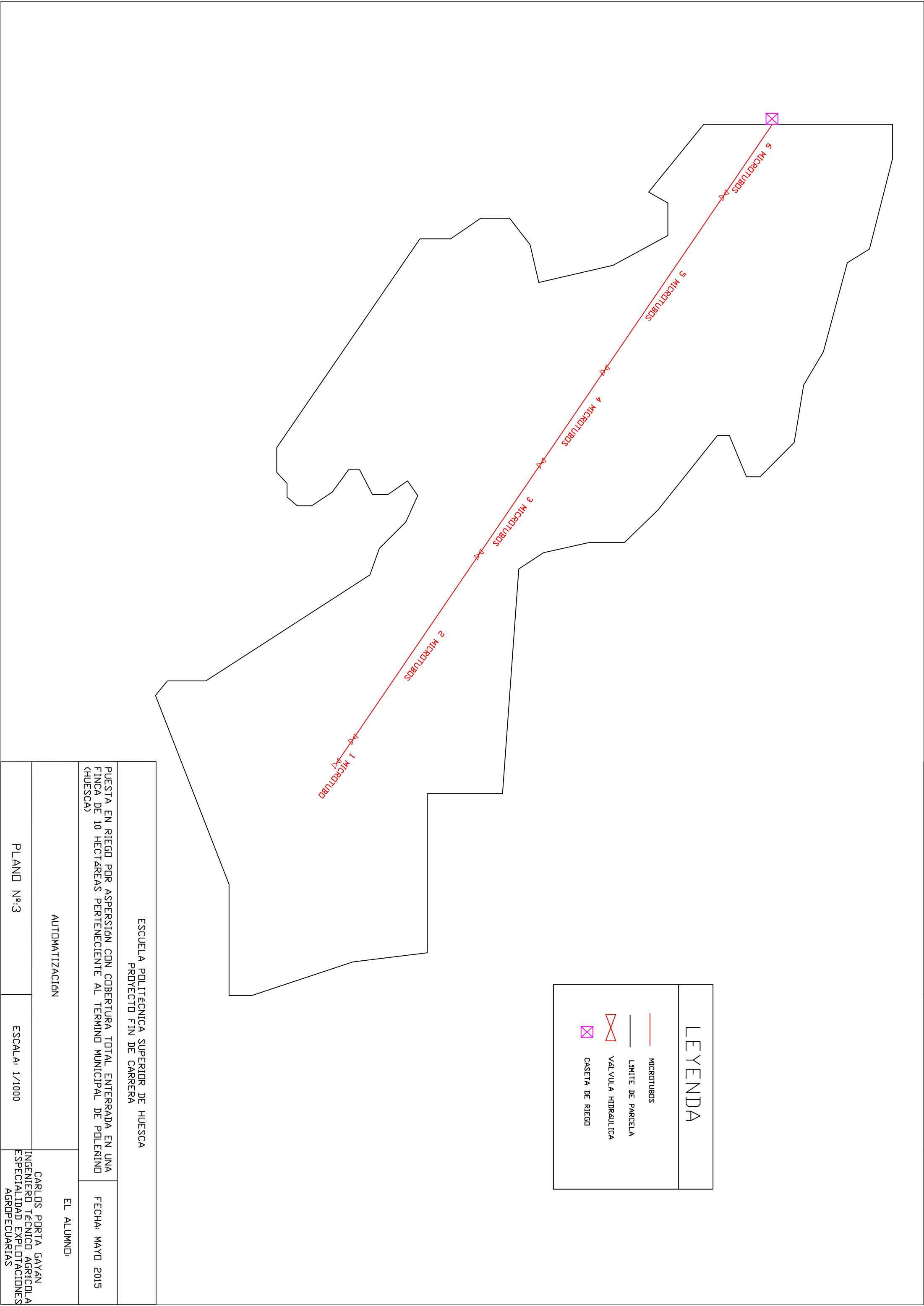
VALVULA HIDRAULICA

A

MODULO DE RIEGO

CASETA DE RIEGO

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA		
PROYECTO FIN DE CARRERA		
PUESTA EN RIEGO POR ASPERSIÓN CON COBERTURA TOTAL ENTERADA EN UNA FINCA DE 10 HECTÁREAS PERTENECIENTE AL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLENINO (HUESCA)		FECHA: MAYO 2015
MÓDULOS DE RIEGO		EL ALUMNO: CARLOS PORTA GAYÁN INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA ESPECIALIDAD EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS
PLANO Nº:2	ESCALA: 1/1000	



LEYENDA

MICROTUBOS

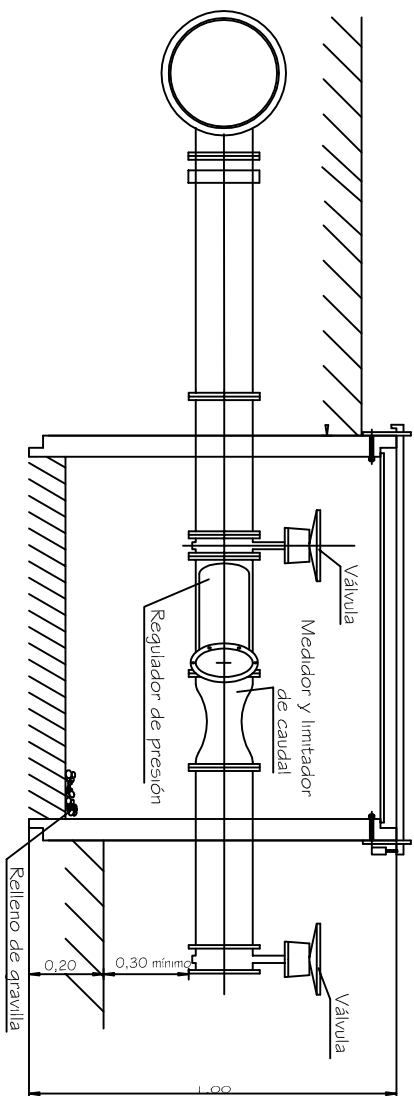
LÍMITE DE PARCELA

VALVULA HIDRAULICA

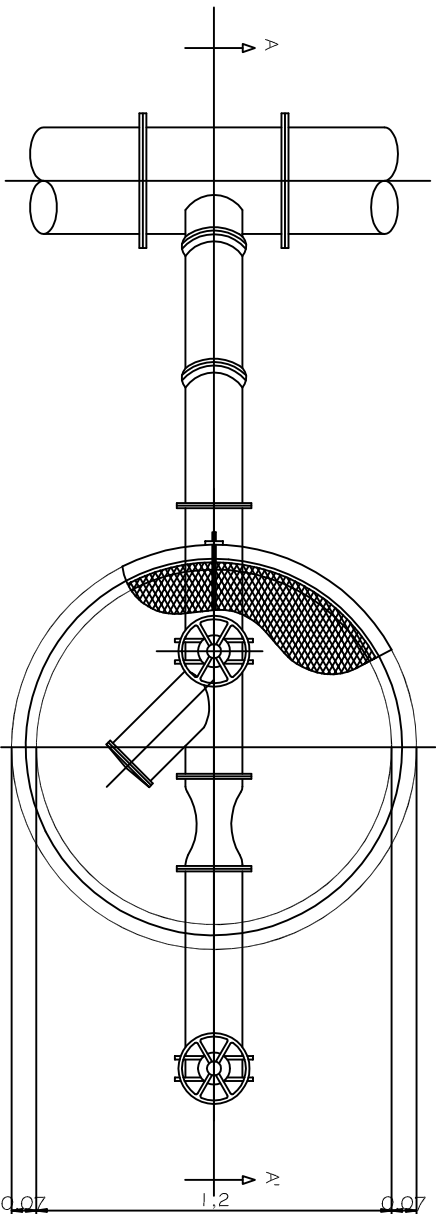
CASETA DE RIEGO

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA PROYECTO FIN DE CARRERA			FECHA: MAYO 2015
PUESTA EN RIEGO POR ASPERSION CON COBERTURA TOTAL ENTERADA EN UNA FINCA DE 10 HECTAREAS PERTENECIENTE AL TERMINO MUNICIPAL DE POLENINO (HUESCA)			
AUTOMATIZACIÓN		EL ALUMNO:	
PLANO Nº3	ESCALA: 1/1000	CARLOS PORTA GAYÁN INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA ESPECIALIDAD EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS	

TOMA DE RIEGO TIPO



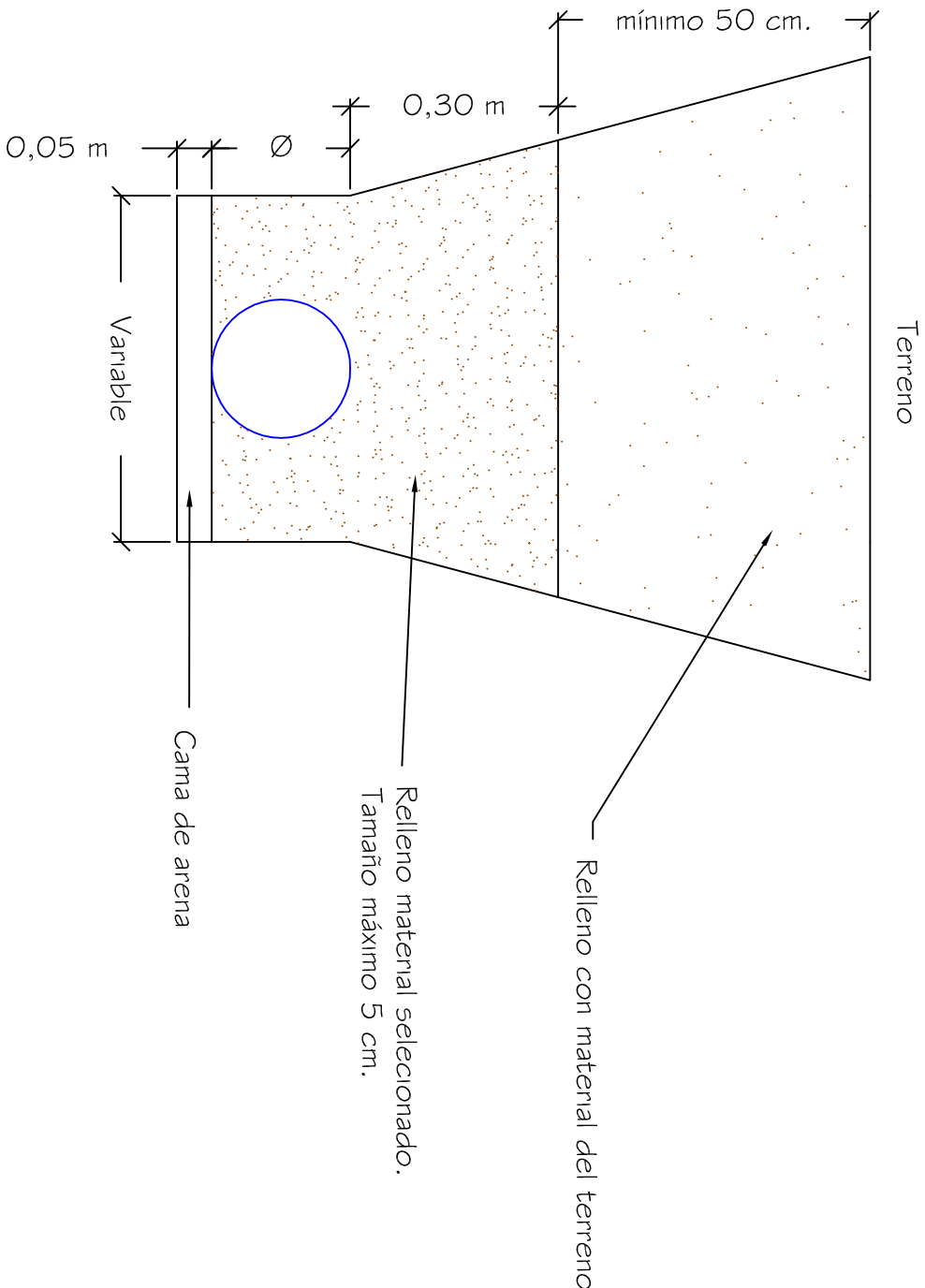
ALZADO SECCION "A-A"



PLANTA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA PROYECTO FIN DE CARRERA		
PUESTA EN RIEGO POR ASPERSIÓN CON COBERTURA TOTAL ENTERADA EN UNA FINCA DE 10 HECTÁREAS PERTENECIENTE AL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLENINO (HUESCA)		FECHA: MAYO 2015
TOMA DE RIEGO TIPO		EL ALUMNO:
PLANO Nº:4	ESCALA:	CARLOS PORTA GAYÁN INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA ESPECIALIDAD EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS

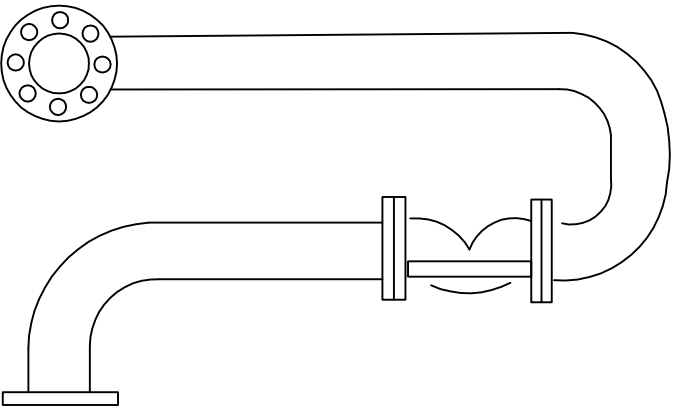
DETALLE ZANJA COLOCACION TUBERIAS.



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA PROYECTO FIN DE CARRERA		
PUESTA EN RIEGO POR ASPERSIÓN CON COBERTURA TOTAL ENTERADA EN UNA FINCA DE 10 HECTÁREAS PERTENECIENTE AL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLENINO (HUESCA)		FECHA: MAYO 2015
DETALLE ZANJA		EL ALUMNO:
PLANO Nº:5	ESCALA:	CARLOS PORTA GAYÁN INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA ESPECIALIDAD EXPLOTACIONES AGROPESCUARIAS

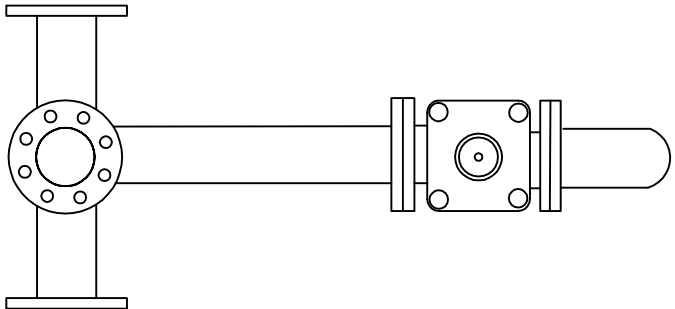
TOMA EN DERIVACIÓN SIMPLE

ALZADO



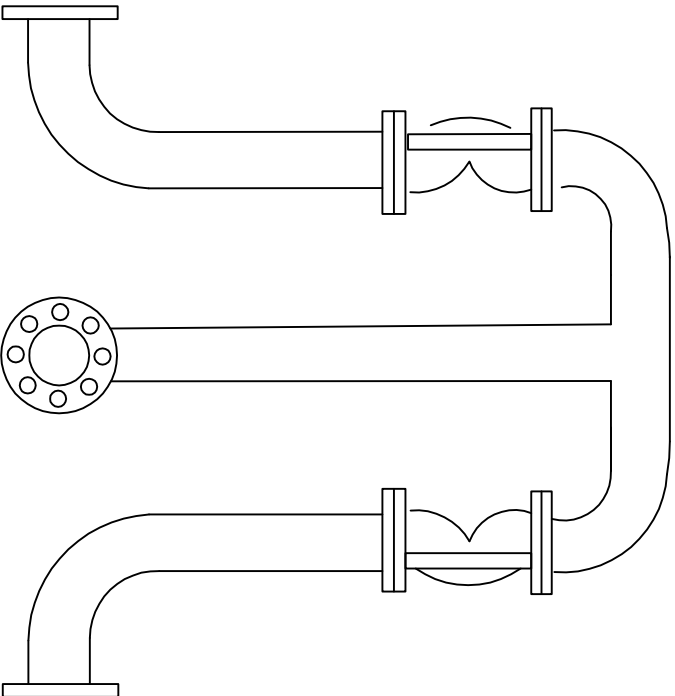
VISTA LATERAL DE LAS DERIVACIONES

ALZADO

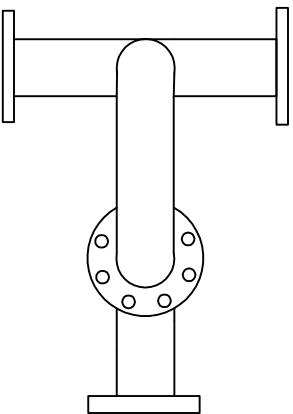


TOMA EN DERIVACIÓN DOBLE

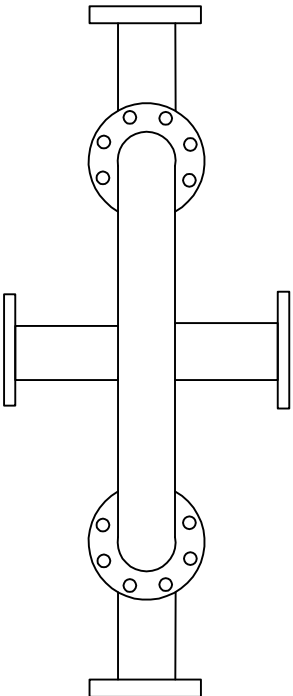
ALZADO



PLANTA

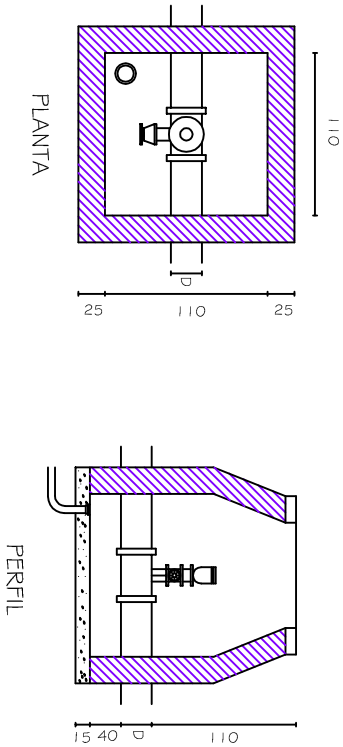


PLANTA



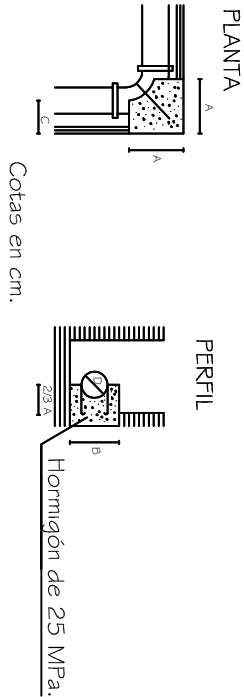
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA PROYECTO FIN DE CARRERA		
PUESTA EN RIEGO POR ASPERSIÓN CON COBERTURA TOTAL ENTERADA EN UNA FINCA DE 10 HECTÁREAS PERTENECIENTE AL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLENINO (HUESCA)		FECHA: MAYO 2015
DERIVACIÓN		EL ALUMNO:
PLANO Nº:6	ESCALA: 1/1000	CARLOS PORTA GAYÁN INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA ESPECIALIDAD EXPLOTACIONES AGROPASTORILES

ANCLAJE VENTOSA .



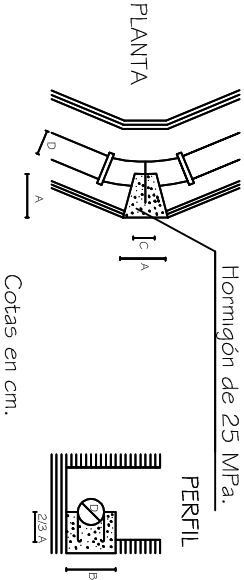
Cotas en cm.

ANCLAJE CODO 90 .



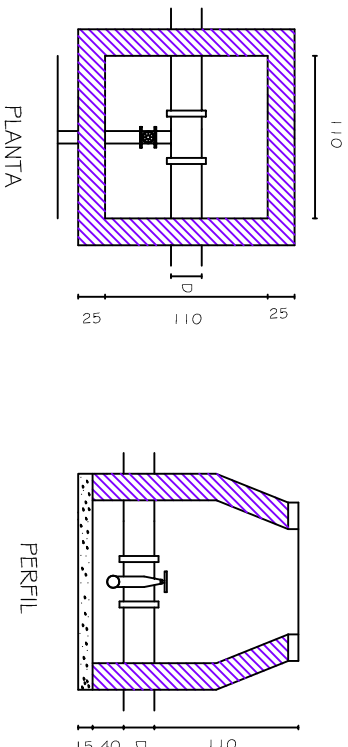
Cotas en cm.

ANCLAJE CODO 45 .



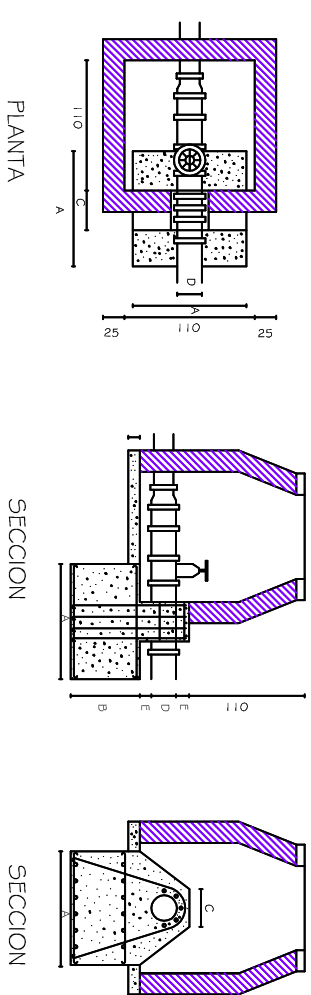
Cotas en cm.

ANCLAJE LLAVE DE DESAGÜE .



Cotas en cm.

ANCLAJE LLAVE DE PASO.

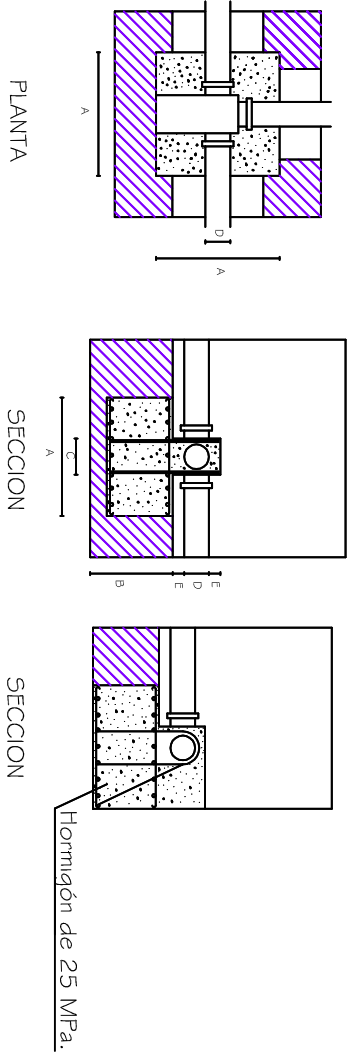


PLANTA

SECCION

SECCION

ANCLAJE PIEZA TIPO " T " .



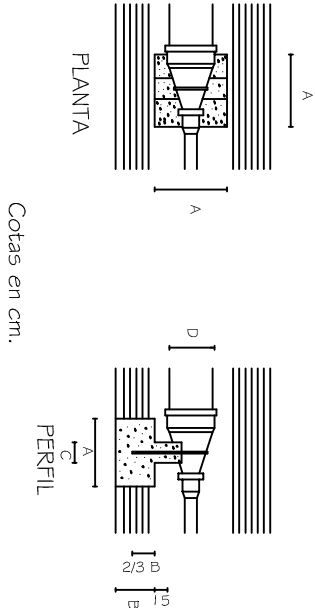
PLANTA

SECCION

SECCION

Cotas en cm.

ANCLAJE REDUCCION.

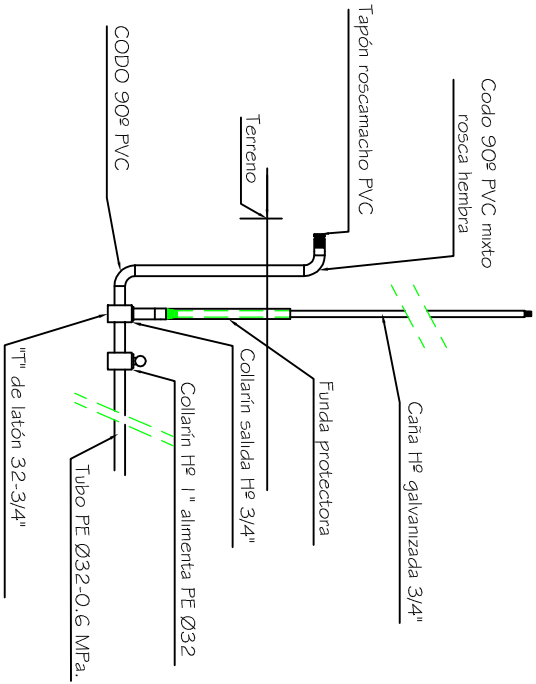


Cotas en cm.

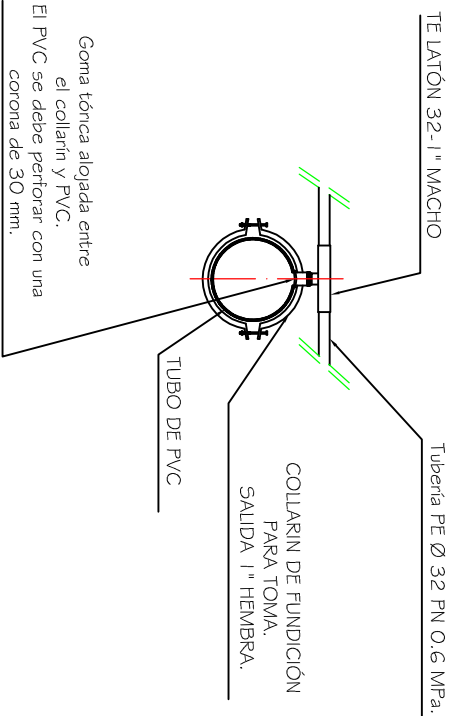
PIEZA	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (MM)	DIMENSIONES EN cm.		
	A	B	C	
CODO 45º	63 A 225	30	40	15
	250 A 400	50	60	25
CODO 90º	63 A 225	50	40	20
	250 A 400	65	60	20
	63 A 225	40	30	15
REDUCCIÓN	250 A 400	50	40	25

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA PROYECTO FIN DE CARRERA		
PUESTA EN RIEGO POR ASPERSIÓN CON COBERTURA TOTAL ENTERADA EN UNA FINCA DE 10 HECTÁREAS PERTENECIENTE AL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLENINO (HUESCA)		FECHA: MAYO 2015
DETALLE ANCLAJES		EL ALUMNO: CARLOS PORTA GAYÁN INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA ESPECIALIDAD EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS
PLANO Nº:7	ESCALA:	

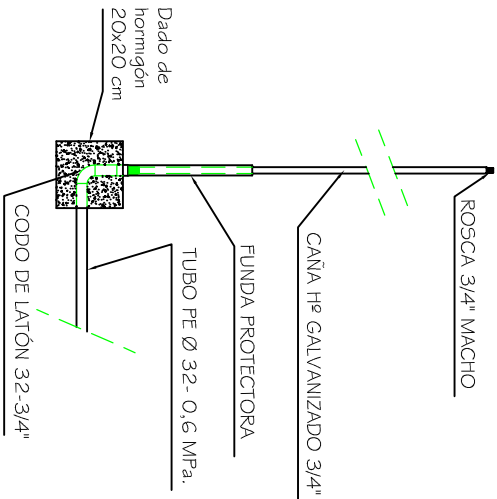
DETALLE FIN DE TRAMO



EMPALME TUBERÍA TERCIARIA CON LATERAL DE RIEGO



EMPALME FINAL DE CAÑA PORTA-ASPESOR CON LATERAL DE RIEGO



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE HUESCA PROYECTO FIN DE CARRERA		
PUESTA EN RIEGO POR ASPERSIÓN CON COBERTURA TOTAL ENTERADA EN UNA FINCA DE 10 HECTÁREAS PERTENECIENTE AL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLENINO (HUESCA)		FECHA: MAYO 2015
DETALLE ASPERSORES		EL ALUMNO:
PLANO Nº:8	ESCALA:	CARLOS PORTA GAYÁN INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA ESPECIALIDAD EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS