



## **Proyecto Fin de Carrera**

### **Proyecto de una plantación de Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**Autor**

**Javier Román Buil**

**Director/es y/o ponente**

**Antonio Boné Garasa**

**Escuela Politécnica Superior de Huesca  
2014**



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**DOCUMENTO 1: MEMORIA**

## ÍNDICE

1. LOCALIZACIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO.....	1
2. DESCRIPCIÓN DE ESPECIES .....	2
3. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS FRUTOS .....	3
4. ESTUDIO CLIMÁTICO .....	4
4.1 TEMPERATURAS.....	5
4.2 RÉGIMEN DE HELADAS.....	5
4.3 NÚMERO DE HORAS-FRÍO .....	6
4.4 PLUVIOMETRÍA.....	6
4.5 HUMEDAD RELATIVA.....	6
4.6 VIENTO .....	7
4.7 OTROS ELEMENTOS CLIMÁTICOS .....	7
4.8 CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA.....	8
4.9. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DE LOS FRUTALES ARBUSTIVOS.....	9
4.10 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA .....	9
4.11 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO .....	11
4.12 BALANCE HÍDRICO .....	11
5. ANÁLISIS EDAFOLÓGICO .....	12
5.1 pH .....	13
5.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	13
5.3 MATERIA ORGÁNICA .....	13
5.4 CARBONATOS .....	13
5.5 FÓSFORO ASIMILABLE.....	13
5.6 POTASIO DE CAMBIO .....	14
5.7 CALIZA ACTIVA.....	14
6. ANALISIS DEL AGUA DE RIEGO .....	14
6.1 CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.....	15
6.2 OTRAS CLASIFICACIONES .....	16
7. PRODUCCION Y MERCADO .....	16
8. PLANTACIÓN .....	17
8.1 ELECCIÓN DE LAS VARIEDADES.....	17

8.2 VIDA ÚTIL DE LA PLANTACIÓN .....	19
8.3 PRODUCCIÓN.....	19
8.4 TECNOLOGIA DE PRODUCCIÓN.....	20
8.4.1 SISTEMA DE FORMACIÓN DEL FRAMBUESO.....	20
8.4.2 POLINIZACIÓN.....	20
8.4.3 RIEGO .....	20
8.4.4 MANTENIMIENTO DEL SUELO.....	20
8.4.5 RECOLECCIÓN.....	21
8.4.6 MECANIZACIÓN.....	21
8.4.7 ORIENTACIÓN DE LAS FILAS .....	22
8.4.8 PRODUCCIÓN.....	22
8.4.9 SUPERFICIE DEL CULTIVO .....	22
8.5 OPERACIONES ANTERIORES A LA PLANTACIÓN.....	22
8.5.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	22
8.5.2 REPLANTEO.....	23
8.5.3 INSTALACIÓN DE RIEGO.....	23
8.5.4 RECEPCIÓN DE PLANTAS.....	23
8.6 NECESIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	23
8.6.1 MANTENIMIENTO DEL SUELO.....	23
8.6.2 FERTILIZACIÓN Y ENMIENDAS .....	24
8.6.2.1 ENMIENDA ÁCIDA .....	24
8.6.2.2 FERTILIZACIÓN DE FONDO .....	24
8.6.2.3 FERTILIZACIÓN ANUAL.....	25
8.6.3 PODA.....	25
8.6.4 RECOLECCIÓN.....	26
8.6.5 ELEMENTOS DE APOYO.....	27
9. PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	27
10. DISEÑO AGRONÓMICO .....	28
10.1 BALANCE HÍDRICO .....	28
10.2 NECESIDADES DE AGUA .....	28
10.2.1 EFECTO DE LA LOCALIZACIÓN .....	28
10.2.2 CORRECCIÓN DE LAS CONDICIONES LOCALES.....	29
10.2.3 NECESIDADES NETAS .....	30

10.2.4 NECESIDADES TOTALES .....	30
10.2.5 PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA.....	31
10.2.6 ÁREA MOJADA POR UN EMISOR .....	31
10.2.7 NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA.....	31
10.2.8 DISPOSICIÓN DE EMISORES.....	31
10.2.9 DOSIS MÁXIMA .....	31
10.2.10 DOSIS ÚTIL .....	32
10.2.11 ESPACIAMIENTO Y DURACIÓN DEL RIEGO.....	32
10.2.12 ELECCIÓN DEL EMISOR .....	32
11. DISEÑO HIDRÁULICO.....	32
12. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA BALSA DE ALMACENAMIENTO .....	35
13. ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO.....	36
14. CABEZAL DE RIEGO, ELEMENTOS SINGULARES Y ESTACIÓN DE BOMBEO	37
14.1 CABEZAL DE RIEGO .....	37
14.2 FILTROS.....	37
14.3 VÁLVULAS Y AUTOMATISMOS .....	38
14.4 ELEMENTOS SINGULARES .....	38
14.5 DESAGÜES .....	39
14.6 FERTIRRIGACIÓN .....	39
14.7 CASETA DE BOMBEO .....	39
14.8 EQUIPO DE BOMBEO .....	40
14.9 GRUPO ELECTRÓGENO .....	40
15. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	40
15.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	41
15.2 VIDA ÚTIL .....	41
15.3 COSTES DE EXPLOTACIÓN .....	41
15.4 INGRESOS DE EXPLOTACIÓN .....	42
15.4 CONSIDERACIONES PREVIAS DEL ESTUDIO .....	44
15.6 CONCLUSIONES.....	45
16. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	45
17. RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO.....	46
18. BIBLIOGRAFÍA.....	46



## MEMORIA

### 1. LOCALIZACIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO

Se redacta el siguiente proyecto con la finalidad de ejecución de una plantación de frambuesos en Boltaña. Las obras del presente proyecto se encuentran ubicadas en la Provincia de Huesca, dentro de la comarca del Sobrarbe, junto al pueblo de Boltaña, en la parcelas de la 87 a la 102, y las 132 y 140 del polígono 9 del Catastro de Rústica de dicho término municipal.

La superficie de la explotación posee una extensión de 12,25 ha. En la actualidad no está cultivada, aunque en los últimos años se ha cultivado cereal.



La finalidad de este proyecto es obtener un rendimiento económico debido a las ventas de un producto de calidad como son las frambuesas. Hay que destacar que esta actividad puede desarrollar en la zona una influencia totalmente positiva tras la venta directa en fresco o para uso en mermeladas y productos alimenticios típicos de la zona, incrementando el crecimiento económico y la proyección nacional e internacional de la comarca del Sobrarbe, y de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Para ello, durante el desarrollo y diseño del proyecto se tendrán en cuenta las siguientes cuestiones:

- Especies de frambueso usadas.
- Estudio climático de la zona así como las características del suelo usado para la plantación.
- Cálculo de las necesidades de agua de las especies que se cultivarán y si es necesario, diseño del sistema de riego.
- Estudio económico y de mercado.

Todos estos apartados serán desarrollados con detalle en los correspondientes anejos.

## 2. DESCRIPCIÓN DE ESPECIES

El desarrollo del cultivo de la frambuesa en España es relativamente reciente, y se debe principalmente a la conquista y consolidación de importantes mercados que hace unos años eran prácticamente irrelevantes, pero que debido al creciente interés del consumidor por otras frutas, así como por el uso por parte de pequeñas y medianas empresas alimentarias hacen del frambueso un cultivo potencialmente importante.

El frambueso pertenece al grupo de “frutales menores” o “frutales arbustivos”, en referencia a las frutas obtenidas de vegetales semileñosos que

dan frutos de tamaño reducido para nuestro uso. Dentro de este grupo se engloban también la zarzamora, los groselleros y los arándanos.

El frambueso rojo, *Rubus idaeus*, es la especie que se va a cultivar.

### 3. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS FRUTOS

La frambuesa es un fruto jugoso y de sabor dulce, agradable, muy apreciado tanto en fresco como transformado en purés, mermeladas, helados y sorbetes, licores, zumos, jaleas, gelatinas, jarabes, pastelería tradicional e industrial, productos lácteos y comidas de bajo contenido calórico. También se utiliza en perfumería y en la elaboración de colorantes naturales. Esta fruta tiene grandes posibilidades en las industrias artesanales, donde alcanza el máximo valor añadido ya que el mismo productor transforma la fruta en productos elaborados de alta calidad. (Coque, 1994)

Es una fruta rica en vitamina C, elementos minerales (sodio, potasio y hierro) y fibra. Los contenidos varían según el grado de maduración, variedades y condiciones de cultivo. (Coque, 1994)

Composición química de la frambuesa (<http://botanical-online.com>)

COMPONENTE	g/100g DE FRUTO FRESCO
Agua	87
Calorías	31 Kcal
Hidratos de Carbono	10
Fibra	6
Minerales	0,40
	mg/100 g
Calcio (Ca)	25
Potasio (K)	170

Sodio (Na)	2
Hierro (Fe)	1
Vitamina C	15
Vitamina B9	0,003
Vitamina B1	0,02
Vitamina B2	0,01
Vitamina B5	0,02
Vitamina B6	0,4
Vitamina A	0,06
Vitamina E	1

## 4. ESTUDIO CLIMÁTICO

La estación meteorológica más completa y cercana a la parcela del presente proyecto es la de Ainsa, cuya situación geográfica es la siguiente:

0° 8' 22" Longitud Oeste

42° 25' 1" Latitud Norte

Altitud: 530 metros sobre el nivel del mar

La serie de datos termo pluviométricos tomada corresponde a un período de 22 años, desde 1990 hasta al año 2011, y han sido facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología (Aemet).

Lamentablemente esta estación, y ninguna de las cercanas como la de Boltaña, recogen datos meteorológicos secundarios como la humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento para una serie de datos tan extensa en el tiempo, pero al ser factores no tan variables, los datos facilitados por Aemet serán suficientes para la estimación de la evapotranspiración de referencia.

## 4.1 TEMPERATURAS

Tras los datos obtenidos para la zona de Boltaña obtenemos las siguientes conclusiones:

- ❖ Temperatura media mes más calido: **22,6°C**
- ❖ Temperatura media mes más frío: **3,6°C**
- ❖ **Julio** es el mes mas calido con una temperatura media máxima de **31°C**
- ❖ **Febrero** es el mes mas frío con una temperatura media mínima de **2,1°C**
- ❖ Temperatura media anual de las máximas es de **20,1°C**
- ❖ Temperatura media anual de las mínimas es de **5,3°C**
- ❖ Temperatura media **12,6°C**
- ❖ Temperatura máxima absoluta **36,3°C**
- ❖ Temperatura mínima absoluta **-7,4°C**

## 4.2 RÉGIMEN DE HELADAS

Tras los datos recogidos, el régimen de heladas quedaría definido de la siguiente forma:

### Mayor Periodo de Heladas

Entre la primera helada el 28 de septiembre, y la ultima el 5 de mayo, hay 228 días con riesgo de heladas, y 137 días libres de las mismas.

### **Menor Periodo de Heladas**

Comprendido entre el 1 de diciembre y el 7 de marzo, hay 97 días con riesgo de heladas, y 268 días libres de las mismas.

### **Periodo Medio de Heladas**

Entre el 14 de octubre para la primera helada, y el 6 de abril para la ultima, hay 175 días con riesgo de heladas, y 190 días libres de las mismas.

Por lo que las heladas serán un factor muy importante a determinar debido a su notable presencia a lo largo de todo un año.

## **4.3 NÚMERO DE HORAS-FRÍO**

Para determinar el número de horas-frío se utiliza la fórmula de Tabuenca, adaptada de la fórmula Mota (1957) para las condiciones del Valle del Ebro, obteniéndose un resultado de 1807,96 horas frío.

## **4.4 PLUVIOMETRÍA**

De los resultados obtenidos podemos deducir que es en otoño cuando mayor es la precipitación, siendo el mes de septiembre el mes más lluvioso. Por otro lado, es en verano cuando menos llueve, pero es febrero el mes con menos precipitaciones, motivo que hace necesario un sistema de riego para garantizar la producción del cultivo.

## **4.5 HUMEDAD RELATIVA**

Gracias a los datos facilitados por Aemet conocemos la humedad relativa, ya que a pesar de no tener una seria tan extensa como en el caso de la temperatura y la pluviometría, los datos facilitados por la estación meteorológica de Ainsa son suficientes para realizar el cálculo de la

evapotranspiración de referencia, ETo, ya que se considera que la humedad relativa no varía a lo largo del tiempo.

AÑO	2009	2010	2011	MEDIA
EN	79	76	79	<b>78</b>
FEB	69	70	64	<b>68</b>
MAR	67	63	69	<b>66</b>
ABR	63	63	62	<b>63</b>
MY	62	58	63	<b>61</b>
JN	58	60	60	<b>59</b>
JL	49	51	50	<b>50</b>
AG	52	48	49	<b>50</b>
SEP	62	65	64	<b>64</b>
OCT	64	71	72	<b>69</b>
NOV	75	76	74	<b>75</b>
DIC	84	74	80	<b>79</b>

## 4.6 VIENTO

Para el análisis de este parámetro climático, se sigue la misma metodología que para la humedad relativa, tomando los valores de la estación de Jaca “EMM”.

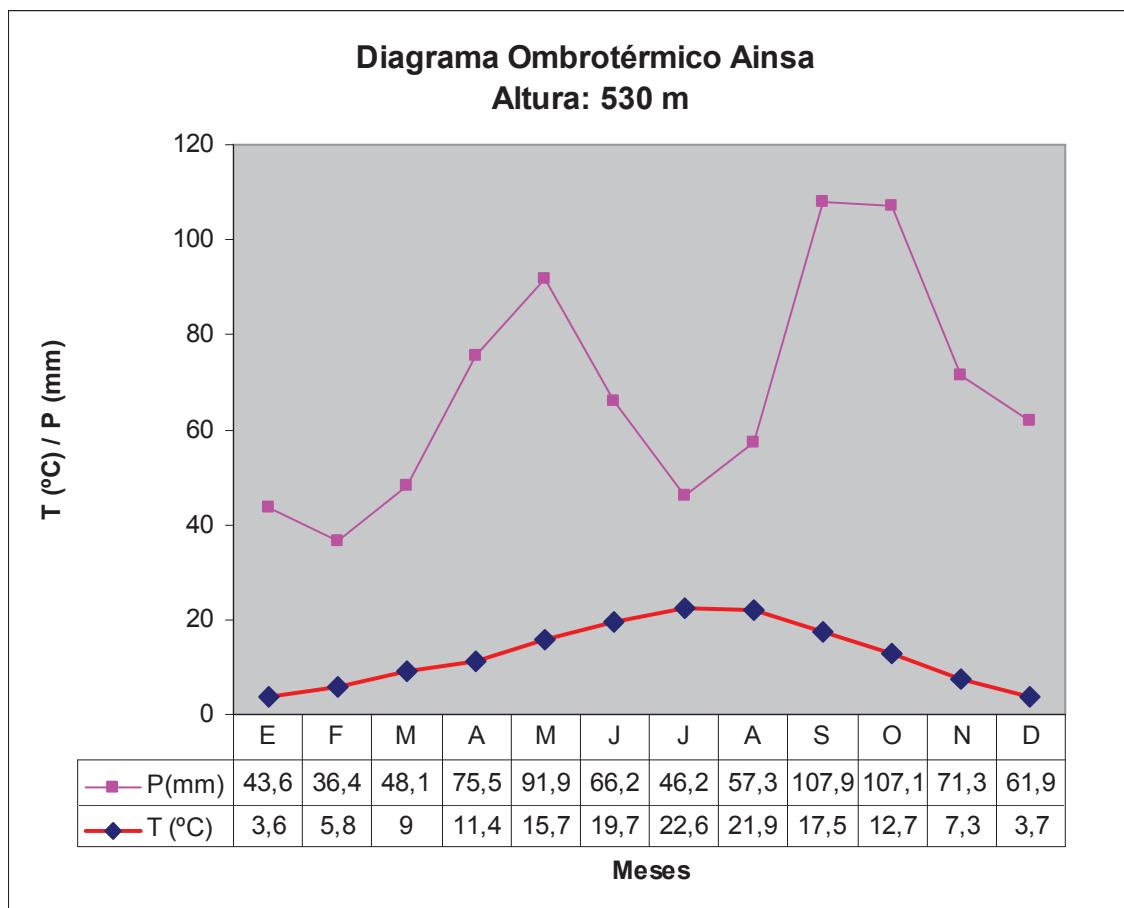
## 4.7 OTROS ELEMENTOS CLIMÁTICOS

Otro de los factores climáticos a tener en cuenta es el de la nieve. Aunque tampoco es una zona extremadamente condicionada por este factor, y a pesar de no disponer de un serio muy extensa ni muy desarrollada, tenemos el número de días mensuales de nieve en una serie climática del 2000 al 2010, de la que podemos deducir que la primera nevada en invierno puede darse en noviembre, y la última en abril.

## 4.8 CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA

Para caracterizar el clima de la zona, se realiza el diagrama ombrotérmico, en el que se representan las temperaturas y precipitaciones medias mensuales, en °C y en mm., respectivamente. La escala de la temperatura será el doble que la de las precipitaciones.

A la vista del diagrama ombrotérmico (figura 1), se observa la ausencia de períodos secos, por lo tanto el clima se define como axérico.



Se determina el piso climático al que pertenece de la zona mediante el índice de Termicidad ( $I_t$ ) y la determinación del Ombrotipo. (Rivas Martínez, 1995)

El Índice de Termicidad es un parámetro térmico en el que intervienen la temperatura anual, la temperatura media de las máximas del mes más frío y la temperatura media de las mínimas del más frío. Se obtiene un valor  $I_t = 198$ .

El Ombrotipo viene definido por la precipitación media anual.

Se obtiene como resultado que la parcela en estudio se sitúa en la región eurosiberiana, en el horizonte colino superior (submontano) bajo un ombrotipo subhúmedo superior, sin sequía estival.

#### **4.9. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DE LOS FRUTALES ARBUSTIVOS**

El frambueso tolera bien los fríos durante la parada invernal y no suele presentar riesgos de heladas primaverales, dado que su floración es relativamente tardía y escalonada, extendiéndose durante un largo periodo de tiempo. Por esto puede cultivarse desde terrenos a nivel del mar hasta alturas de unos 1000 m. La altitud sólo afecta a las fechas de floración y maduración, atrasándose según se asciende. En zonas superiores a los 1000 m se acortan demasiado los períodos vegetativos. No es muy exigente en horas-frío invernales, requiriendo anualmente un mínimo de 700 horas-frío. Por el contrario, el fruto es fácilmente afectado tanto por las temperaturas estivales altas como por las lluvias durante la maduración.

Al cultivo le favorece una alta humedad ambiental. Así mismo, necesita entre 700 y 900 mm anuales de lluvia. Le conviene los lugares ventilados, dado que en lugares poco aireados se incrementa el riesgo de ataques de enfermedades.

#### **4.10 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA**

Para el cálculo de la evapotranspiración de referencia a partir de datos termopluviométricos se ha utilizado el método Blaney-Criddle modificado por FAO. Si los datos procedieran de una estación meteorológica completa, el método aconsejado por la FAO sería el Penman-Monteith. (Allen *et al.*, 1998)

La ecuación de Blaney-Criddle utilizada para calcular la  $ET_0$  es la siguiente:

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

donde,

$ET_0$  es la media mensual de la evapotranspiración de referencia (herba), mm/día

p es el porcentaje diario de horas diurnas anuales

a, b son coeficientes de calibración climática local (Frevert *et al.*, 1983)

$T_m$  es la media mensual de la temperatura media del aire, en ° C.

En la siguiente tabla se refleja el cálculo de la evapotranspiración de referencia.

MES	Tmedia	p	HR <sub>min</sub>	n/N	U <sub>dia</sub>	a	b	Et <sub>0</sub> (mm/dia)	Et <sub>0</sub> (mm)
EN	3,6	0,21	55,00	0,45	2,00	-1,60	0,99	<b>1,25</b>	<b>38,75</b>
FEB	5,8	0,24	51,00	0,46	2,10	-1,60	1,04	<b>1,45</b>	<b>40,60</b>
MAR	9,0	0,27	40,00	0,52	2,20	-1,67	1,18	<b>1,62</b>	<b>50,22</b>
ABR	11,4	0,30	41,00	0,51	2,40	-1,74	1,17	<b>2,28</b>	<b>68,40</b>
MY	15,7	0,33	41,00	0,53	2,30	-1,76	1,18	<b>2,93</b>	<b>90,83</b>
JUN	19,7	0,34	43,00	0,65	2,10	-1,88	1,26	<b>3,40</b>	<b>102,00</b>
JUL	22,6	0,33	35,00	0,70	2,10	-1,96	1,37	<b>3,60</b>	<b>111,60</b>
AG	21,9	0,31	32,00	0,71	2,10	-1,98	1,41	<b>3,21</b>	<b>99,51</b>
SEP	17,5	0,28	45,00	0,62	2,00	-1,84	1,21	<b>2,85</b>	<b>85,50</b>
OCT	12,7	0,25	49,00	0,52	2,00	-1,72	1,10	<b>2,16</b>	<b>66,96</b>
NOV	7,3	0,22	53,00	0,51	2,00	-1,69	1,05	<b>1,61</b>	<b>48,30</b>
DIC	3,7	0,20	55,00	0,45	2,00	-1,62	0,99	<b>1,23</b>	<b>38,13</b>
								<b>ANUAL</b>	<b>840,80</b>

La Evapotranspiración de referencia anual es  $ET_0$  anual = **840,80mm**.

## 4.11 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO

La evapotranspiración de cultivo  $ET_c$ , determina el consumo real de agua en una zona para un cultivo en particular. Se calcula como:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

MES	Kc	ET <sub>o</sub> (mm/dia)	ET <sub>c</sub> (mm/dia)	ET <sub>c</sub> (mm)
ABRIL	0,90	2,28	2,05	61,50
MAYO	1,00	2,93	2,93	90,83
JUNIO	1,10	3,40	3,74	112,20
JULIO	1,10	3,60	3,96	122,76
AGOSTO	1,10	3,21	3,53	109,43
SEPTIEMBRE	1,05	2,85	2,99	89,70
OCTUBRE	0,85	2,16	1,84	57,04
			<b>TOTAL</b>	<b>643,46</b>

Se obtiene un valor máximo mensual en el mes de julio de 122,76 mm. y un valor total durante el periodo vegetativo de  $ET_c = 643,46$  mm.

## 4.12 BALANCE HÍDRICO

Se efectúa un balance hídrico para conocer las necesidades hídricas de los cultivos que se desea implantar y determinar si es necesario aportar agua en forma de riego. En este balance hídrico, no se va a considerar la posible reserva de agua del suelo que pueda utilizar el cultivo.

Para poder determinar las necesidades hídricas, lo primero que se debe conocer es la precipitación efectiva (PE), que es la proporción de lluvia que sirve para satisfacer las necesidades de consumo de agua del cultivo.

La precipitación efectiva se calcula en función de la precipitación caída durante el mes (P), siguiendo la metodología propuesta por Fuentes Yagüe (2003).

MES	PE	ET <sub>c</sub>	PE - ET <sub>c</sub>
ENERO	20,16	0	-
FEBRERO	15,84	0	-
MARZO	22,86	0	-
ABRIL	40,4	61,50	-21,10
MAYO	53,52	90,83	-37,31
JUNIO	33,72	112,20	-78,40
JULIO	21,84	122,76	-100,92
AGOSTO	28,38	109,43	-81,04
SEPTIEMBRE	66,32	89,70	-23,38
OCTUBRE	65,68	57,04	-
NOVIEMBRE	36,78	0	-
DICIEMBRE	31,14	0	-
AÑO	<b>436,64</b>	<b>643,46</b>	<b>342,15</b>

Por lo que el déficit de agua a cubrir desde abril a septiembre será de **342,15 mm.**

## 5. ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

La fertilidad de un campo y, por ende, los requerimientos de fertilizante son estimados a través del muestreo de suelos y su posterior análisis químico, proceso reconocido como análisis de suelo. El análisis del suelo es una práctica esencial de cualquier programa de manejo adecuado .

Para el análisis de suelo se tomaron ocho muestras de la parcela en estudio a una profundidad de 50cm, dando los siguientes resultados:

Parámetro	Resultado
Ph	8,10
Conductividad a 25º	0,20 Ds/m
Nitrógeno total	0,25%

Materia Orgánica	4,10%
Fósforo asimilable	50,1 MG/Kg
Potasio de cambio	1,0 meq/100 g
Carbonatos totales	13,5%
Caliza activa	2,12%
Textura	Arena 23,58% Limo 49,63% Arcilla 26,79%

Con los resultados obtenidos se entra en el diagrama textural propuesto por el USDA y se obtiene un suelo **franco - limoso**.

## 5.1 pH

Nuestro suelo tiene un pH de 8,10 por lo que es moderadamente básico

## 5.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Con los datos obtenidos la conductividad eléctrica es inapreciable.

## 5.3 MATERIA ORGÁNICA

El suelo tiene un nivel muy alto de materia orgánica.

## 5.4 CARBONATOS

El nivel de carbonatos es normal.

## 5.5 FÓSFORO ASIMILABLE

Según el método Olsen, el suelo tiene un nivel muy alto de fósforo asimilable.

## 5.6 POTASIO DE CAMBIO

El suelo tiene contenido de potasio alto.

## 5.7 CALIZA ACTIVA

El suelo tiene un porcentaje de caliza activa bajo.

## 6. ANALISIS DEL AGUA DE RIEGO

El agua de riego utilizada para el presente cultivo proviene de la acequia de Margudged, de donde se recoge agua del Río Ara. Los datos se han obtenido a través de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

A continuación se reflejan los resultados de este análisis:

Cationes	mg/l
Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )	49,3
Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ )	7,9
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	2,6
Potasio ( $\text{K}^+$ )	3,10
<b>TOTAL</b>	62,3
Aniones	mg/l
Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ )	159,3
Cloruro ( $\text{Cl}^-$ )	3,3
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	9,3
Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	4,5
<b>TOTAL</b>	219,8
<b>pH</b>	= 8,3
<b>Sólidos en suspensión</b>	= 1,9 mg/l
<b>Conductividad eléctrica a 25°C (CE)</b>	= 305 $\mu\text{S/cm}$

## 6.1 CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

Los criterios fundamentales para conocer la calidad del agua de riego son los de **salinidad, sodicidad y toxicidad**.

El criterio de **salinidad** evalúa el riesgo de que el uso del agua origine altas concentraciones de sales en el suelo, con la correspondiente disminución de rendimiento de los cultivos.

La conductividad eléctrica del agua de riego es de 0,305 mmhos/cm. Este valor implica que el cultivo del frambueso no experimenta disminución de rendimiento por causa de la salinidad, ya que corresponde a una calidad de agua excelente tal como se desarrolla en el anexo correspondiente.

El criterio de **sodicidad** sí tiene en cuenta la posibilidad de que el agua de riego evolucione en el suelo. Este criterio analiza el riesgo de que se alcance en el suelo un elevado porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y para su evaluación utiliza los índices Riverside y de Eaton.

El agua tiene una relación de absorción de sodio (RAS) de 0,06 por lo que tiene un escaso poder de sodificación o un riesgo ligero de alcalinizar el suelo.

El carbonato sódico residual (CSR) alcanza un valor de 0,49meq/L, por lo que se trata de un agua recomendable. Dicho valor es muy cercano a cero, por lo que se puede afirmar que el agua posee muy poco carbonato de sodio residual.

El criterio de **toxicidad** evalúa la posibilidad de que determinados iones, fundamentalmente sodio, cloro y boro, al ser absorbidos por las raíces, se acumulen en las hojas, alcanzando concentraciones nocivas que reducen el rendimiento de la cosecha. Los resultados indican que el riesgo de toxicidad es inexistente para los tres elementos.

## 6.2 OTRAS CLASIFICACIONES

La dureza del agua de riego es de 15,56 grados hidrotimétricos franceses y se clasifica como medianamente blanda.

Según el Índice de Scott se trata de un agua buena, utilizable para riego.

Según las normas Riverside, el agua se clasifica como C2-S1, que indica riesgo medio de salinización del suelo y bajo de alcalinización (incorporación de sodio al complejo adsorbente del suelo).

De acuerdo con las normas Greene, se puede considerar que el agua es de buena calidad.

La clasificación según las normas Wilcox muestra que tenemos un agua de excelente a buena calidad.

## 7. PRODUCCION Y MERCADO

La iniciativa de este cultivo en nuestro país, llevada a cabo por diversos organismos oficiales y empresas privadas, comienza a finales de los años 60 en Asturias y Extremadura (Cáceres), en los 80 en Andalucía (Granada) y Galicia (Lugo), y en los 90 de nuevo en Andalucía (Huelva). Tradicionalmente, su aprovechamiento se limitó a situaciones muy concretas en pequeños huertos y jardines por capricho personal.

Con planteamientos productivos y comerciales diversos, según el área geográfica, se puede estimar una superficie de 300-400 ha, con una producción de 3500-4500 t donde la producción representa más del 95%. (Nuez, 2001)

La oferta de estos frutos en España, procede de la producción nacional y de las importaciones. Se comercializan en fresco, congelados y/o transformados. La demanda de producto fresco está protagonizada por

mayoristas, plataformas de grandes áreas comerciales, fruterías especializadas, restaurantes, pastelerías y heladerías.

La fruta congelada y/o transformada se dirige a la industria alimentaria, de destilación, e incluso de cosmética y farmacéutica.

Su utilización por la población más general y conocida, es en mermeladas y en los derivados lácteos.

## 8. PLANTACIÓN

### 8.1 ELECCIÓN DE LAS VARIEDADES

Las variedades cultivadas de frambuesa se clasifican en “no remontantes”, con una sola floración anual, y “remontantes”, con dos floraciones por temporada. Para el presente proyecto elegiremos variedades no reflorecientes o no remontantes.

En España la mayoría de los estudios sobre las variedades del frambueso se han desarrollado en el Instituto de Experimentación y Promoción Agraria (I.E.P.A.) de Villaviciosa, Asturias. Para la elección es imprescindible tener en cuenta la productividad, la época de maduración, la resistencia a enfermedades, su manejo y el conocimiento del mercado.

Tras los resultados obtenidos en la Matriz de efectos del Anejo VIII, las variedades escogidas son las siguientes:

#### **GRADINA**

Arbusto vigoroso y con espinas. Es resistente a la sequía. Sensible a la botritis y poco al oídio. De maduración bastante precoz y muy productiva. A esta variedad le conviene especialmente la polinización cruzada. Fruto

bastante grande, de color rojo vivo, sabor excelente y dulce, con buena coherencia de las drupeolas y de fácil recolección. Se comercializa en fresco o congelado.

### **MALLING EXPLOIT**

Planta bastante vigorosa, muy rústica pero con cañas frágiles. Poco sensible a las heladas, por lo que tiene un buen comportamiento en zonas altas. Resiste la sequía puntual, pero no el exceso en el suelo. Bastante tolerante a infecciones víricas y poco a la botritis. De productividad bastante elevada y maduración temprana. Fruto grande y rojo, con coherencia media de las drupeolas y que se recoge fácilmente. Se utiliza en confituras y se puede adaptar al consumo en fresco por su precocidad, pero soporta mal el transporte. Poco interesante en la industria licorera, puesto que se decolora cuando se macera en alcohol.

### **MALLING ADMIRAL**

Arbusto vigoroso. Sensible a la sequía y al encharcamiento. Exige climas frescos y húmedos. Poca sensibilidad a enfermedades. Bastante productivo, con época media de maduración. Fruto grande, de color rojo intenso, sabor ácido y que se desgrana poco. Su recolección es bastante fácil. Se consume en fresco.

### **JOY**

Arbusto de cañas altas, fuertes y con espinas, lo que no representa un inconveniente para la recolección, por la buena disposición que presentan los frutos en la planta. Producción moderada, de excelente calidad y maduración tardía. Poco sensible a botritis y otras enfermedades post-cosecha. Frutos grandes, de color rojo intenso, muy firmes y de buen sabor. Muy interesante

para la industria transformadora por su color, textura y calidad, también congela bien.

### **GLEN COVA**

Planta muy vigorosa que emite numerosos renuevos. Poco sensible a enfermedades fúngicas. Muy productiva y de maduración muy precoz y prolongada. Fruto de excelentes cualidades, tamaño mediano a pequeño, de color rojo claro, firme y que no se desgrana. Sirve tanto para el consumo en fresco como para la congelación, las confituras y la elaboración de licores. Se elige, en este caso, como variedad polinizadora de la variedad Gradina, por su floración coincidente. Su fruto también se comercializará.

## **8.2 VIDA ÚTIL DE LA PLANTACIÓN**

La vida útil de la plantación a realizar será de 20 años, la duración media del cultivo de frambueso es de 10 años, en plantaciones que usan herbicidas de contacto para controlar la competencia de los brotes nuevos respecto a las cañas productivas. Pero en este caso, no se utilizará ningún tipo de herbicida, por ello se considera que dado el gran vigor de las cañas de frambueso la duración de las cañas de frambueso será superior a diez años. Además con un buen manejo del abonado se puede alargar el período productivo de las cañas de frambueso

## **8.3 PRODUCCIÓN**

La producción obtenida en la plantación dependerá de la adaptación de los cultivos al medio, pues se trata de una experiencia novedosa en la zona, en la que sólo se recolecta de forma minoritaria los frutos silvestres de estas mismas especies (mayoritariamente zarzamora, frambueso y arándanos).

No obstante, todas las variedades seleccionadas de frambueso proporcionan en los ensayos realizados producciones medias superiores a 10

t/ha. En nuestro caso, no se esperan producciones tan altas, siendo posible en las variedades más productivas obtener hasta 5 – 6 t/ha

## **8.4 TECNOLOGIA DE PRODUCCIÓN**

### **8.4.1 SISTEMA DE FORMACIÓN DEL FRAMBUESO**

Para mantener una plantación con garantías se hará uso de un sistema de formación que favorezca el desarrollo y producción del frambueso. El sistema más conveniente para tal efecto es el denominado formación en "V" con sus dos variantes.

### **8.4.2 POLINIZACIÓN**

En el frambueso la polinización cruzada juega un papel más importante que la autopolinización, por lo que habrá que hacer uso de colmenas de abejas en la plantación durante la época de floración. Para polinizar una hectárea de frutales arbustivos se precisan de una a cinco colmenas. Éstas no deben distribuirse de forma aislada sino en grupos de tres a cinco, porque la actividad de una de ellas estimula a las demás.

### **8.4.3 RIEGO**

Es fundamental para todo el proceso productivo del frambueso que disponga de agua suficiente para su desarrollo y producción, pero en la justa medida, ya que es una especie muy sensible a la asfixia radicular, por lo que es el riego localizado el que mejor se adapta a los aportes frecuentes y de poca cantidad.

### **8.4.4 MANTENIMIENTO DEL SUELO**

El mantenimiento del suelo es una de las operaciones importantes a llevar a cabo en el cultivo, ya que de esa forma creamos un medio favorable

para el desarrollo regulando la competitividad con otras especies, así como facilitamos el acceso tanto del personal como de la maquinaria.

Para mantener todo ese equilibrio optaremos por una cubierta vegetal en las calles y las líneas de cultivo libres de vegetación mediante el aporte de los restos de la propia cubierta vegetal tras su siega. Para evitar problemas de competencia se regulará el nivel de la cubierta vegetal.

#### **8.4.5 RECOLECCIÓN**

La recolección de los frutos se realizará de forma manual. Los frutos del frambueso se recogen cuando están bien maduros y han perdido toda su acidez. La frambuesa debe tener una coloración brillante, así como una discreta consistencia de la pulpa; si esta es demasiada blanda debe eliminarse. En el momento justo de su maduración la frambuesa se separa fácilmente del receptáculo. Dado el escalonamiento de la maduración, la recolección se realiza en diversas pasadas con un turno de 3-4 días.

Para la recolección de las frambuesas de mesa hay que tener cuidado de no estropear los frutos. Para ello se llevan al campo cestillos con tapa, capaces de contener medio kilogramo y el operario dobla la rama del fruto hacia la cesta colocada en el suelo, corta con las tijeras los frutos dejando un poco de rabillo y los hace caer directamente en el cesto.

#### **8.4.6 MECANIZACIÓN**

En el presente proyecto únicamente hará falta uso de maquinaria en el nacimiento de la plantación, pero se optará por contratarlo. Para el abonado se hará uso del sistema de riego por goteo establecido en la parcela mediante fertirrigación. Por lo que únicamente hará falta para controlar la cubierta vegetal siendo un coste mínimo.

#### **8.4.7 ORIENTACIÓN DE LAS FILAS**

El cultivo estará orientado de la forma más conveniente posible según la disponibilidad del terreno.

#### **8.4.8 PRODUCCIÓN**

La vida media de una plantación de frambuesa es de 10 años, aunque se prevé que dure uno años más. Por otro lado las estimaciones en cuanto a toneladas de producción estarán en torno a las 10 t/ha.

#### **8.4.9 SUPERFICIE DEL CULTIVO**

La explotación se divide en siete zonas de 1,75 ha, clasificados y con la siguiente asignación de variedades:

- A:** Glen Cova - 10158 Plantas
- B:** Gradina - 11454 Plantas
- C:** Joy - 10886 Plantas
- D:** Joy - 10158 Plantas
- E:** Malling Exploit - 12266 Plantas
- F:** Malling Admiral - 9566 Plantas
- G:** Malling Admiral - 7930 Plantas

### **8.5 OPERACIONES ANTERIORES A LA PLANTACIÓN**

#### **8.5.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO**

Todas las operaciones previas a la plantación van a tener por objeto que las plantas se encuentren con un terreno lo más adecuado posible. Para ello se realizará un actividad con vertedera a unos 30 -40 cm de profundidad para

levantar la pradera existente. Después se pasará la grada para su distribución y el rulo para dejar la superficie lisa.

### **8.5.2 REPLANTEO**

Una vez preparado el terreno, se procede al replanteo de la plantación, que consiste en dejar marcados en el terreno aquellos puntos y líneas que definen la plantación, como son las filas de plantas, situación de las mismas, de los postes y tutores, vallado perimetral de cierre. La señalización del trazado de las tuberías, se realizará antes del marqueo.

### **8.5.3 INSTALACIÓN DE RIEGO**

La red de riego se enterrará en su totalidad exceptuando los ramales porta goteros. Para la colocación de la red de tuberías de distribución en el terreno se hace necesaria la excavación de zanjas cuyas dimensiones varían en función del diámetro a colocar. Las dimensiones correspondientes se detallan en su anexo y plano correspondiente.

### **8.5.4 RECEPCIÓN DE PLANTAS**

Los frambuesos para plantar tendrán un año y vendrán provenientes de un vivero con cepellón. La plantación se realizará al final de invierno y con unas condiciones optimas para su realización

## **8.6 NECESIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO**

### **8.6.1 MANTENIMIENTO DEL SUELO**

Se opta por mantener el suelo con una cubierta vegetal formada por especies espontáneas en la que predominarán el grupo de gramíneas y leguminosas, al ser una pradera mixta el cultivo precedente y contar en la zona

con un régimen adecuado de precipitaciones que permite el mantenimiento de la cubierta herbácea

## **8.6.2 FERTILIZACIÓN Y ENMIENDAS**

### **8.6.2.1 ENMIENDA ÁCIDA**

Tal como se vio en el anexo 5, Análisis Edafológico, se aplicarán los 1700 kg/ha de azufre correspondiente a la enmienda ácida necesaria para disminuir el pH del suelo, mediante azufre con un 98 % de pureza, lo que supone utilizar unos 1735 kg/ha que se distribuirán en una capa arable de 15 cm.

Se hace necesario aplicar la misma cantidad de azufre como dosis de conservación cada 3-4 años. En este caso, se opta por repartirla de forma fraccionada cada año, de forma que a lo largo de cuatro años se haya aportado toda la cantidad de azufre requerida. Esto supone aportar 434 kg /ha y año de producto comercial con un 98 % de pureza de azufre. El aporte se efectuará de forma superficial en toda la plantación mediante abonadora y tractor.

### **8.6.2.2 FERTILIZACIÓN DE FONDO**

Tomando como base de partida los resultados obtenidos en el análisis de suelo, se diseña el abonado de fondo, con el objetivo de adecuar el nivel global de nutrición del suelo con las necesidades óptimas para el crecimiento de los arbustos.

Según el análisis de suelo, el suelo posee un contenido alto de materia orgánica, por lo que no se hace necesario aplicar estiércol antes de efectuar la plantación. Al levantar la pradera mixta existente en la actualidad, ésta se enterrará por lo que se aportará una cantidad adicional de materia orgánica.

### **8.6.2.3 FERTILIZACIÓN ANUAL**

En el caso de la fertilización de los frutales arbustivos, es necesario aportar anualmente N, P, K y Mg. La cantidad a incorporar de los distintos elementos nutritivos se determina según el desarrollo de la vegetación observado, ya que éste depende de las reservas del suelo, del vigor de las variedades y de la producción.

Se utilizará un abono complejo N-P-K de equilibrio 1:2:3, al inicio de la vegetación para aplicar todo el fósforo y potasio, mientras que el aporte del nitrógeno se hará fraccionado: una parte se incorporará junto a los otros elementos y el resto, en forma de nitrato de magnesio después del cuajado de los frutos.

Se recomienda el suministro, al inicio de brotación de 500 a 600 kg/ha del abono complejo 9-18-27. El resto de nitrógeno se incorporará en forma de nitrato magnésico después del cuajado de los frutos, lo que supone aportar de 410 a 420 kg/ha de nitrato magnésico (11% de N total).

### **8.6.3 PODA**

La poda del frambueso es necesaria para eliminar las cañas que fructificaron, dado que sólo produce una vez sobre la misma madera. Al tratarse de una especie vigorosa que emite numerosos brotes, es necesario aclararlos limitando su número y longitud para favorecer la ventilación e insolación de la planta; esto regula la cosecha, mejora la calidad del fruto, favorece la recolección y reduce el ataque de enfermedades.

La poda de formación se efectúa tras la plantación, eliminando toda la parte aérea de las cañas. Como se han elegido para el cultivo variedades de frambueso no remontantes, en ellas haremos una primera poda en el verano, tras la cosecha, que consiste en cortar a ras del suelo la madera vieja, puesto que ya hemos dicho que sólo fructifican sobre madera del año anterior.

Tras la caída de las hojas, se eliminan los brotes débiles y los dañados por enfermedades, plagas o causas mecánicas, dejando únicamente y según el vigor de la planta, de 8 a 12 brotes del año por metro lineal. Esto se atan a los alambres y se despuntan a una altura de 1'70 m., aproximadamente unos 10 cm. por encima del alambre más alto.

En esta plantación se desea obtener frutos todos los años, para ello, las ramas fructíferas se sujetarán sobre uno de los laterales del elemento de apoyo y quedando el otro para los renuevos. Así, la producción se alterna cada año en uno y otro lado simplificándose la recolección y la poda.

#### **8.6.4 RECOLECCIÓN**

La maduración de las frambuesas es escalonada, alargándose de 4 a 6 semanas, aunque el 80 % de la producción se concentra de dos a cuatro. El grado de madurez del fruto evoluciona con gran rapidez, por lo que en cosechas estivales, y si el fruto se destina al consumo en fresco, la recolección debe realizarse diariamente en plena campaña, pudiendo espaciarse hasta tres días al comienzo y final de la temporada y cuando el fruto va a utilizarse en industrias de transformación

En el I.E.P.A. (Instituto de Experimentación y Promoción Agraria), los períodos de recolección, considerando el 80 % de la producción, se extienden entre la segunda decena de junio y la última de julio. En el caso de la plantación objeto del proyecto, la producción se retrasará por efecto de la climatología.

En las plantaciones comerciales en las que la recolección la realizan operarios, el rendimiento en la recolección es de 3 a 5 kg/persona/hora, dependiendo del tamaño del fruto, facilidad del desprendimiento del receptáculo, densidad de cañas, de cosecha recolectada, sanidad de los frutos y destino de la producción.

### **8.6.5 ELEMENTOS DE APOYO**

En las filas de la plantación se instalan elementos de apoyo para formar el esqueleto de los frambuesos.

Los elementos de apoyo consisten en estacas de madera con diámetro 6/8 cm con forma de doble T; tienen una altura de 1,60 m. desde el nivel del suelo. El primer elemento horizontal es un rollizo cilíndrico de madera con Ø 6 cm con una longitud de 0,8 m, situado a 0,6 metros sobre el nivel del suelo, mientras que el segundo elemento horizontal tendrá una longitud de 1 metro, a 1,6 m. del suelo, sobre el extremo superior de la estaca.

Las ramas fructíferas se sujetan sobre uno de los laterales y los renuevos sobre el otro. En este sistema en V son necesarios 2 pares de alambre galvanizado del número 13 situados a 0,6 y 1,6 metros del suelo.

## **9. PLAGAS Y ENFERMEDADES**

El cultivo del frambueso no destaca por que sus plantaciones sufran daños destacables por patógenos. Y como uno de los factores por lo que destacan este cultivo es su trato ecológico, resulta recomendable siempre y cuando las condiciones lo permitan, evitar el uso de plaguicidas.

En el Anejo IX se realiza una descripción detallada de las plagas y enfermedades más importantes, ante la posibilidad de que aparezcan en la plantación.

En general, las plagas y enfermedades se podrán controlar mediante la eliminación durante la poda de las ramas afectadas. En los casos más graves, se deberán arrancar las plantas afectadas.

## 10. DISEÑO AGRONÓMICO

### 10.1 BALANCE HÍDRICO

Del análisis de suelo realizado se ha determinado los valores de Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP). Conocido estos dos valores, se efectúa en el Anejo *Diseño Agronómico del riego por goteo* un balance hídrico anual más completo teniendo en cuenta la reserva máxima de agua en el suelo.

Para el primer horizonte del suelo y considerada una profundidad efectiva de las raíces de 15 cm se obtiene un valor de 47 mm H<sub>2</sub>O.

Tras realizar el balance hídrico, mes a mes, se obtienen que las necesidades hídricas netas anuales son 2846,20 m<sup>3</sup>/ha y año, comenzándose a regar en el mes de junio hasta septiembre.

### 10.2 NECESIDADES DE AGUA

A efectos de diseño, lo que interesa conocer acerca de las necesidades de agua es su valor punta, en función del cual se dimensionan posteriormente la instalación de riego.

El mes de ET<sub>0</sub> máxima es Julio con 3,60 mm/día al que le corresponde un valor de K<sub>c</sub> de 1,10.

#### 10.2.1 EFECTO DE LA LOCALIZACIÓN

Se denomina fracción de área sombreada por el cultivo a la fracción de la superficie del suelo sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en el solsticio de verano, respecto a la superficie total.

A efectos prácticos, se puede hacer coincidir la superficie sombreada con la proyección sobre el terreno del perímetro de la cubierta vegetal.

Siendo el marco 3x0,5 m y estimando  $D_a = 1$  m se calcula la fracción de área sombreada (A) obteniéndose un valor de 0,524 m<sup>2</sup>.

La corrección por localización consiste en multiplicar la  $ET_c$  por un coeficiente de localización  $K_L$ , cuyo valor depende de A. En este caso se tiene un valor de  $K_L = 0,663$ .

### 10.2.2 CORRECCIÓN DE LAS CONDICIONES LOCALES

Cuando la ETo utilizada en el cálculo equivale al valor medio del período estudiado, debe mayorarse multiplicando por un coeficiente, pues de otra forma las necesidades calculadas serían también un valor medio, lo que quiere decir que aproximadamente la mitad de los años el valor calculado sería insuficiente.

Se adopta el criterio de Hernández Abreu (Pizarro, 1987) de aplicar siempre un coeficiente entre 1,15 y 1,20. Se adopta, pues, un valor  $K_V = 1,20$

La corrección por advección a aplicar depende del tamaño de la zona de riego. Se considera una superficie aproximada de 12,25 Ha al que le corresponde un valor de  $K_A = 0,9$

Por lo tanto, aplicando los coeficientes de localización y de corrección por condiciones locales, queda:

$$\begin{aligned} ET_{rl} &= K_c \cdot ET_O \cdot K_L \cdot K_V \cdot K_A \\ ET_{rl} &= 1,17 \cdot 3,60 \cdot 0,663 \cdot 1,20 \cdot 0,9 \\ ET_{rl} &= 3,02 \text{ mm / día} \end{aligned}$$

### 10.2.3 NECESIDADES NETAS

Las necesidades netas se pueden definir como la fracción del agua de riego que debe quedar en la zona radicular para ser puesta a disposición del cultivo.

En el mes de máximas necesidades, las necesidades netas coinciden con la evapotranspiración de cultivo corregida.

$$N_n = ET_{rl} = 3,02 \text{ mm/día}$$

### 10.2.4 NECESIDADES TOTALES

Para el cálculo de las necesidades totales se debe tener en cuenta la pérdida de agua por percolación, las necesidades de lavado y la uniformidad del riego.

Con una eficiencia de aplicación  $E_a = 0,85$ , con un coeficiente de uniformidad  $CU = 0,80$  y sin ser necesario la aplicación de la fracción de lavado se obtienen unas necesidades totales para el mes de julio de

$$N_t = \frac{N_n}{[(1-K) \cdot CU]}$$
$$N_t = \frac{3,02}{0,85 \cdot 0,80} = 4,44 \text{ mm/día}$$

Estas necesidades totales expresadas en forma de caudal continuo son de 0,5 l/s y ha.

### **10.2.5 PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA**

A efectos de diseño, es necesario establecer un mínimo de volumen de suelo a humedecer para no disminuir el rendimiento de los cultivos.

En este caso, como las líneas de cultivo forman un seto continuo se adopta un valor del 34%.

### **10.2.6 ÁREA MOJADA POR UN EMISOR**

El área mojada por un emisor es  $1,021 \text{ m}^2$

### **10.2.7 NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA**

El número de emisores por planta es de 0,5.

### **10.2.8 DISPOSICIÓN DE EMISORES**

La separación entre emisores ( $S_e$ ) es de 1 m.

### **10.2.9 DOSIS MÁXIMA**

La dosis máxima de riego es de 10,54 mm.

### **10.2.10 DOSIS ÚTIL**

La dosis útil de riego es de 3,16 mm.

### **10.2.11 ESPACIAMIENTO Y DURACIÓN DEL RIEGO**

Se define el espaciamiento entre riegos como el tiempo que transcurre entre dos riegos consecutivos. En este caso, se obtiene un espaciamiento de 1día/riego, con una duración de cada riego, en el mes de máximas necesidades, de 2 horas.

### **10.2.12 ELECCIÓN DEL EMISOR**

Se van a utilizar goteros de largo conducto tipo laberinto, donde el agua sigue una trayectoria tortuosa, lo que les hace trabajar en régimen turbulento. Son muy poco sensibles a las variaciones de temperatura, de presión y a las obturaciones. Su conexión a la lateral de riego se realizará mediante perforación con un punzón de la lateral.

El gotero que se va utilizar será de tipo botón y de categoría A, con un coeficiente de variación de fabricación de 0,03.

## **11. DISEÑO HIDRÁULICO**

Con el proceso del diseño hidráulico fijaremos el numero de subunidades de riego, el tiempo de riego y la frecuencia de aplicación del mismo.

Se denomina sector o unidad de riego al conjunto de subunidades de riego que se riegan simultáneamente. En nuestro caso dividiremos la finca en siete sectores de riego.

Según los cálculos realizados en el Anejo XI se obtienen los siguientes resultados:

### Laterales de Riego y Tuberías terciarias

UNIDAD DE RIEGO	SUBUNIDAD	TUBERIA	MATERIAL	PN	Ø (mm)
A	A1	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	1º Tramo 49,5m PE 50A	6 atm	50
			2º Tramo 27m PE 50A	6 atm	40
	A2	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	1º Tramo 49,5m PE 50A	6 atm	40
			2º Tramo 30m PE 50A	6 atm	32
	A3	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	1º Tramo 57m PE 50A	6 atm	40
			2º Tramo 22,5m PE 50A	6 atm	32
	A4	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	1º Tramo 45m PE 50A	6 atm	40
			2º Tramo 24,5m PE 50A	6 atm	25
B	B1	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	63
	B2	LATERAL	PE 50A	6 atm	40
		TERCIARIA	1º Tramo 29m PE 50A	6 atm	32
	B3	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	1º Tramo 36m PE 50A	6 atm	50
			2º Tramo 21m PE 50A	6 atm	32
	B4	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	1º Tramo 39m PE 50A	6 atm	50
			2º Tramo 18m PE 50A	6 atm	32
C	C1	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	63
	C2	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	63
	C3	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	63
	C4	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	1º Tramo 27m PE 50A	6 atm	40
			2º Tramo 45m PE 50A	6 atm	32
D	D1	LATERAL	PE 50A	6 atm	16

		TERCIARIA	1º Tramo 81m PE 50A	6 atm	63
			2º Tramo 72m PE 50A	6 atm	50
	D2	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	40
	D3	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	1º Tramo 57m PE 50A	6 atm	50
	D4	LATERAL	PE 50A	6 atm	16/25
		TERCIARIA	1º Tramo 30m PE 50A	6 atm	32
			2º Tramo 31m PE 50A	6 atm	40
E	E1	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	50
	E2	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	40
	E3	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	40
	E4	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	1º Tramo 23m PE 50A	6 atm	32
			2º Tramo 20,5m PE 50A	6 atm	25
	E5	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
	E6	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	40
	E7	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	40
	E8	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	40
F	F1	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	50
	F2	LATERAL	PE 50A	6 atm	16
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	63
	F3	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	50
	F4	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	50
G	G1	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	PE 50A	6 atm	63
	G2	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	1º Tramo 42m PE 50A	6 atm	40
			2º Tramo 29m PE 50A	6 atm	32
	G3	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
		TERCIARIA	1º Tramo 40,5m PE 50A	6 atm	40
			2º Tramo 27,5m PE 50A	6 atm	32
	G4	LATERAL	PE 50A	6 atm	20
			PE 50A	6 atm	50

### **Tuberías Secundarias**

UNIDAD DE RIEGO	MATERIAL	PN	Ø (mm)
A	PE 100	10 atm	63
B	PE 100	10 atm	63
C	PE 100	10 atm	90
D	PE 100	10 atm	63
E	PE 100	10 atm	63
F	PE 100	10 atm	90
G	PE 100	10 atm	90

### **Tubería Primaria**

TRAMO	MATERIAL	PN	Ø (mm)
1	PE 100	10 atm	90
2	PE 100	10 atm	90
3	PE 100	10 atm	90
4	PE 100	10 atm	90
5	PE 100	10 atm	90
6	PE 100	10 atm	90
7	PE 100	10 atm	90
8	PE 100	10 atm	75
9	PE 100	10 atm	90

Los metros totales de la excavación son **2265,61 m<sup>3</sup>**.

## **12. DISEÑO Y CÁLCULO DE LA BALSA DE ALMACENAMIENTO**

La balsa se dimensionará en función de la necesidades del mes más critico, Julio,  $1376,40\text{m}^3/\text{ha} \times 12.25\text{ha}/31\text{dias} \times 7 \text{ dias} = 3808\text{m}^3$

Se diseñará un embalse, con láminas de PVC flexible para la impermeabilización, de forma troncopiramidal. Y se abastecerá directamente de la acequia general de la comunidad de regantes.

Para cubrir las necesidades si existiera un imprevisto durante 7 días en el mes de mayor demanda hídrica las dimensiones del embalse son las siguientes:

- Base mayor:  $70 \times 40$  m
- Base menor:  $50 \times 20$  m
- Altura: 3 m
- Resguardo: 0,8 m
- Volumen: 4013 m<sup>3</sup>
- Módulos de los taludes interiores: 2:1 (26,57°)
- Anchura del pasillo de coronación =  $A_c = 4$  metro.

Las láminas impermeabilizantes se anclan en la parte superior, en una zanja perimetral de  $0,3 \times 0,3$  m. Como medida de seguridad se vallará el perímetro de la balsa.

La toma de entrada de la balsa conectará directamente con la acequia, y se verterá el agua por arriba. Para su salida se hará uso del aliviadero, vertiendo el agua directamente de nuevo a la acequia. La tubería se diseña utilizando **PVC Ø250 PN6**. La misma tiene una longitud de 16 m con cero desnivel.

Se dispondrá además de un desagüe de fondo que ira a parar a la misma arqueta que las tuberías de drenaje.

## 13. ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO

Los trabajos se iniciaron con el estudio del Mapa Geológico a escala 1:200.000 del Instituto Geológico y Minero, seguido de la identificación sobre fotografía aérea, utilizando estereoscopos de espejos, de las formaciones geológicas existentes.

A continuación, y una vez obtenida la visión de conjunto de la zona, se giró una visita al campo con objeto de:

- Identificar las formaciones geológicas.
- Estudiar las características geotécnicas de los terrenos.
- Estudiar las redes de drenaje.

Durante este reconocimiento se localizó los posibles lugares de emplazamiento de la principal obra del proyecto: la balsa de almacenamiento.

El solar elegido para la ubicación de la balsa se encuentra situado al lado de la acequia principal, se ha procedido a estudiar los cortes realizados en la zona más próxima a la ubicación de la balsa.

## **14. CABEZAL DE RIEGO, ELEMENTOS SINGULARES Y ESTACIÓN DE BOMBEO**

### **14.1 CABEZAL DE RIEGO**

El cabezal de riego es el elemento central de una instalación de riego por goteo. Consta de un conjunto de componentes que se citan a continuación y cuyas características se han determinado en el Anejo XIV.

### **14.2 FILTROS**

Los filtros son necesarios para evitar la obturación de los goteros. Para su prevención se colocan los correspondientes elementos de filtrado en los cuales se quedan las partículas retenidas.

Se ha elegido un filtro de anillas autolimpiable. En el modo de filtración, las anillas se encuentran fuertemente comprimidas tanto por la fuerza de un

muelle como por un sistema de presión hidráulico, aprovechando la propia presión de entrada al filtro. Los sólidos quedan retenidos en el elemento filtrante, realizándose una captura selectiva en función del grado de filtración seleccionado. El agua queda acondicionada para su utilización.

### **14.3 VÁLVULAS Y AUTOMATISMOS**

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.

Elegiremos 7 válvulas de “2” porque la unidad de riego con mayor caudal necesita 25,51m<sup>3</sup>/h y el de menor caudal 17m<sup>3</sup>/h. Estas conexiones para el automatismo se realizan por solenoides y microtubos de polietileno de ocho milímetros de diámetro.

Para la instalación de fertirrigación serán necesarias una para cada depósito y además las necesarias para dirigir el fertilizante por las tuberías correspondientes. Están fabricadas en PVC y son de accionamiento manual.

Colocaremos además una válvula de ventosa en la parte alta de la tubería que sale de la bomba. Válvulas de 2” que irán colocadas justo después del equipo de bombeo para evitar el golpe de ariete. Y válvulas de mariposa, una delante y otra detrás del filtro en la tubería primaria, en la caseta de bombeo.

### **14.4 ELEMENTOS SINGULARES**

En este proyecto se hacen necesarias las siguientes piezas especiales:

- Manguitos roscados para unión de tuberías de PE
- Reducción de diámetros en las tuberías
- Derivación en Té y codos en la unión de las secundarias y terciarias

- Unión de las tuberías terciarias con los laterales de riego

## 14.5 DESAGÜES

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

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 1m. de tubería de 50mm de diámetro, con tape final macho roscado, todo en PVC.

## 14.6 FERTIRRIGACIÓN

El equipo de fertirrigación estará formado por depósitos de fertilizante, destinados a almacenar las soluciones de fertilizante que se van a aplicar, y bombas inyectoras de abono, que las inyectan en la red de distribución a una presión superior a la del agua.

En nuestro caso en vez de instalar unos depósitos de fertilizantes llevaremos el fertilizante mediante cubas que nos las proporcionaran las casas de fertilizantes. Así abaratamos relativamente el coste de la instalación de la red de riego.

## 14.7 CASETA DE BOMBEO

La caseta de bombeo tendrá unas dimensiones de 2,97x 5,03x 2,34m. Paredes de acero galvanizado en caliente de 0,70 mm de grosor atornilladas al techo y entre si con tornillería de acero inoxidable. El techo será de acero galvanizado en caliente con aleación zinc-aluminio, capaz de soportar cargas de nieve de 125kg por m<sup>2</sup> acanalado para desaguar la lluvia. Cornisa de acero galvanizado con una capa de plástico laminado atornillada a la estructura principal en todo su perímetro con tornillería de 10 cm de acero inoxidable.

La puerta principal es de acero galvanizado de doble capa y unas dimensiones de 2,37x 2,16m. El trasporte y montaje correrá a cargo de la empresa suministradora. Su instalación estará supervisada por el director de obra.

En el interior de esta caseta tendremos todos los elementos necesarios para el bombeo del agua como son filtros, codos, válvulas, etc.

## **14.8 EQUIPO DE BOMBEO**

Para cubrir las necesidades totales de la instalación, se necesita un equipo de bombeo, constituido una bomba vertical sumergible modelo S36-4.

## **14.9 GRUPO ELECTRÓGENO**

Tanto la bomba sumergida, la bomba inyectora como el programador de riego vienen alimentados por un grupo electrógeno.

Se instalará un grupo electrógeno de gasoil que tenga una potencia de 6Kw (6,6 Kva.).

## **15. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA**

Con el objeto de analizar si este proyecto es viable económicamente, se determinan varias variables económicas que reflejarán si la inversión es rentable. De esta forma se calcula el VAN ó Valor Actual Neto, el TIR ó Tasa Interna de Rentabilidad y el Plazo de recuperación ó Pay-Back.

Para calcular estos índices, se considera una vida útil de la inversión de 20 años, sobre la cual se define la corriente de pagos y cobros de la plantación.

## 15.1 SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, las parcelas que forman parte del proyecto están dedicadas al cultivo de una pradera mixta de gramíneas y leguminosas, obteniéndose sólo un corte anual de hierba.

## 15.2 VIDA ÚTIL

La vida útil de la plantación es de 20 años. Se puede dividir la vida útil de la plantación en:

- Año 0: Implantación y puesta en marcha del proyecto
- Años 1 y 2: Período en que la producción es mínima
- Años 3 a 7: Período en que la producción aumenta de forma progresiva cada año
- Años 8 a 14: Plena producción
- Años 15 a 20: Período en que la producción desciende.

La plantación se arrancará el año 20, cuando comienza el período decreciente de la producción y los ingresos de la plantación decrecerían.

## 15.3 COSTES DE EXPLOTACIÓN

En los costes de explotación se diferencian los costes ordinarios originados por el cultivo de los arbustos implantados, y los costes extraordinarios, debido a la compra y/o renovación de alguno de los elementos de la inversión.

Los costes de explotación se determinan en el *Anejo XV* del proyecto, resumiendo aquí los costes anuales.

Costes ordinarios anuales:

AÑO	CUANTÍA
0	594.810,17 €
1-20	47057€

Costes extraordinarios anuales:

AÑO	CUANTÍA
1	4461 €
13	16130 €

## 15.4 INGRESOS DE EXPLOTACIÓN

Los ingresos ordinarios de la plantación provendrán de la venta de fruta, estableciéndose dos modalidades:

- Recogida de los frutos directamente en la explotación
- Venta de la fruta ya envasada

La producción neta media que se establece para el frambueso en plena producción es de 2 kg/planta. La producción, durante los primeros siete años se estima en un porcentaje respecto al período de plena producción, tal como se recoge en la siguiente tabla:

AÑO	PRODUCCIÓN
1	2%

2	10%
3	25%
4	35%
5	45%
6	55%
7	65%
8-14	95%
15-20	75%

Recordando que el número de plantas existentes es de 72.418, la producción neta total que se puede obtener en la plantación cada año es la siguiente:

AÑO	Kg FRAMBUESA
1	2896,72
2	14.483,6
3	36.209
4	50.692,6
5	65.176,2
6	76.659,8
7	94.143,4
8 a 14	144.836
15 a 20	101.385

En la producción neta por planta, ya se han descontado las posibles pérdidas causadas por agentes atmosféricos, enfermedades, plagas y ataques de aves.

Se considera, que un 70% de la producción es recogida directamente por la industria láctea y de mermeladas de la zona, el 25% es distribuida directamente en los comercios. El 5% restante engloba las pérdidas durante la manipulación de los frutos.

El precio de venta desde parcela se fija en 2,30€/Kg, mientras que para la distribución directa es de 2,70€/Kg.

Los ingresos anuales son los siguientes:

AÑO	INGRESOS TOTALES
1	7.140,41 €
2	35.702,07 €
3	89.255,19 €
4	124.957,26 €
5	160.659,33 €
6	188.966,41 €
7	232.063,48 €
8 a 15	306.532,61 €
15 a 20	249.914,52 €

Ingresos extraordinarios:

AÑO	CUANTÍA
20	4415 €

## 15.4 CONSIDERACIONES PREVIAS DEL ESTUDIO

El presupuesto total de la inversión asciende a 594.810,17 €.  
Los beneficios anuales serán los calculados anteriormente y serán fijos. No se tendrá en cuenta el factor que juega la inflación.

El estudio se realiza considerando que se obtiene un crédito de 450.000 € a 15 años y a un tipo de interés del 9% anual.

## 15.6 CONCLUSIONES

Tras realizar los cálculos correspondientes, se obtiene un valor del VAN de 666.820,32 €. En general, cuando el VAN es mayor que cero, el proyecto es viable.

El TIR obtenido es del 21,75%, que al ser superior al tipo de interés, indica que la inversión es rentable.

El plazo de recuperación ó Pay-Back para esta inversión es de 9 años.

Con los resultados obtenidos del estudio de viabilidad económica, se concluye que el *Proyecto de una plantación de frambuesos en Boltaña (Huesca)* es económicamente rentable.

## 16. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

De conformidad con el Real Decreto 1627/1997, Capítulo II, artículo 4, apartado 2, “el promotor estará obligado a que en la fase de del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud en la Obra”.

Dicho estudio se encuentra ampliamente desarrollado en el Documento Nº 5, especificando los riesgos laborales que conlleva la obra y las medidas preventivas que se proponen, tendentes a controlar y a reducir los mencionados riesgos. Constará de una memoria descriptiva, planos, pliego de prescripciones y presupuesto.

## 17. RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

C1 BALSA DE RIEGO .....	59.766,07
C2 CASETA DE RIEGO .....	3.430,33
C3 RED DE RIEGO .....	72.189,36
C4 EQUIPO DE BOMBEO Y ELEMENTOS SINGULARES .....	9.547,23
C5 SEGURIDAD Y SALUD .....	2.713,39
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>147.646,38</b>
13,00 % Gastos generales .....	19.194,03
6,00 % Beneficio industrial .....	8.858,78
	<b>SUMA DE G.G. y B.I.</b>
	28.052,81
21,00 % I.V.A. .....	36.896,83
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>212.596,02</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>212.596,02</b>

## 18. BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, R.G. et al. (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper, 56. Rome.

CARCELÉN FERNÁNDEZ, E.; GARCIA BERRIOS, J.; BARRASA RIOJA, M.; GOMEZ FOLGUEIRA, M.; PEREIRA GONZALEZ, J. M.; MENDEZ LOPEZ, A. X.; PIÑEIRO SOTO, A. (1998) *Frutales arbustivos. Explotaciones en pequeñas parcelas* [ref. de 24 septiembre 2004] Disponible en web: <<http://agrobyte.lugo.usc.es>>

COQUE FUERTES, M; DÍAZ HERNÁNDEZ, M. B.; IGLESIAS JACOME, G. (1993) *El Arándano*. Consejería de Medio Rural y Pesca, Principado de Asturias. Caja de Ahorros de Asturias.

ECK, P.; CHILDERS, N.F. (1966) *Blueberry Culture*. New Brunswick, New Jersey. Rutgers University Press.

COQUE FUERTES, M.; DÍAZ HERNÁNDEZ, M. B.; CIORDIA ARA, M.; GARCÍA RUBIO, J.C. (1994) *El cultivo del frambueso y la zarzamora*. Instituto de Experimentación Agraria. Consejería de Medio Rural y Pesca. Principado de Asturias.

FUENTES YAGÜE, J. L. (2003) *Técnicas de Riego* Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

FUENTES YAGÜE, J.L (1999) *El suelo y los fertilizantes* Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

MARTÍNEZ COB, A.; FACI GONZÁLEZ, J. M.; BERCERO BERCERO, A. (1998) *Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón* Institución Fernando el Católico. Excma. Diputación de Zaragoza. Zaragoza.

NUEZ, F; LLÁCER, G. –Coord.- (2001) *La Horticultura Española*. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (SECH). España.

PIZARRO; F (1987) *Riegos localizados de Alta Frecuencia*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid

RIVAS MARTÍNEZ, S.; RIVAS GONZÁLEZ, T. E.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS MERINO, A., (2002). Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica*, **15 (1) y (2)**, 5-922.

## 19. DOCUMENTOS DEL PROYECTO

### DOCUMENTO Nº 1 *MEMORIA Y ANEJOS*

- ANEJO Nº I ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO
- ANEJO Nº II DESCRIPCIÓN DEL FRAMBUESO
- ANEJO Nº III CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS FRUTOS
- ANEJO Nº IV ESTUDIO CLIMÁTICO
- ANEJO Nº V ANÁLISIS EDAFOLÓGICO
- ANEJO Nº VI ANALISIS DEL AGUA
- ANEJO Nº VII PRODUCCIÓN Y MERCADO DEL FRAMBUESO
- ANEJO Nº VIII PLANTACIÓN
- ANEJO Nº IX PLAGAS Y ENFERMEDADES
- ANEJO Nº X DISEÑO AGRONÓMICO
- ANEJO Nº XI DISEÑO HIDRÁULICO
- ANEJO Nº XII DISEÑO Y CÁLCULO DE LA BALSA DE ALMACENAMIENTO
- ANEJO Nº XIII ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DE LA BALSA DE ALMACENAMIENTO
- ANEJO Nº XIV CABEZAL DE RIEGO, ELEMENTOS SINGULARES Y ESTACIÓN DE BOMBEO
- ANEJO Nº XV ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA
- ANEJO Nº XVI BIBLIOGRAFÍA

### DOCUMENTO Nº 2 *PLANOS*

- PLANO Nº 1. SITUACIÓN
- PLANO Nº 2. EMPLAZAMIENTO
- PLANO Nº 3. TOPOGRAFÍA
- PLANO Nº 4. PLANTACIÓN
- PLANO Nº 5. SISTEMA DE RIEGO
- PLANO Nº 6. SISTEMA DE RIEGO. ZANJAS
- PLANO Nº 7. ARQUETAS
- PLANO Nº 8. DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO
- PLANO Nº 9. CASETA DE RIEGO

PLANO Nº 10. CABEZAL DE RIEGO

PLANO Nº 11. ELEMENTOS DE APOYO

PLANO Nº 12. VALLADO PERIMETRAL

PLANO Nº 13. ESQUEMA UNIFILAR

**DOCUMENTO Nº 3 *PLIEGO DE CONDICIONES***

CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO II CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS MATERIALES.

NORMA GENERAL

CAPÍTULO III EJECUCIÓN Y CONTROL DE LAS OBRAS

CAPÍTULO IV MEDICIÓN, VALORACIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS

CAPÍTULO V DISPOSICIONES GENERALES TÉCNICAS APLICABLES

**DOCUMENTO Nº 4 *PRESUPUESTO***

CUADRO DE PRECIOS UNITARIOS

CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

MEDICIONES

PRESUPUESTO GENERAL

RESUMEN DE PRESUPUESTO

**DOCUMENTO Nº 5 *ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD***

MEMORIA

PLANOS

PLIEGO DE CONDICIONES

PRESUPUESTO



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJOS A LA MEMORIA**

## ÍNDICE DE LOS ANEJOS

ANEJO N° I ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

ANEJO N° II DESCRIPCIÓN DEL FRAMBUESO

ANEJO N° III CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS FRUTOS

ANEJO N° IV ESTUDIO CLIMÁTICO

ANEJO N° V ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

ANEJO N° VI ANÁLISIS DEL AGUA

ANEJO N° VII PRODUCCIÓN Y MERCADO DEL FRAMBUESO

ANEJO N° VIII PLANTACIÓN

ANEJO N° IX PLAGAS Y ENFERMEDADES

ANEJO N° X DISEÑO AGRONÓMICO

ANEJO N° XI DISEÑO HIDRÁULICO

ANEJO N° XII DISEÑO Y CÁLCULO DE LA BALSA DE ALMACENAMIENTO

ANEJO N° XIII ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DE LA BALSA DE ALMACENAMIENTO

ANEJO N° XIV CABEZAL DE RIEGO, ELEMENTOS SINGULARES Y ESTACIÓN DE BOMBEO

ANEJO N° XV ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

ANEJO N° XVI BIBLIOGRAFÍA



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO I: ANTECEDENTES Y OBJETO  
DEL PROYECTO**

## **ÍNDICE ANEJO I**

### **ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO**

1. LOCALIZACIÓN.....	1
2. FINALIDAD DEL PROYECTO.....	2

## ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

### 1. LOCALIZACIÓN

Se redacta el siguiente proyecto con la finalidad de ejecución de una plantación de frambuesos en Boltaña. Las obras del presente proyecto se encuentran ubicadas en la Provincia de Huesca, dentro de la comarca del Sobrarbe, junto al pueblo de Boltaña, en la parcelas de la 87 a la 102, y las 132 y 140 del polígono 9 del Catastro de Rústica de dicho término municipal.



La superficie de la explotación posee una extensión de 12,25 ha. En la actualidad no esta cultivada, aunque en los últimos años se ha cultivado cereal.

## 2. FINALIDAD DE ESTE PROYECTO

La finalidad de este proyecto es obtener un rendimiento económico debido a las ventas de un producto de calidad como son las frambuesas. Hay que destacar que esta actividad puede desarrollar en la zona una influencia totalmente positiva tras la venta directa en fresco o para uso en mermeladas y productos alimenticios típicos de la zona, incrementando el crecimiento económico y la proyección nacional e internacional de la comarca del Sobrarbe, y de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Para ello, durante el desarrollo y diseño del proyecto se tendrán en cuenta las siguientes cuestiones:

- Especies de frambueso usadas.
- Estudio climático de la zona así como las características del suelo usado para la plantación.
- Cálculo de las necesidades de agua de las especies que se cultivarán y si es necesario, diseño del sistema de riego.
- Estudio económico y de mercado.

Todos estos apartados serán desarrollados con detalle en los correspondientes anejos.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO II: DESCRIPCIÓN DEL  
FRAMBUESO**

## **ÍNDICE ANEJO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL FRAMBUESO**

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA .....	1

## DESCRIPCIÓN DEL FRAMBUESO

### 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del cultivo de la frambuesa en España es relativamente reciente, y se debe principalmente a la conquista y consolidación de importantes mercados que hace unos años eran prácticamente irrelevantes, pero que debido al creciente interés del consumidor por otras frutas, así como por el uso por parte de pequeñas y medianas empresas alimentarias hacen del frambueso un cultivo potencialmente importante.

El frambueso pertenece al grupo de “frutales menores” o “frutales arbustivos”, en referencia a las frutas obtenidas de vegetales semileñosos que dan frutos de tamaño reducido para nuestro uso. Dentro de este grupo se engloban también la zarzamora, los groselleros y los arándanos.

### 2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El frambueso rojo, *Rubus idaeus*, es la especie que se va a cultivar y que tiene las siguientes características botánicas:

- ❖ Familia: *Rosaceae*
- ❖ Hojas: Caducas, alternas, imparipinnadas con 3-5-7 foliolos aserrados y ovales, haz de color verde y envés blanquecino y aterciopelado. Raquis espinoso.



( *Rubus idaeus* )

- ❖ Flores: de color blanco, agrupadas en racimos indefinidos axilares. Corola de 5 pétalos y cáliz persistente con 5 largos sépalos. El androceo está compuesto por numerosos estambres libres y el gineceo presenta, sobre un receptáculo, numerosos carpelos individualizados, que contiene, cada uno, un ovario con un óvulo fértiles que da lugar a una drupa. (Coque, 1994)
- ❖ Fruto: Fruto de color rojo más o menos intenso en polidrupa, con 70-100 drupeolas, cohesionadas entre sí.

El frambueso es un arbusto muy vigoroso provisto de un corto tallo subterráneo o rizoma. La parte aérea de la planta es bianual. El primer año los brotes tienen un rápido crecimiento y alcanzan de 2 a 3 m de altura. Al segundo año, fructifican y mueren.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO III: CARACTERÍSTICAS  
ORGANOLÉPTICAS DE LOS FRUTOS**

## **ÍNDICE ANEJO III**

### **CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS FRUTOS**

1. RUBUS IDAEUS.....1

## CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS



Es sin duda la frambuesa la característica fundamental para el comercio y rentabilidad del cultivo del frambueso, motivo por el cual es de gran importancia conocer sus propiedades más relevantes.

### 1. RUBUS IDAEUS

La frambuesa es un fruto jugoso y de sabor dulce, agradable, muy apreciado tanto en fresco como transformado en purés, mermeladas, helados y sorbetes, licores, zumos, jaleas, gelatinas, jarabes, pastelería tradicional e industrial, productos lácteos y comidas de bajo contenido calórico. También se utiliza en perfumería y en la elaboración de colorantes naturales. Esta fruta tiene grandes posibilidades en las industrias artesanales, donde alcanza el máximo valor añadido ya que el mismo productor transforma la fruta en productos elaborados de alta calidad. (Coque, 1994)

Es una fruta rica en vitamina C, elementos minerales (sodio, potasio y hierro) y fibra. Los contenidos varían según el grado de maduración, variedades y condiciones de cultivo. (Coque, 1994)

Composición química de la frambuesa (<http://botanical-online.com>)

COMPONENTE	g/100g DE FRUTO FRESCO
Agua	87
Calorías	31 Kcal
Hidratos de Carbono	10
Fibra	6
Minerales	0,40
	mg/100 g
Calcio (Ca)	25
Potasio (K)	170
Sodio (Na)	2
Hierro (Fe)	1
Vitamina C	15
Vitamina B9	0,003
Vitamina B1	0,02
Vitamina B2	0,01
Vitamina B5	0,02
Vitamina B6	0,4
Vitamina A	0,06
Vitamina E	1



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO IV: ESTUDIO CLIMÁTICO**

## ÍNDICE ANEJO IV

### ESTUDIO CLIMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	1
3. TEMPERATURAS .....	2
4. RÉGIMEN DE HELADAS .....	9
5. NÚMERO DE HORAS-FRÍO .....	11
6. PLUVIOMETRÍA .....	12
7. HUMEDAD RELATIVA .....	16
8. VIENTO .....	16
9. NIEVE .....	17
10. CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA .....	18
11. REQUERIMIENTO CLIMÁTICO DE EL FRAMBUESO .....	21
12. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN .....	22
12.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA .....	22
12.2.- CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO.....	23
13. BALANCE HÍDRICO .....	24
13.1. PRECIPITACIÓN EFECTIVA.....	24
13.2. BALANCE HÍDRICO .....	25

## ESTUDIO CLIMÁTICO

### 1. INTRODUCCIÓN

Es muy importante una vez decidido el cultivo conocer el clima y tipo de suelo, condicionantes directos del cultivo. En este anejo se estudiará la influencia de las condiciones climáticas de la zona.

### 2. ESTACIÓN METEOROLÓGICA

La estación meteorológica más completa y cercana a la parcela del presente proyecto es la de Ainsa, cuya situación geográfica es la siguiente:

0° 8' 22" Longitud Oeste

42° 25' 1" Latitud Norte

Altitud: 530 metros sobre el nivel del mar

La serie de datos termoplumirométricos tomada corresponde a un período de 22 años, desde 1990 hasta al año 2011, y han sido facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología (Aemet).

Lamentablemente esta estación, y ninguna de las cercanas como la de Boltaña, recogen datos meteorológicos secundarios como la humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento para una serie de datos tan extensa en el tiempo, pero al ser factores no tan variables, los datos facilitados por Aemet serán suficientes para la estimación de la evapotranspiración de referencia.

### 3. TEMPERATURAS

A partir de los datos diarios registrados en la estación meteorológica de Ainsa, se han confeccionado las siguientes tablas para los años de la serie climática. En caso de no haber dato en un determinado mes se ha calculado la media.

Tabla 1. Media mensual de la temperatura máxima diaria

1992	6,8	12,2	15,4	19,7	23,5	21,5	29,5	30,2	25,1	16,6	15,9	9,7	18,8
1993	8,9	12,3	15,3	17,8	21,3	27,3	29,7	30,5	22,5	15,3	12,1	10,4	18,6
1994	10,1	12,6	18,5	17,8	22,9	28,2	34,2	32,7	24,0	18,7	14,7	9,2	20,3
1995	10,9	13,9	10,2	20,1	22,6	26,2	30,0	31,0	23,0	18,0	13,5	9,0	19,0
1996	9,2	10,0	15,0	18,0	22,8	27,0	29,0	30,2	23,5	17,0	13,5	9,0	18,7
1997	7,9	14,3	19,2	20,4	22,3	24,9	27,8	29,4	27,2	22,8	14,0	10,5	20,1
1998	10,3	14,9	17,8	15,0	21,5	27,8	31,1	31,0	25,1	19,5	14,2	10,6	19,9
1999	11,1	13,3	15,8	17,0	19,9	26,9	30,7	29,9	25,6	19,7	13,1	10,5	19,5
2000	10,2	17,0	17,6	16,4	23,8	28,3	29,3	30,8	27,1	19,6	12,0	10,7	20,2
2001	10,2	13,0	16,7	18,9	22,8	29,4	29,2	31,7	25,6	22,9	13,1	8,1	20,1
2002	10,4	15,7	17,7	19,7	22,1	30,2	30,5	28,9	25,1	20,9	15,1	11,7	20,7
2003	10,4	10,5	18,0	19,4	24,0	31,7	31,2	34,2	25,3	18,7	15,0	10,3	20,7
2004	12,6	12,3	14,9	17,4	22,7	30,5	30,7	31,0	28,1	21,9	14,5	12,1	20,7
2005	10,3	11,6	16,8	19,5	25,5	31,4	33,1	31,2	27,3	21,8	14,4	8,2	20,9
2006	9,3	11,5	17,0	20,9	26,0	30,5	33,9	30,1	27,6	23,1	16,7	10,8	21,5
2007	11,3	14,5	15,5	20,3	24,1	27,2	30,8	24,5	21,1	16,3	9,6	10,2	18,8
2008	12,6	14,8	16,6	18,3	20,9	26,7	30,3	30,7	25,2	20,5	13,8	8,7	19,9
2009	9,6	12,8	17,2	17,9	26,0	28,9	32,3	32,8	26,8	23,8	15,9	9,6	21,1
2010	9,9	10,2	16,5	19,5	21,9	26,2	32,9	31,9	25,5	20,3	13,6	9,6	19,8
2011	13,9	14,9	22,4	24,4	25,2	28,5	33,0	30,0	27,2	23,0	15,0	11,8	22,4
MEDIA	10,2	13,2	16,7	18,7	23,3	27,9	31,0	30,7	25,5	19,9	13,9	9,9	20,1

Tabla 2: Media mensual de la temperatura mínima diaria

ANO	EN	FEB	MAR	AB	MY	JN	JL	AG	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANO MEDIO
1990	1,8	1,9	1,5	3,2	8,6	13,1	14,9	14,9	12,9	7,9	2,2	-3,9	6,6
1991	-2,4	-2,4	4,1	2,5	8,5	11,4	15,3	16,6	13,3	5,3	6,0	-7,0	5,9
1992	-3,8	-2,9	1,3	4,0	9,4	10,0	14,9	15,2	10,6	6,6	1,9	9,0	6,4
1993	-3,8	-1,7	1,2	3,9	7,9	11,8	13,2	13,9	9,9	5,5	1,7	-1,5	4,2
1994	-2,9	-4,0	2,0	3,5	8,7	11,8	15,9	15,9	9,7	8,7	3,8	-9,0	5,3
1995	-1,5	-1,0	0,0	3,6	8,7	12,7	15,0	15,0	9,8	8,8	4,4	-7,0	5,7
1996	-3,0	-1,5	1,1	3,4	8,8	11,2	14,5	13,8	10,0	8,0	4,4	-7,0	5,3
1997	1,0	-1,2	1,1	4,3	8,9	11,7	12,8	14,2	10,9	6,4	2,2	-1,2	5,9
1998	-1,5	-1,0	1,8	1,6	8,3	11,6	13,4	12,6	10,7	4,5	-1,4	-4,5	4,7
1999	-3,3	-3,8	8,0	3,3	9,9	11,9	14,3	14,6	11,2	5,7	-1,6	-3,5	5,6
2000	-6,5	-2,4	6,0	3,2	10,1	12,2	12,9	13,4	9,9	5,9	4,0	1,2	5,8
2001	3,0	-2,2	4,2	3,5	6,9	10,4	13,1	10,3	6,8	9,0	-2,0	-5,1	4,8
2002	-2,9	-1,5	2,5	3,4	2,3	6,8	8,7	7,3	4,0	1,3	1,8	9,0	4,8
2003	-2,5	-2,6	1,9	4,5	8,0	13,9	14,7	14,8	11,2	6,7	2,9	-1,0	6,0
2004	-2,6	-2,5	-2,0	3,6	7,5	12,9	14,0	12,9	12,1	7,9	-7,0	-2,4	4,5
2005	-5,7	-5,2	-1,50	4,5	8,8	13,5	14,3	12,8	9,1	7,7	8,0	-5,4	5,1
2006	-2,4	-3,1	1,5	4,4	9,1	11,7	15,4	10,9	11,5	9,4	4,6	-2,8	5,9
2007	-3,0	-5,0	6,0	5,6	7,9	10,6	12,7	12,0	8,1	4,9	-2,9	-5,3	4,3
2008	-2,7	-1,3	1,0	2,6	8,2	10,1	12,5	12,7	8,3	5,0	-1,9	-3,8	4,2
2009	-4,4	-2,3	-3,0	2,8	8,0	11,2	13,2	13,7	9,6	4,8	2,0	-2,8	4,4
2010	-3,1	-3,4	6,0	2,9	6,1	10,4	14,0	11,8	7,8	4,4	-1,5	-3,0	4,4
2011	-1,2	3,0	2,8	8,0	10,3	10,5	13,8	13,6	10,0	4,7	2,0	-2,0	6,3
MEDIA	-2,4	-2,1	2,2	3,7	8,2	11,4	13,8	13,3	9,9	6,3	1,5	-2,7	5,3

Tabla 3: Temperatura media mensual

AÑO	EN	FEB	MAR	AB	MY	JN	JL	AG	SEPT	OCT	NOV	DIC	AÑO MEDIO
1990	3,9	9,4	9,8	10,2	16,2	19,6	23,3	22,7	19,7	13,5	7,7	2,1	13,2
1991	3,4	3,9	9,8	9,6	16,0	19,4	23,6	24,7	19,6	11,4	6,7	4,4	12,7
1992	1,5	4,7	8,4	11,8	16,5	15,7	22,2	22,7	17,9	11,7	9,0	5,3	12,3
1993	2,6	5,3	8,2	10,9	14,6	19,6	21,4	22,2	16,2	10,4	6,9	4,5	11,9
1994	3,6	6,1	10,2	10,3	16,3	21,0	31,0	21,0	14,3	10,0	8,5	3,0	12,9
1995	4,7	7,0	8,2	11,8	15,7	19,5	22,0	22,2	16,0	11,0	7,2	3,2	12,4
1996	3,1	5,6	8,1	11,6	15,8	19,3	21,0	22,0	15,8	11,6	8,9	3,4	12,2
1997	4,0	6,6	10,2	12,4	15,6	18,3	20,3	21,8	19,1	14,6	8,1	4,6	13,0
1998	4,4	7,4	9,8	8,3	14,9	19,7	22,2	21,8	17,9	12,0	6,4	3,1	12,3
1999	3,9	4,7	8,4	10,2	15,4	19,4	22,5	22,2	18,4	12,8	5,8	3,5	12,3
2000	1,9	7,3	9,1	9,8	16,9	20,2	21,2	22,1	18,5	12,7	6,2	6,0	12,7
2001	5,3	5,5	10,5	11,2	14,9	19,9	21,2	21,0	16,3	16,0	6,5	1,5	12,5
2002	3,8	7,1	10,1	11,6	12,2	18,5	19,6	18,1	14,6	11,1	8,5	6,3	11,8
2003	4,0	4,0	10,0	16,0	16,0	22,8	23,0	24,6	18,3	12,7	9,0	4,7	13,8
2004	5,0	5,8	7,4	10,6	15,1	21,7	22,4	21,9	20,1	14,9	6,9	4,9	13,1
2005	2,3	3,2	7,6	12,0	17,2	22,5	23,7	22,0	18,2	14,9	7,6	1,4	12,7
2006	3,5	4,2	9,3	12,6	17,6	21,1	24,7	20,5	19,6	16,3	10,7	4,0	13,7
2007	4,2	7,0	8,1	12,9	16,0	18,9	21,8	18,3	14,6	10,6	3,4	2,5	11,5
2008	5,0	6,7	8,4	10,5	14,5	18,4	21,4	22,1	16,6	12,8	6,0	2,5	12,1
2009	2,7	5,3	8,5	10,3	17,1	20,1	22,7	23,3	18,2	14,3	8,1	3,5	12,8
2010	3,4	3,4	8,7	11,2	14,1	18,3	23,5	21,9	16,5	12,5	6,1	3,3	11,9
2011	3,3	6,3	8,5	14,7	17,1	19,8	22,1	22,9	18,2	11,5	7,0	3,9	12,9
MEDIA	3,6	5,8	9,0	11,4	15,7	19,7	22,6	21,9	17,5	12,7	7,3	3,7	12,6

Tabla 4: Temperatura máxima absoluta

ANO	EN	FEB	MAR	AB	MY	JN	JL	AG	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANO MEDIO
1990	14,4	23,3	26,0	23,5	28,5	32,5	36,0	35,5	31,3	25,0	20,5	14,2	25,9
1991	14,6	19,0	21,6	23,2	28,3	34,0	36,5	37,3	30,8	23,2	18,2	19,2	25,5
1992	13,1	16,3	25,0	27,6	30,6	28,4	35,5	34,6	30,0	23,8	20,0	13,3	24,9
1993	14,8	18,3	23,5	26,0	26,0	32,3	36,5	36,2	29,5	21,8	18,3	14,5	24,8
1994	17,5	20,4	23,7	26,8	31,5	37,5	39,0	37,2	31,8	23,5	20,0	15,8	27,1
1995	17,5	21,0	21,7	25,5	29,5	32,8	39,0	36,3	30,1	23,4	20,0	14,3	25,9
1996	17,0	20,1	23,1	26,0	26,0	32,0	35,2	36,0	31,0	23,5	21,0	18,5	25,8
1997	13,5	19,5	23,5	26,5	29,5	29,5	32,0	34,5	30,5	29,0	18,0	16,5	25,2
1998	15,5	19,0	22,0	25,5	26,0	32,5	35,0	36,0	33,5	25,0	22,0	15,0	25,6
1999	19,5	21,5	22,0	25,0	29,0	32,5	35,0	33,5	33,5	24,5	22,0	19,0	26,4
2000	16,5	21,8	24,5	23,5	31,0	33,5	34,5	35,5	33,0	24,0	18,0	13,5	25,8
2001	15,5	20,0	24,8	23,1	33,5	36,5	37,0	37,0	30,5	29,0	20,6	14,7	26,9
2002	15,5	24,5	27,0	29,5	30,5	36,5	35,5	35,5	28,8	24,6	24,6	16,5	27,4
2003	24,6	13,8	22,5	26,0	32,0	36,5	36,5	38,0	29,5	26,0	20,0	15,5	26,7
2004	18,5	18,5	22,5	24,0	28,5	38,5	37,5	36,0	32,5	30,5	20,2	17,5	27,1
2005	19,4	21,0	24,2	30,0	32,0	35,5	39,0	35,4	35,0	28,4	21,5	16,6	28,2
2006	15,6	16,1	25,0	26,2	33,6	33,5	37,5	35,0	35,5	28,9	20,7	18,5	27,2
2007	17,0	20,0	22,8	26,9	30,6	33,0	35,0	34,5	25,0	23,0	16,0	16,5	25,0
2008	19,0	19,1	23,4	26,9	29,0	33,4	35,1	36,0	31,4	26,0	20,0	13,0	26,0
2009	17,1	19,9	23,5	26,0	30,5	33,9	36,5	37,0	32,5	30,5	21,5	18,0	27,2
2010	15,0	16,0	19,8	26,6	29,6	32,5	37,9	39,0	32,4	27,0	22,7	13,5	26,0
2011	17,1	21,0	22,2	35,0	30,8	33,3	36,0	37,0	32,5	28,0	20,5	17,6	27,6
MEDIA	16,7	19,7	23,4	26,3	29,8	33,7	36,3	36,0	31,4	25,8	20,3	17,2	26,4

Tabla 5: Temperatura mínima absoluta

ANÓ	EN	FEB	MR	ABR	MY	JN	JL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	ANÓ MEDIO
1990	-6,7	-1,8	-6,5	-0,2	4,5	7,5	9,3	8,0	9,2	2,5	-5,0	-7,0	1,2
1991	-7,0	-9,5	-1,2	-3,7	3,5	5,0	10,0	11,1	6,0	-2,6	-5,1	-0,6	0,5
1992	-8,5	-6,5	-3,6	-1,0	4,4	4,0	8,5	8,3	5,3	-5,0	-2,5	-6,7	-0,3
1993	-0,7	-9,3	-6,5	-1,7	2,5	5,3	6,5	6,0	1,8	-3,0	-4,7	-5,0	-0,7
1994	-9,0	-4,7	-1,0	-1,5	2,5	6,0	10,7	12,0	3,0	2,5	3,0	-7,6	1,3
1995	-7,5	-6,0	-4,8	-1,3	-1,0	5,0	8,9	8,0	5,8	-1,0	1,0	-5,0	0,2
1996	-7,0	-8,2	-4,9	-1,1	2,0	5,0	7,9	11,6	5,2	1,2	3,0	-6,2	0,7
1997	-5,0	-4,5	-3,0	5,0	-5,0	7,0	7,0	6,5	6,5	1,0	-2,0	-6,0	0,6
1998	-6,5	-3,5	-3,5	-3,0	2,0	4,5	10,0	8,0	5,0	5,0	-8,0	-7,5	0,2
1999	-7,5	-10,0	-4,5	-2,5	5,5	8,0	10,5	11,0	6,0	1,5	-8,5	-8,5	0,1
2000	-9,5	-7,0	-4,0	-2,0	6,0	0,0	7,0	9,5	4,0	2,0	-4,0	-5,0	-0,3
2001	-4,5	-6,0	-4,5	-1,5	5,0	1,5	6,0	4,0	1,0	4,5	-5,0	-13,0	-1,0
2002	-7,5	-5,5	-3,4	-1,0	-2,0	-1,0	4,5	3,0	-4,5	-4,5	-4,5	-3,0	-2,5
2003	-8,5	-9,5	-2,5	-3,0	5,0	8,5	9,5	11,0	8,0	-1,0	-1,5	-4,0	1,0
2004	-5,5	-6,0	-6,5	-2,0	0,0	7,6	7,5	4,5	7,0	2,0	-4,5	-7,0	-0,2
2005	-9,5	-11,0	-11,0	-1,0	4,0	9,5	11,0	8,0	2,0	2,0	-5,5	9,5	0,7
2006	-6,5	-6,5	-6,5	-1,5	2,0	1,5	11,5	8,0	6,0	5,0	5,0	-7,0	0,9
2007	-9,0	-4,0	-4,5	1,5	2,5	4,5	6,2	7,5	-5,0	-10,0	-11,0	-10,0	-2,6
2008	-10,5	-5,5	-3,5	-3,5	3,5	4,6	7,5	8,7	4,5	-1,5	-9,0	-8,9	-1,1
2009	-9,0	-5,5	-4,5	-1,0	2,0	6,5	9,5	10,1	5,5	-2,5	-4,5	-11,0	-0,4
2010	-9,0	-9,5	-7,0	-3,0	0,0	4,0	5,0	6,5	2,5	-2,5	-8,9	-9,0	-2,6
2011	-8,5	-3,3	-2,7	4,3	6,6	5,0	4,5	8,0	2,0	-2,5	-7,0	-5,0	0,1
MEDIA	-7,4	-6,5	-4,6	-1,1	2,5	5,0	8,1	8,2	3,9	-0,3	-4,1	-6,1	-0,2

Tras los datos expuestos en las tablas anteriores obtenemos las siguientes conclusiones:

- ❖ Temperatura media mes más calido: **22,6°C**
- ❖ Temperatura media mes más frío: **3,6°C**
- ❖ **Julio** es el mes mas calido con una temperatura media máxima de **31°C**
- ❖ **Febrero** es el mes mas frío con una temperatura media mínima de **2,1°C**
- ❖ Temperatura media anual de las máximas es de **20,1°C**
- ❖ Temperatura media anual de las mínimas es de **5,3°C**
- ❖ Temperatura media **12,6°C**
- ❖ Temperatura máxima absoluta **36,3°C**
- ❖ Temperatura mínima absoluta **-7,4°C**

## 4. RÉGIMEN DE HELADAS

A partir de la serie climática de 22 años se establece la fecha de la primera y última helada para los años agronómicos correspondientes:

Tabla 6: Fechas de la primera y de la última helada para el período  
1990-2011

	1 <sup>a</sup> HELADA	ÚLTIMA HELADA
89-90	-	22 abril
90-91	4 noviembre	27 abril
91-92	25 octubre	12 abril
92-93	22 octubre	15 abril
93-94	25 octubre	14 abril
94-95	6 noviembre	27 abril
95-96	4 noviembre	25 abril
96-97	1 noviembre	13 marzo
97-98	13 noviembre	19 abril
98-99	5 noviembre	24 abril
99-00	4 noviembre	15 abril
00-01	4 noviembre	22 abril
01-02	2 noviembre	17 abril
02-03	24 octubre	11 abril
03-04	24 noviembre	5 mayo
04-05	12 noviembre	17 abril
05-06	6 noviembre	11 abril
06-07	1 diciembre	29 marzo
07-08	28 septiembre	16 abril
08-09	4 noviembre	27 abril
09-10	10 noviembre	5 abril
10-11	11 noviembre	7 marzo
11-12	4 noviembre	-

Tras los datos recogidos, el régimen de heladas quedaría definido de la siguiente forma:

### **Mayor Periodo de Heladas**

Entre la primera helada el 28 de septiembre, y la ultima el 5 de mayo, hay 228 días con riesgo de heladas, y 137 días libres de las mismas.

### **Menor Periodo de Heladas**

Comprendido entre el 1 de diciembre y el 7 de marzo, hay 97 días con riesgo de heladas, y 268 días libres de las mismas.

### **Periodo Medio de Heladas**

Entre el 14 de octubre para la primera helada, y el 6 de abril para la ultima, hay 175 días con riesgo de heladas, y 190 días libres de las mismas.

Por lo que las heladas serán un factor muy importante a determinar debido a su notable presencia a lo largo de todo un año.

## 5. NÚMERO DE HORAS-FRÍO

El método de Mota (1957) estudia la correlación entre las horas-frío y la temperatura media de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. Para el Valle del Ebro se utiliza la formula adaptada por Tabuenca (1964) , obteniendo:

$$y = 700,4 - 48,6 x$$

**y**: número mensual de horas bajo 7 °C,

**x**: temperatura media mensual en °C

Tabla 7: Estimación del número de horas-frío

	x	y
Noviembre	7,3	345,22
Diciembre	3,7	520,18
Enero	3,6	525,04
Febrero	5,8	418,52

El número total de horas-frío es la suma del número mensual de horas bajo 7 °C, es decir,  $\sum y = 1807,96$  horas frío.

## 6. PLUVIOMETRIA

En las tablas siguientes se estudia el régimen pluviométrico de la serie estudiada desde 1990 a 2011. Datos que nos servirán para conocer la precipitación mensual, días de lluvia mensuales y la distribución anual de las mismas.

Tabla 8: Precipitación mensual

AÑO	EN	FEB	MR	ABR	MY	JN	JL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1990	25,9	91,0	19,0	67,6	85,2	112,2	11,9	45,0	80,8	132,7	76,1	23,8	771,2
1991	12,3	45,6	106,9	31,9	48,0	25,6	11,7	50,8	133,2	51,1	89,1	25,0	618,9
1992	24,1	25,9	30,2	28,9	147,2	144,7	34,9	82,8	150,0	135,1	70,0	69,8	943,6
1993	0,3	14,0	41,4	32,3	76,8	90,2	26,0	90,3	180,2	138,3	36,0	13,9	739,7
1994	73,1	52,6	4,6	23,3	115,2	10,8	11,6	20,8	105,8	137,2	105,9	31,4	692,3
1995	18,3	6,6	15,8	16,6	23,8	38,1	28,0	74,5	137,2	105,2	90,5	26,0	580,6
1996	15,0	8,0	22,1	23,0	79,0	89,6	36,2	68,3	110,5	60,9	115,1	139,5	767,2
1997	151,5	83,0	25,6	80,5	125,1	56,5	81,1	79,0	26,3	58,0	161,4	193,6	1121,6
1998	28,5	14,4	14,7	125,7	92,3	19,1	14,2	52,5	70,1	33,9	11,2	38,0	514,6
1999	53,0	32,0	73,8	66,2	152,2	118,8	71,1	90,2	169,8	112,9	59,8	72,0	1071,8
2000	0,5	13,8	31,4	152,3	141,3	90,5	16,7	22,6	66,7	58,7	142,9	110,9	848,3
2001	103,2	10,2	119,7	93,3	69,5	43,3	134,5	21,2	94,0	85,9	30,0	9,6	814,4
2002	19,1	24,4	53,5	86,8	59,2	72,0	66,6	70,0	154,0	136,5	103,2	68,6	913,9
2003	58,0	71,6	68,7	30,9	106,6	42,2	105,8	46,3	152,2	236,9	147,7	59,5	1126,4
2004	10,8	31,1	94,6	66,2	54,2	45,0	59,8	100,5	113,8	115,2	9,4	20,6	721,2
2005	0,0	17,0	24,9	45,5	60,5	85,6	22,3	32,6	63,1	220,8	31,4	30,6	634,3
2006	63,6	28,1	57,0	27,4	47,6	51,3	45,6	39,9	233,0	91,5	64,1	26,5	775,6
2007	22,0	35,7	64,7	173,8	65,5	51,6	44,0	48,9	12,8	19,4	48,3	46,0	632,7
2008	69,3	33,0	28,8	214,9	217,3	49,6	75,9	13,2	85,6	134,7	29,6	25,9	977,8
2009	65,4	49,5	39,7	160,4	59,9	87,1	57,9	41,3	104,0	79,9	51,1	147,7	943,9
2010	56,2	96,2	41,0	69,9	125,2	64,9	23,8	95,0	44,8	95,3	46,8	96,8	855,9
2011	57,2	17,8	80,0	42,8	69,4	68,5	40,2	75,2	85,2	115,2	49,5	85,3	786,3
MEDIA	43,6	36,4	48,1	75,5	91,9	66,2	46,4	57,3	107,9	107,1	71,3	61,9	813,4

Tabla 9: Días de lluvia mensuales

AÑO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1990	7	6	3	12	16	12	5	11	8	18	7	3	108,0
1991	7	7	15	7	5	7	8	7	15	9	6	7	100,0
1992	4	4	6	6	15	13	8	8	7	16	6	10	103,0
1993	1	4	12	12	19	10	4	8	9	18	7	3	107,0
1994	6	7	3	8	14	5	4	4	13	12	10	8	94,0
1995	5	8	1	6	9	10	7	7	10	15	7	6	91,0
1996	6	7	6	7	5	5	4	7	7	11	6	5	76,0
1997	12	3	0	4	14	6	9	7	6	21	21	11	114,0
1998	0	1	5	14	18	7	3	7	3	4	14	9	85,0
1999	10	4	4	16	14	4	2	7	9	5	4	2	81,0
2000	0	0	7	16	11	7	4	3	7	9	13	11	88,0
2001	17	5	16	7	13	4	10	8	7	12	4	2	105,0
2002	8	6	7	8	12	7	4	15	9	10	12	14	112,0
2003	7	7	7	10	9	3	2	8	12	9	8	7	89,0
2004	7	4	7	14	14	1	8	12	7	14	1	3	92,0
2005	3	0	2	4	8	8	9	1	6	7	16	9	73,0
2006	9	3	7	9	10	9	7	3	12	12	8	4	93,0
2007	3	8	7	19	8	13	10	2	7	4	4	3	88,0
2008	7	7	5	11	21	9	5	5	12	5	4	4	95,0
2009	7	9	7	16	13	11	6	8	9	6	6	13	111,0
2010	7	10	9	10	9	3	3	10	9	6	6	7	89,0
MEDIA	6,3	5,2	6,5	10,3	12,2	7,3	5,8	7,0	8,8	10,6	8,1	6,7	95,0

Tabla 10: Distribución anual de las precipitaciones

ESTACIÓN	MES	PRECIPITACION MEDIA (mm)	DÍAS DE LLUVIA	% PRECIPITACIÓN ESTACIÓN
INVIERNO	DICIEMBRE	61,9	6,7	21,49
	ENERO	43,6	6,3	
	FEBRERO	36,4	5,2	
PRIMAVERA	MARZO	48,1	6,5	26,48
	ABRIL	75,5	10,3	
	MAYO	91,9	12,2	
VERANO	JUNIO	66,2	7,3	20,88
	JULIO	46,4	3,8	
	AGOSTO	57,3	7	
OTOÑO	SEPTIEMBRE	107,9	8,8	35,15
	OCTUBRE	107,1	10,6	
	NOVIEMBRE	71,3	8,1	

De los resultados obtenidos podemos deducir que es en otoño cuando mayor es la precipitación, siendo el mes de septiembre el mes más lluvioso. Por otro lado, es en verano cuando menos llueve, pero es febrero el mes con menos precipitaciones, motivo que hace necesario un sistema de riego para garantizar la producción del cultivo.

Las consecuencias que podría tener el régimen de precipitaciones de la serie de años estudiada en el presente proyecto serían las siguientes

1. La escasa pluviometría estival podría hacer necesario el riego para asegurar el desarrollo de los frutos.
2. Uno de los meses más lluviosos del año es mayo, lo que podría condicionar la floración de las especies que se desean cultivar si esta se produce durante este mes.
3. La recolección no se vería muy afectada por el número de días de lluvia, ya que durante el verano llueve menos y durante un menor número de días.

## 7. HUMEDAD RELATIVA

Gracias a los datos facilitados por Aemet conocemos la humedad relativa, ya que a pesar de no tener una seria tan extensa como en el caso de la temperatura y la pluviometría, los datos facilitados por la estación meteorológica de Ainsa son suficientes para realizar el cálculo de la evapotranspiración de referencia, ETo, ya que se considera que la humedad relativa no varía a lo largo del tiempo.

Tabla 11: Media mensual para un año medio de la humedad relativa mínima diaria ( $HR_n$ )

AÑO	2009	2010	2011	MEDIA
EN	79	76	79	78
FEB	69	70	64	68
MAR	67	63	69	66
ABR	63	63	62	63
MY	62	58	63	61
JN	58	60	60	59
JL	49	51	50	50
AG	52	48	49	50
SEP	62	65	64	64
OCT	64	71	72	69
NOV	75	76	74	75
DIC	84	74	80	79

## 8. VIENTO

La velocidad diurna diaria del viento a 2m de altura sobre el nivel del suelo se recoge en la siguiente tabla (Tabla 12:  $U_{dia}$ , m/s):

	EN	FEB	MAR	ABR	MY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC
$U_{dia}$ (m/s)	2,0	2,2	2,4	2,6	2,3	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0

## 9. NIEVE

Otro de los factores climáticos a tener en cuenta es el de la nieve. Aunque tampoco es una zona extremadamente condicionada por este factor, y a pesar de no disponer de un seria muy extensa ni muy desarrollada, tenemos el numero de días mensuales de nieve en una serie climática del 2000 al 2010, de la que podemos deducir que la primera nevada en invierno puede darse en noviembre, y la ultima en abril.

Tabla 13: Número de días mensuales de nieve

AÑO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	NOV	DIC
2000	2	0	0	0	0	0	1
2001	1	2	1	0	0	0	1
2002	0	0	0	0	0	0	0
2003	4	4	0	1	0	0	0
2004	0	5	1	0	0	0	0
2005	0	3	0	0	0	0	1
2006	3	1	0	0	0	0	0
2007	1	0	2	0	0	0	2
2008	2	0	3	0	0	2	5
2009	4	0	2	0	0	1	2
2010	3	2	0	0	0	2	2
2011	0	0	0	0	0	0	1

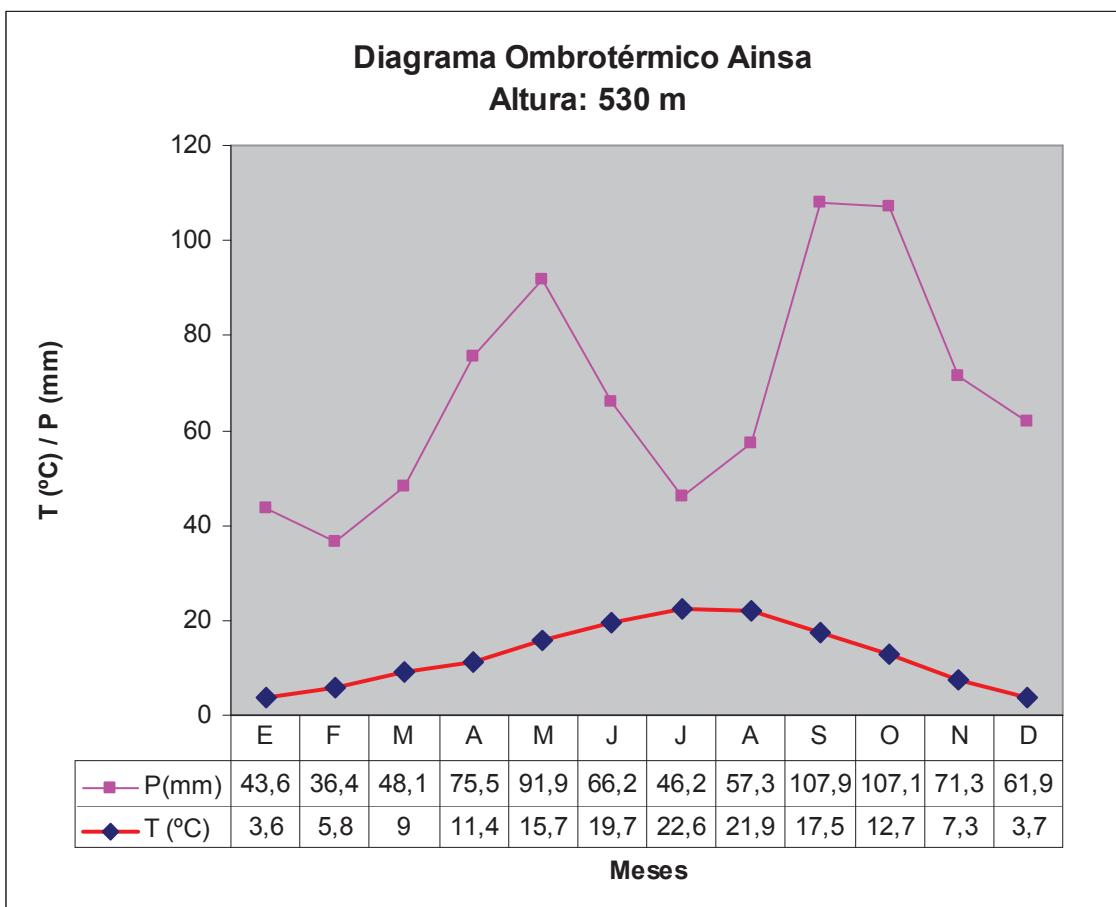
## 10. CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA

Para la planificación de los calendarios agrícolas, así como para la determinación de los tipos de cultivos que se pueden dar en las diferentes zonas de influencia de cada una de las estaciones meteorológicas, se hará el correspondiente diagrama ombrotérmico de la zona del presente proyecto.

Para su estructuración se han tomado como base el promedio de uso en el que se representan las temperaturas y las medias mensuales de temperatura y pluviometría, en °C y en mm, respectivamente.

Si la curva pluviométrica va siempre por encima de la térmica, no hay ningún período seco y el clima se define como axérico. En cambio si las dos curvas se cortan, se puede definir como monoxérico y bixérico, según haya uno o dos períodos secos.

Figura 11: Diagrama ombrotérmico de Ainsa para el período 1990-2011.



A la vista del diagrama ombrotérmico, se observa la ausencia de periodos secos, por lo tanto el **clima** se define como **axérico**.

A continuación se establece el piso bioclimático al que pertenece la zona, mediante el cálculo del Índice de Termicidad ( $I_t$ ) y la determinación del Ombrotipo. (Rivas Martínez, 1995)

$$I_t = (T + M + m) \cdot 10$$

donde,

$I_t$  es el Índice de termicidad

T es la temperatura media anual

M es la media de las máximas del mes más frío

m es la media de las mínimas del mes más frío

En este caso:

$$T = 12,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El mes más frío es enero con  $M = 9,9 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $m = -2,7 \text{ } ^\circ\text{C}$

Sustituyendo queda un valor de  $I_t$ :

$$I_t = [12,6 + 9,9 + (-2,7)] \cdot 10 = 198$$

Los horizontes térmicos de la Región eurosiberiana definidos por el Índice de Termicidad vienen resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 14: Horizontes de la Región eurosiberiana en función del índice de Termicidad (Rivas Martínez, 1995)

HORIZONTE	$I_t$
Alpino superior (subnival)	-111 a -170
Alpino inferior	-51 a -110
Subalpino superior	-1 a -50
Subalpino inferior	49 a 0
Montano superior (altimontano)	114 a 50

Montano inferior (mesomontano)	179 a 115
Colino superior (submontano)	244 a 180
Colino inferior (eucolino)	309 a 245
Termocolino	370 a 310

El valor obtenido de  $I_t$  corresponde al horizonte colino superior (submontano) de la región eurosiberiana.

El ombrotipo viene definido por la precipitación media anual.

En la región eurosiberiana se definen los siguientes ombrotipos:

Tabla 15: Ombrotipos de la Región eurosiberiana (Rivas Martínez, 1995)

OMBROTIPO	P
Ultrahiperhúmedo	$P > 2100$ mm
Hiperhúmedo superior	1750 a 2100 mm
Hiperhúmedo inferior	1400 a 1750 mm
Húmedo superior	1150 a 1400 mm
Húmedo inferior	900 a 1150 mm
Subhúmedo superior	700 a 900 mm
Subhúmedo inferior	500 a 700 mm

La precipitación media anual es de 813.4 mm, lo que corresponde a un ombrotipo subhúmedo superior.

En conclusión, la parcela en estudio se sitúa en la región eurosiberiana, en el horizonte colino superior (submontano) bajo un ombrotipo subhúmedo superior, sin sequía estival.

## 11. REQUERIMIENTO CLIMÁTICO DE EL FRAMBUESO

El frambueso es bastante resistente a las bajas temperaturas invernales y a los fuertes calores estivales. Las condiciones climáticas óptimas para su cultivo son las de inviernos con bajas temperaturas constantes, pero no excesivas, y veranos relativamente frescos, caracterizados por una cierta oscilación térmica entre el día y la noche. En zonas con veranos cálidos, la planta puede crecer fácilmente pero sus frutos son de baja calidad, poco sabrosos y de consistencia blanda..

El frambueso necesita entre 700 y 900 mm anuales de lluvia. Si durante el invierno las precipitaciones son muy abundantes pueden provocar daños en el árbol cuando se produzcan encharcamientos. Cuando las lluvias se concentran durante la madurez, éstos se ponen demasiado blandos, se deterioran rápidamente y se pueden enmohecer.

Descensos fuertes de temperatura pueden dañar las partes apicales de los rebrotes más vigorosos, todavía no lignificados. A partir de su entrada en vegetación los efectos de una helada tardía pueden causarle gravísimos daños, perdiéndose gran parte de la floración precoz, que puede repercutir también en la floración tardía. Durante el período floral, el frambueso es muy sensible a las bajas temperaturas primaverales, soportando el botón cerrado los  $-1,3^{\circ}\text{ C}$ , la flor abierta  $-0,7^{\circ}\text{ C}$  y el fruto recién formado los  $-0,7^{\circ}\text{ C}$ .

El azote constante del viento puede dañar seriamente los retoños como los tallos fructíferos y una excesiva deshidratación de los tejidos herbáceos con la consiguiente marchitez. Vientos fuertes provocan la caída de frutos maduros o la rotura de los brotes fructíferos en el punto de inserción con el tallo. Los rebrotes pueden doblarse, rozarse y provocar daños o heridas en la corteza.

## 12. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

### 12.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

El cálculo de la evapotranspiración es fundamental para todos los cultivos, dado que la producción vegetal está directamente asociada a la disponibilidad del agua y su consumo por las plantas.

Para el cálculo de la evapotranspiración de referencia a partir de datos termopluvímetricos usaremos la fórmula del método Blaney-Criddle modificado por FAO.

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

donde,

$ET_0$  es la media mensual de la evapotranspiración de referencia (herba), mm/día

p es el porcentaje diario de horas diurnas anuales

a, b son coeficientes de calibración climática local

$T_m$  es la media mensual de la temperatura media del aire, en ° C.

El resultado final se obtiene a partir de los datos disponibles para la zona del proyecto tal como queda reflejado en la siguientes tabla:

Tabla 16: Cálculo de la  $ET_o$  (mm/dia)

MES	Tmedia	p	HR <sub>min</sub>	n/N	U <sub>dia</sub>	a	b	Et <sub>o</sub> (mm/dia)	Et <sub>o</sub> (mm)
EN	3,6	0,21	55,00	0,45	2,00	-1,60	0,99	1,25	38,75
FEB	5,8	0,24	51,00	0,46	2,10	-1,60	1,04	1,45	40,60
MAR	9,0	0,27	40,00	0,52	2,20	-1,67	1,18	1,62	50,22
ABR	11,4	0,30	41,00	0,51	2,40	-1,74	1,17	2,28	68,40
MY	15,7	0,33	41,00	0,53	2,30	-1,76	1,18	2,93	90,83
JUN	19,7	0,34	43,00	0,65	2,10	-1,88	1,26	3,40	102,00
JUL	22,6	0,33	35,00	0,70	2,10	-1,96	1,37	3,60	111,60
AG	21,9	0,31	32,00	0,71	2,10	-1,98	1,41	3,21	99,51
SEP	17,5	0,28	45,00	0,62	2,00	-1,84	1,21	2,85	85,50
OCT	12,7	0,25	49,00	0,52	2,00	-1,72	1,10	2,16	66,96
NOV	7,3	0,22	53,00	0,51	2,00	-1,69	1,05	1,61	48,30
DIC	3,7	0,20	55,00	0,45	2,00	-1,62	0,99	1,23	38,13
								ANUAL	840,80

La Evapotranspiración de referencia anual es  $ET_o$  anual = 840,80mm.

## 12.2. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO

La evapotranspiración de cultivo  $ET_c$ , determina la cantidad de agua que un cultivo puede evaporar cuando se encuentra en buenas condiciones de alimentación hídrica y con el suelo próximo a capacidad de campo.

Se calcula como:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

$ET_o$  es la evapotranspiración de referencia calculada por el método de Blaney-Criddle modificado por FAO.

$K_c$  es el coeficiente de cultivo, parámetro característico de cada cultivo que expresa la variación de capacidad de extracción de agua del suelo que presenta ese cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo con respecto al cultivo de referencia (pradera de hierba).

El cálculo de la  $ET_c$  se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 17: Cálculo de  $ET_c$

MES	Kc	$ET_o$ (mm/dia)	$ET_c$ (mm/dia)	$ET_c$ (mm)
ABRIL	0,90	2,28	2,05	61,50
MAYO	1,00	2,93	2,93	90,83
JUNIO	1,10	3,40	3,74	112,20
JULIO	1,10	3,60	3,96	122,76
AGOSTO	1,10	3,21	3,53	109,43
SEPTIEMBRE	1,05	2,85	2,99	89,70
OCTUBRE	0,85	2,16	1,84	57,04
			<b>TOTAL</b>	<b>643,46</b>

Se obtiene un valor máximo mensual en el mes de julio de 122,76 mm. y un valor total durante el periodo vegetativo de  $ET_c = 643,46$  mm.

## 13. BALANCE HÍDRICO

Es necesario conocer las necesidades hídricas que va a tener el frambueso para determinar la cantidad de agua a añadir mediante el riego. Para ello necesitaremos conocer la precipitación efectiva y ponerlo en común junto con la evapotranspiración de cultivo.

### 13.1. PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La precipitación efectiva se calcula en función de la precipitación caída durante el mes (P), siguiendo la metodología propuesta por Fuentes Yagüe (2003)

Cuando P es superior a 75 mm, la precipitación efectiva se calcula mediante la fórmula:

$$PE = 0,8 \cdot P - 25$$

Cuando P es inferior a 75 mm. se aplica la fórmula:

$$PE = 0,6 \cdot P - 10$$

El cálculo de la precipitación efectiva se refleja en la tabla 18

Tabla 18: Cálculo de la precipitación efectiva (PE)

MES	P (mm)	PE (mm)
ENERO	43,6	20,16
FEBRERO	36,4	15,84
MARZO	48,1	22,86
ABRIL	75,5	40,4
MAYO	91,9	53,52
JUNIO	66,2	33,72
JULIO	46,4	21,84
AGOSTO	57,3	28,38
SEPTIEMBRE	107,9	66,32
OCTUBRE	107,1	65,68
NOVIEMBRE	71,3	36,78
DICIEMBRE	61,9	31,14
<b>AÑO</b>	<b>813,6</b>	<b>436,64</b>

### 13.2. BALANCE HÍDRICO

Una vez conocida la precipitación efectiva el balance hídrico queda determinado por la siguiente tabla:

Tabla 19: Balance hídrico

MES	PE	ET <sub>c</sub>	PE - ET <sub>c</sub>
ENERO	20,16	0	-
FEBRERO	15,84	0	-
MARZO	22,86	0	-
ABRIL	40,4	61,50	-21,10
MAYO	53,52	90,83	-37,31

Proyecto de una plantación de frambuesos en Boltaña (Huesca)  
Anejo Nº IV Estudio Climático

JUNIO	33,72	112,20	-78,40
JULIO	21,84	122,76	-100,92
AGOSTO	28,38	109,43	-81,04
SEPTIEMBRE	66,32	89,70	-23,38
OCTUBRE	65,68	57,04	-
NOVIEMBRE	36,78	0	-
DICIEMBRE	31,14	0	-
<b>AÑO</b>	<b>436,64</b>	<b>643,46</b>	<b>342,15</b>

Por lo que el déficit de agua a cubrir desde abril a septiembre será de **342,15 mm.**



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO V: ANÁLISIS EDAFOLÓGICO**

## ÍNDICE ANEJO V

### ANÁLISIS EDAFOLOGICO

1. ANALISIS DEL SUELO.....	1
1.1. ANALISIS DE LA MUESTRA .....	1
1.2. TEXTURA .....	2
1.3. pH.....	3
1.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA .....	3
1.5. MATERIA ORGÁNICA .....	4
1.6. CARBONATOS .....	4
1.7 FÓSFORO ASIMILABLE.....	5
1.8 POTASIO DE CAMBIO .....	5
1.9 CALIZA ACTIVA.....	6
2. CONCLUSIÓN.....	6

## ANÁLISIS EDAFOLOGICO

### 1. ANALISIS DEL SUELO

La fertilidad de un campo y, por ende, los requerimientos de fertilizante son estimados a través del muestreo de suelos y su posterior análisis químico, proceso reconocido como análisis de suelo. El análisis del suelo es una práctica esencial de cualquier programa de manejo adecuado .

Para el análisis de suelo se tomaron ocho muestras de la parcela en estudio a una profundidad de 50cm.

#### 1.1. ANALISIS DE LA MUESTRA

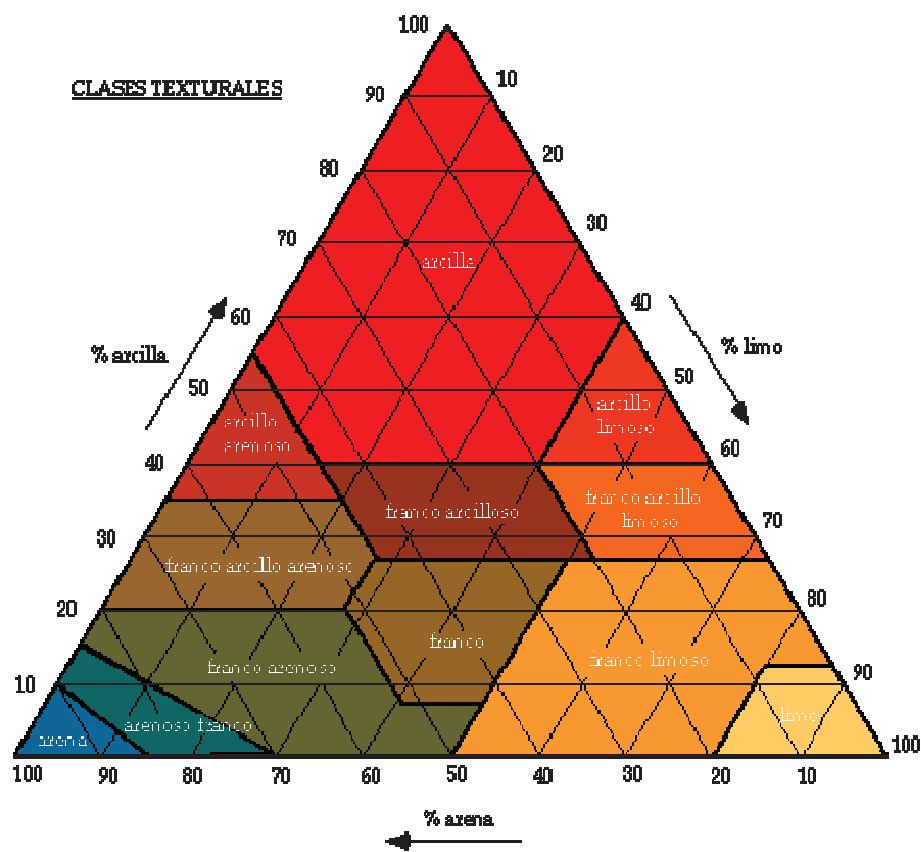
Parámetro	Resultado
Ph	8,10
Conductividad a 25º	0,20 Ds/m
Nitrógeno total	0,25%
Materia Orgánica	4,10%
Fósforo asimilable	50,1 MG/Kg
Potasio de cambio	1,0 meq/100 g
Carbonatos totales	13,5%
Caliza activa	2,12%
Textura	Arena 23,58% Limo 49,63% Arcilla 26,79%

Tabla 1: Resultados análisis de suelo

## 1.2. TEXTURA

Con los resultados obtenidos se entra en el diagrama textural propuesto por el USDA y se obtiene un suelo **franco - limoso**.

Figura 1. Diagrama textural USDA



### 1.3. pH

pH	Clasificación
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Moderadamente básico
8,5 – 9,0	Ligeramente alcalino
9,1 – 10,0	Alcalino
> 10,0	Fuertemente alcalino

Tabla 2: Clasificación del suelo según el Ph. Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), Fitotecnia General

A raíz de la clasificación nuestro suelo es **moderadamente básico**.

### 1.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

CE (mmhos/cm)	Influencia sobre los cultivos
< 0,35 Inapreciable	(todos los cultivos la soportan)
0,35 –0,65 Ligera	(afecta a cultivos muy sensibles)
0,65 –1,15	Media (tomar precauciones con cultivos sensibles)
> 1,15 Intensa	(sólo deben cultivarse especies resistentes)

Tabla 3: Influencia de la conductividad eléctrica del suelo en los cultivos

Con los datos obtenidos la conductividad eléctrica es **inapreciable**.

## 1.5. MATERIA ORGÁNICA

Para su clasificación se ha seguido el método de Walkley –Black (1934).

Materia orgánica (%)	Nivel
< 0,9	Muy bajo
1,0 – 1,9	Bajo
2,0 – 2,5	Normal
2,6 – 3,5	Alto
> 3,6	Muy alto

Tabla 4: Niveles de materia orgánica en el suelo. Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), Fitotecnia General

El suelo tiene un **nivel muy alto** de materia orgánica.

## 1.6. CARBONATOS

Carbonatos (%)	Nivel
0 - 5	Muy bajo
5 - 10	Bajo
10 - 20	Normal
20 – 40	Alto
> 40	Muy alto

Tabla 5: Niveles de carbonatos en el suelo. Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), Fitotecnia General

El nivel de carbonatos en **normal**.

## 1.7 FÓSFORO ASIMILABLE

MG/Kg. de fósforo asimilable	Nivel
0 - 6	Muy bajo
6 - 12	Bajo
12 - 18	Normal
18 - 30	Alto
> 30	Muy alto

Tabla 6: Niveles de fósforo asimilable. Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), Fitotecnia General

Según el método Olsen, el suelo tiene un nivel **muy alto de fósforo asimilable**.

## 1.8 POTASIO DE CAMBIO

Potasio de cambio (meq/100 g)	Nivel
0,00 – 0,30	Muy bajo
0,30 – 0,60	Bajo
0,60 – 0,90	Normal
0,90 – 1,50	Alto
1,50 – 2,40	Muy alto

Tabla 7: Niveles de potasio de cambio. Fuente: Rioja Molina, A. (2.002), Fitotecnia General

El suelo tiene **contenido de potasio alto**.

## 1.9 CALIZA ACTIVA

Caliza activa (%)	Nivel
<6	Bajo
6-9	Medio
>9	Alto

Tabla 8: Niveles de caliza activa en el suelo. Fuente: Marín García. M. L.

El suelo tiene **un porcentaje de caliza activa bajo**.

## 2. CONCLUSIÓN

El suelo del presente cultivo es apto para el frambueso debido a los buenos resultados obtenidos del análisis del suelo, no obstante el cultivo necesita suelos con un pH ligeramente ácido, de 6 a 7. La corrección de suelos con pH elevado es más difícil que la de suelos ácidos. No obstante, la basicidad puede ser rebajada con enmiendas orgánicas, y sobre todo, con aportaciones de azufre que deberán repetirse cada 3-4 años. Las aportaciones de azufre vienen dadas en la tabla 1.

pH	EN TODA LA SUPERFICIE		LOCALIZADO EN BANDAS O SURCOS	
	ARENOSO	ARCILLOSO	ARENOSO	ARCILLOSO
7,5	400-600	900-1.000	200-300	300-500
8,0	1.000-1700	1.700-2.200	300-500	600-900
8,5	1.700-2.200	2.200-3.500	600-900	900-1.200
9,0	2.200-3.500	-	900-1.200	-

Tabla 1: Aportaciones de azufre\* (kg/ha) para rebajar el pH a 6,5-7.

(Fuentes Yagüe, 1999)

\*Estas cantidades se refieren a una capa arable de 15 cm. A 30 cm. correspondería una cantidad doble.

El suelo posee un pH de 8,10, siendo deseable un valor entre 6,5 - 7 que facilite el desarrollo sin ningún problema deL frambueso. El suelo de la parcela se puede considerar como arenoso a efectos de calcular la aportación de azufre necesaria. Con esta premisa y según la tabla anterior, se aplicará una enmienda ácida consistente en 1700 kg/ha de azufre para conseguir disminuir el pH en una capa arable de 15 cm de profundidad. La dosis de conservación que se deberá aplicar cada 3-4 años se considerará dentro del programa de fertilización de la plantación.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO VI: ANÁLISIS DEL AGUA**

## ÍNDICE ANEJO VI

### ANÁLISIS DEL AGUA

1. ANALISIS DEL AGUA DE RIEGO .....	1
2. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.....	2
2.1. CRITERIO DE SALINIDAD .....	3
2.1.1. CLASIFICACIÓN DE RICHARDS .....	3
2.1.2. CLASIFICACIÓN DEL COMITE DE CONSULTORES U.C.....	3
2.1.3. CLASIFICACIÓN DE LA FAO .....	3
2.1.4. INCONVENIENTES DE LAS CLASIFICACIONES.....	4
2.2. CRITERIO DE SODICIDAD .....	4
2.2.1. RAS .....	4
2.2.2. CARBONATO SÓDICO RESIDUAL.....	5
2.3. CRITERIO DE TOXICIDAD.....	6
2.4. OTRAS CLASIFICACIONES DEL AGUA DE RIEGO.....	7
2.4.1. DUREZA .....	7
2.4.2. COEFICIENTE ALCALIMÉTRICO (ÍNDICE DE SCOTT).....	8
2.4.3. NORMAS RIVERSIDE .....	10
2.4.4. NORMAS GREENE .....	11
2.4.5. NORMAS WILCOX .....	12
3. CONCLUSIÓN.....	13

## ANÁLISIS DEL AGUA

### 1. ANALISIS DEL AGUA DE RIEGO

El agua de riego utilizada para el presente cultivo proviene de la acequia de Margudgued, de donde se recoge agua del Río Ara. Los datos se han obtenido a través de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

A continuación se reflejan los resultados de este análisis:

Cationes	mg/l
Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )	49,3
Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ )	7,9
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	2,6
Potasio ( $\text{K}^+$ )	3,10
<b>TOTAL</b>	62,3
Aniones	mg/l
Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ )	159,3
Cloruro ( $\text{Cl}^-$ )	3,3
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	9,3
Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	4,5
<b>TOTAL</b>	219,8
<b>pH</b>	= 8,3
<b>Sólidos en suspensión</b>	= 1,9 mg/l
<b>Conductividad eléctrica a 25°C (CE)</b>	= 305 $\mu\text{S/cm}$

Tabla 1. Resultados del análisis de agua.

## 2. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

La calidad del agua de riego viene fundamentada en base a tres factores determinantes: **salinidad, sodicidad y toxicidad**.

La salinidad mide el nivel de sales en el suelo y su efecto osmótico con altas concentraciones, afectando directamente al rendimientos de los cultivos.

Mass & Hoffman (1977) encuentran que existe una relación lineal entre la salinidad del suelo y la disminución en la producción de los cultivos:

$$P = 100 - b (CEe - a)$$

Donde:

P = Producción del cultivo en % respecto al máximo.

CEe = Salinidad del suelo expresada como conductividad eléctrica del extracto de saturación y medida en dS/m.

a y b = Son dos parámetros cuyos valores son constantes para cada cultivo.

En el caso del frambueso obtenemos los siguientes resultados:

a	b	Valores de CEE (dS/cm) para P(%)				
		100	90	75	50	0
1	1,33	1,0	1,3	1,8	2,5	4,0

Por otro lado la sodicidad analiza el riesgo de que se introduzca en el suelo un elevado porcentaje de Sodio intercambiable (PSI), y la toxicidad los problemas que pueden crear determinados iones.

## 2.1. CRITERIO DE SALINIDAD

A partir de los índices que vamos a usar a continuación evaluaremos los posibles problemas que pueda originar le agua de riego usada para el presente proyecto.

### 2.1.1. CLASIFICACIÓN DE RICHARDS

En 1954, Richards, del U.S. Salinity Laboratory (Riverside, California) estableció una clasificación del agua de riego en función de su CE.

La conductividad eléctrica de nuestra agua de riego es de 0,305 dS/m por lo que para éste valor tenemos un índice de salinidad de 1 que corresponde a un **riesgo de salinidad bajo**.

### 2.1.2. CLASIFICACIÓN DEL COMITE DE CONSULTORES U.C.

En 1.972 el Comité de Consultores de la Universidad de California propuso otra clasificación debido al carácter excesivamente conservador de la clasificación anterior.

Para el agua de riego con una conductividad eléctrica de 0,305 dS/m le corresponde un índice de salinidad de 1 que sería un **riesgo de salinidad bajo**.

### 2.1.3. CLASIFICACIÓN DE LA FAO.

En 1.976, Ayers y Westcot establecieron la clasificación de la FAO, que en realidad es la misma que la del Comité de Consultores de la U.C. pero agrupando los niveles 2 y 3 en uno solo.

Para el agua de riego con una conductividad eléctrica de 0,305 dS/m le corresponde un índice de salinidad de 1 que sería un **riesgo de salinidad nulo**.

#### 2.1.4. INCONVENIENTES DE LAS CLASIFICACIONES

La clasificación del Comité de Consultores U.C. y la de la FAO se han hecho a partir de las siguientes hipótesis:

- La CE de la solución real del suelo es el doble de la del extracto de saturación y triple de la del agua.
- La fracción de lavado está comprendida entre el 15 y el 20 % del agua aplicada.

Y estas hipótesis no siempre se cumplen. Pero el principal defecto de estas clasificaciones basadas únicamente en la CE es que no tienen en cuenta la posibilidad de que las sales precipiten al concentrarse en el suelo.

#### 2.2. CRITERIO DE SODICIDAD

El criterio de sodicidad analiza el riesgo de que se induzca en el suelo un elevado porcentaje de sodio intercambiable (PSI), con deterioro de sus características y estructura. La acumulación de sodio en el suelo afecta directa y negativamente a las propiedades del mismo, especialmente a su permeabilidad e infiltración (Smith et al., 1985).

##### 2.2.1. RAS

La relación de absorción de sodio, RAS, pretende evaluar, a partir del sodio y restantes cationes contenidos en el agua de riego, el sodio que quedara adsorbido en el complejo de cambio y en equilibrio con el de la solución del suelo regado con ella.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

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

donde los cationes se expresan en meq/l

Cuando al analizar un agua se encuentran valores del RAS superiores a 10, se puede decir que es alcalinizante, siendo mayor este riesgo cuanto mayor sea aquel valor.

Sustituyendo los valores en la expresión, se obtiene:

$$RAS = \frac{0,11}{\sqrt{\frac{2,46 + 0,64}{2}}} = 0,063$$

Según este índice, es un **agua con muy escaso poder de alcalinización**.

## 2.2.2. CARBONATO SÓDICO RESIDUAL

Otro índice que habla la acción degradante del agua es el denominado carbonato sódico residual (C.S.R.), que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C.S.R. = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

donde los iones se expresan en meq/l.

Según el valor de C.S.R., las aguas son:

CSR (meq/L)	Agua de riego
< 1,25	Recomendables
1,25 – 2,50	Poco recomendables
> 2,50	No recomendables

Tabla 3. Clasificación de las aguas según el índice CSR

Sustituyendo los valores de las concentraciones de los iones se obtiene un valor de:

$$C.S.R. = (0 + 2,61) - (2,46 + 0,64)$$

$$C.S.R. = -0,49$$

Así pues, según este índice, **el agua es recomendable para el riego**.

### 2.3. CRITERIO DE TOXICIDAD

El criterio de toxicidad estudia los problemas que pueden crear determinados iones. A diferencia de la salinidad, que es un problema externo de la planta y que dificulta la absorción de agua, la toxicidad es un problema interno que se produce cuando determinados iones, absorbidos principalmente por las raíces, se acumulan en las hojas mediante la transpiración, llegando a alcanzar concentraciones nocivas. Los iones tóxicos más frecuentes y, por tanto, con los que más cuidado hemos de tener son el cloro, sodio y boro (Bauder et al., 2007).

Para evaluar el riesgo de que un agua de riego sea tóxica, seguimos la clasificación de la FAO (Ayers y Westcot, 1976).

	Inexistente	Problema creciente	Problema Grave
<b>Sodio</b>	<3	3-9	>9
<b>Cloro</b>	<4	4-10	>10
<b>Boro</b>	<0,7	0,7-2	>2

Tabla 4: Clasificación de toxicidad según FAO. Fuente: Cánovas, J. (1986),

En nuestro caso tenemos:

Sodio = 0,11 meq/l

Cloro = 0,09 meq/l

Boro = 0 meq/ l

Por lo que nuestra agua tiene un **riesgo de toxicidad inexistente**.

## 2.4. OTRAS CLASIFICACIONES DEL AGUA DE RIEGO

### 2.4.1. DUREZA

Otro índice que a veces se suele encontrar en los estudios de agua es el grado de dureza, que se refiere al contenido de calcio que hay en éstas.

El cálculo de la dureza del agua, expresada en grados franceses, se hace aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Grados hidrotimétricos franceses} = \frac{(Ca^{2+} \times 2,5) + (Mg^{2+} \times 4,12)}{10}$$

donde los cationes se expresan en mg/l.

Con esta expresión se llega a valores cuya interpretación se puede realizar con la siguiente escala:

<b>Tipo de agua</b>	<b>Grados hidrométricos franceses</b>
Muy blanda	< 7
Blanda	7-14
Semiblanda	14-22
Semidura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	> 54

Tabla 5: Tipos de agua según su dureza

Sustituyendo los valores se obtiene un valor:

$$\text{Grado de dureza} = \frac{(49,3 \times 2,5) + (7,9 \times 4,1)}{10} = 15,56^{\circ} \text{ Franceses}$$

Por lo tanto, **el agua se puede calificar como medianamente blanda.**

#### **2.4.2. COEFICIENTE ALCALIMÉTRICO (ÍNDICE DE SCOTT)**

El coeficiente alcalimétrico se define como la altura del agua, en pulgadas (1 pulgada = 2,54 cm.), que después de la evaporación dejaría en un terreno vegetal, de cuatro pies de espesor (1 pie = 0,3048 m.), álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más sensibles.

El cálculo del mismo se diferencia según los siguientes casos:

1º Caso: Hay en el agua más cloruro del que se necesitaría para, compensado con todos los iones sodio, producir la sal de cloruro sódico. Esto se expresa de la siguiente forma:

$$Na^+ - 0,65 \cdot Cl^- \leq 0, \text{ entonces, } k = \frac{2040}{Cl^-}$$

2º Caso:

$$\text{Si } 0 < (Na^+ - 0,65 \cdot Cl^-) < 0,48 \cdot SO_4^{2-}, \text{ entonces,}$$

$$k = \frac{6620}{(Na^+ + 2,6 \cdot Cl^-)}$$

3º Caso:

$$\text{Si } (Na^+ - 0,65 \cdot Cl^- - 0,48 \cdot SO_4^{2-}) > 0, \text{ entonces,}$$

$$k = \frac{662}{(Na^+ - 0,32 \cdot Cl^- - 0,43 \cdot SO_4^{2-})}$$

En los cálculos anteriores los distintos iones se expresan en mg/l.

En la siguiente tabla se indica la clasificación de la calidad del agua según el valor del coeficiente alcalimétrico:

Calidad de agua	Valor de <i>k</i>
Buena	Mayor de 18
Tolerable	18-6
Mediocre	6-1,2
Mala	Menor de 1,2

Tabla 6: Calidad del agua, según el Índice de Scott (*k*)

En este caso, se tiene que:

$$(Na^+ - 0,65 \cdot Cl^-) < 0,48 \cdot SO_4^{2-}$$

$$(2,60 - 0,65 \cdot 3,3) < 0,48 \cdot 9,3$$

$$0 < 0,45 < 4,46$$

El índice alcalimétrico se calculará mediante la expresión indicada para el segundo caso:

$$k = \frac{6620}{(2,60 + 2,6 \cdot 3,3)}$$
$$k = 592,13$$

Así pues, se trata de **un agua buena, utilizable para riego.**

#### 2.4.3. NORMAS RIVERSIDE

Tienen en cuenta la conductividad eléctrica y el S.A.R. Según estos dos índices, se establecen categorías o clases de aguas enunciadas según las letras C y S (primeras iniciales de cada uno de los índices escogidos) afectadas de un subíndice numérico cuyo valor aumenta concorde con el índice respectivo. Los subíndices toman valores comprendidos entre 1 y 4.

En la figura 1 se establecen las calificaciones correspondientes.

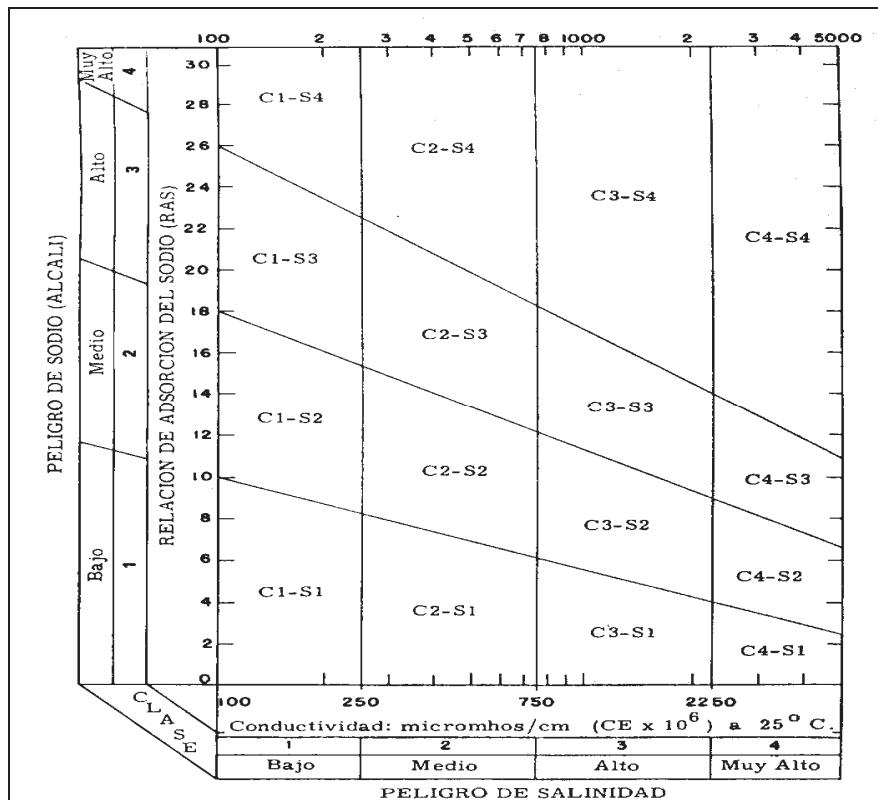


Figura 1: Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego (U.S. Soil Salinity Laboratory)

Entrando en la figura 1 con los valores,  $RAS = 0,063$  y  $CE_{25} = 305 \mu\text{mho/cm}$  se obtiene una clase de agua **C2-S1**, que indica **riesgo medio de salinización del suelo y bajo de alcalinización** (incorporación de sodio al complejo adsorbente del suelo).

Hay que decir que estas normas sobrevaloran la salinidad y asignan un riesgo de sodicidad creciente a medida que se incrementa la salinidad.

#### 2.4.4. NORMAS GREENE

La clasificación de Greene relaciona la concentración total de sales (meq/l) con el porcentaje de sodio, que se calcula respecto al contenido total de cationes meq/l.

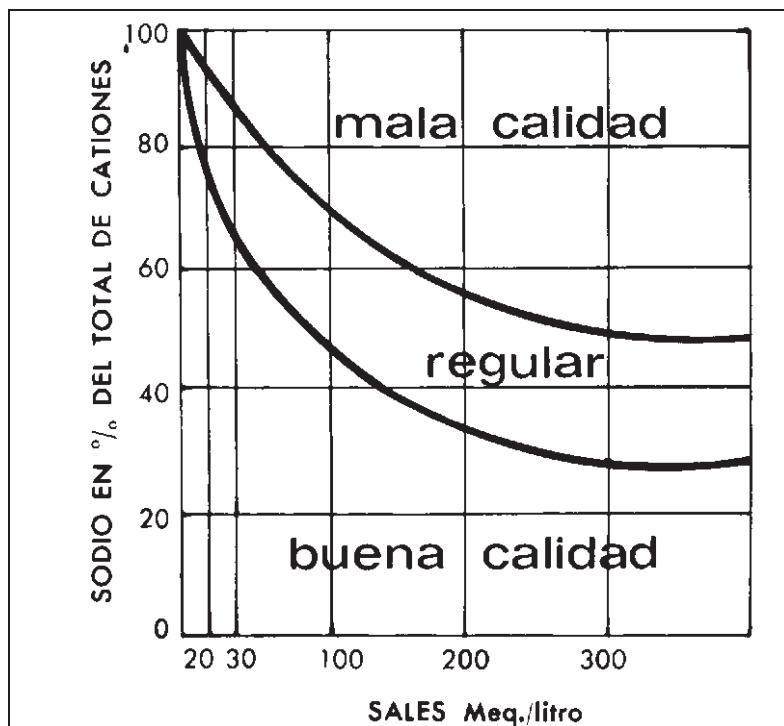


Figura 2: Normas Greene.

En el caso del agua estudiada se tiene:

$$\%Na = \frac{0,1}{3,304} \cdot 100 = 3,02\%$$

Concentración total (cationes+aniones) = 6,27 meq/l

Con estos valores se entra en la figura 2, obteniéndose como resultado un **agua de buena calidad para el riego**.

#### 2.4.5. NORMAS WILCOX

Considera como índices para la calificación de las aguas el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica.

Establece las calificaciones que se indican en el diagrama correspondiente de la figura 4.

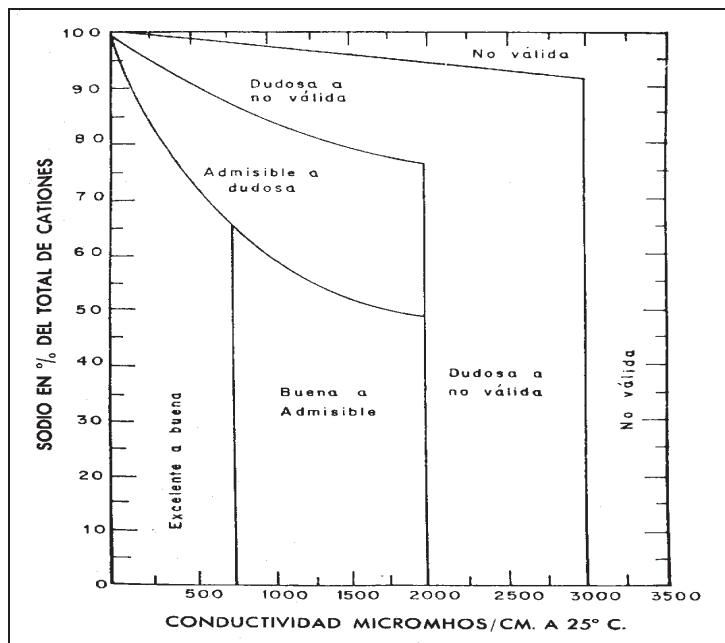


Figura 3: Normas de L. V. Wilcox. Diagrama para la interpretación del valor de un agua de riego. (Adaptado de “The Quality of Water for Irrigation USE”, USDA)

Sabiendo que:

$$\%Na = 3,02 \%$$

$$CE_{25} = 305 \mu\text{mho/cm}$$

Se obtiene un tipo de **agua de excelente a buena para el riego**.

### 3. CONCLUSIÓN

Tras los resultados obtenidos a través de las diferentes clasificaciones y eludíos realizados en este anexo, concluimos que el agua disponible para el presente proyecto es de muy buena calidad, por lo que no será un factor limitante para el cultivo del frambueso, ya que cumple con los mínimos requisitos de calidad.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO VII: PRODUCCIÓN Y MERCADO  
DEL FRAMBUESO**

## **ÍNDICE ANEJO VII**

### **PRODUCCIONES Y MERCADO**

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MERCADO MUNDIAL .....	1
3. MERCADO ESPAÑOL.....	3

## PRODUCCIÓN Y MERCADO DEL FRAMBUESO

### 1. INTRODUCCIÓN

La frambuesa es uno de los frutos de clima templado de mayor precio unitario en el mercado fresco y con alta demanda por parte de la agroindustria. La producción mundial de frambuesa fresca, que promedia las 412 mil toneladas, y el consumo mundial están concentrados en el hemisferio norte. Este panorama, favorece la venta de frambuesa en contraestación con un importante diferencial de precio para la fruta fresca exportada desde los países del hemisferio sur. El 90% de la producción mundial de frambuesa se congela con destino industrial, principalmente para la elaboración de jugos concentrados.

### 2. MERCADO MUNDIAL

- La producción mundial de frambuesa se sitúa en el orden de las 412 mil toneladas, concentrándose el 90% en los países del hemisferio norte.
- Durante el período 1999-2004, la producción mundial creció a una tasa promedio anual de 1,5%, sin embargo, el consumo mundial transita por una etapa de demanda insatisfecha, originando situaciones de precios elevados en algunos países desarrollados.
- Rusia lidera la producción mundial con el 30% del volumen total, seguido por Serbia y Montenegro (15%); ambos países consumen toda su producción. EE.UU. y Polonia también son importantes productores de frambuesa aportando cada uno el 10%.
- Chile con 35.000 toneladas es el principal productor del hemisferio sur.
- El 90 % de la frambuesa mundial se congela, para ser transformada por la industria principalmente en jugo concentrado.

- Los países productores del hemisferio norte presentan una depresión en la disponibilidad de fruta fresca desde diciembre hasta abril, época que coincide con la cosecha de frambuesa en el hemisferio sur.
- Los principales oferentes mundiales son EE.UU. y Polonia que exportan cada uno el 30% del total de frambuesa fresca. EE.UU. se perfila como el principal exportador, dado que viene creciendo a una tasa promedio anual de 40%. Para EE.UU., el volumen exportado de frambuesa fresca representa el 5% del total exportado de frutas finas (berries y cherries).
- México, que crece a una tasa similar a la de EE.UU., aporta el 15% a la oferta mundial, en tanto España exporta el 7% del producto fresco.
- Chile es el 5º exportador mundial de frambuesa fresca con el 5% del total.
- Brasil y Sudáfrica, son los países del hemisferio sur mejor posicionados luego de Chile, pero aportan menos del 0,5% cada uno.
- Las ventas mundiales de frambuesa congelada duplican en volumen al producto en fresco, pero el precio unitario es 25% menor, debido a que no se trata de un producto de contraestación como el fresco.
- El mercado de congelado es liderado por Polonia, que exporta el 30% del volumen total.
- Chile es el 2º exportador mundial frambuesa congelada, aportando el 23%, Bélgica exporta el 10% y Alemania el 5% del total.
- Nueva Zelanda es el país del hemisferio sur mejor posicionado luego de Chile, aportando el 1% de la oferta mundial de frambuesa congelada y exporta principalmente a los países asiáticos.
- Al igual que lo comentado para la producción, la demanda mundial de frambuesa está concentrada en el hemisferio norte y presenta tendencia creciente.
- EE.UU. consume el 20% de la oferta mundial de frambuesa fresca, Austria y Alemania, absorben cada uno el 15%, mientras que por Países Bajos ingresa el 10% del total.
- El consumo mundial de frambuesa congelada, es liderado por Alemania que consume casi el 30% del total.

### 3. MERCADO ESPAÑOL

El frambueso rojo o europeo procede del monte Ida, en Grecia, desde donde se extendió a Italia, Países Bajos, Inglaterra y posteriormente a América del Norte.

Las variedades que actualmente se encuentran en el mercado provienen del árbol silvestre de frutos color rojo (*Rubus idaeus*), que se encuentra en Europa y de las especies y variedades de color rojo y negro del norte de América; tales como: *Rubus strigosus* (framboesa silvestre), *Rubus Occidentales* (framboesa negra) y *Rubus neglectus* (framboesa púrpura).

Las frambuesas también se clasifican según la época del año en la que fructifican. La mayoría de las variedades son de verano, sin embargo, existen frambuesas de otoño y aunque el volumen de la cosecha es menor, amplían el período de recolección de estas frutas.

En España son zonas productoras Huelva, Asturias, Cáceres y la comarca del Maresme en Barcelona. El mercado español se nutre también de importaciones realizadas desde Chile y Centroamérica.

Las frambuesas, según la variedad, maduran de forma escalonada durante los meses de verano y entrado el otoño, por lo que las podemos degustar durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre

La oferta de estos frutos en España, procede de la producción nacional y de las importaciones. Se comercializan en fresco, congelados y/o transformados. La demanda de producto fresco está protagonizada por mayoristas, plataformas de grandes áreas comerciales, fruterías especializadas, restaurantes, pastelerías y heladerías.

La fruta congelada y/o transformada se dirige a la industria alimentaria, de destilación, e incluso de cosmética y farmacéutica.

Su utilización por la población más general y conocida, es en mermeladas y en los derivados lácteos.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO VIII: PLANTACIÓN**

## ÍNDICE ANEJO VIII

### PLANTACIÓN

1. ELECCIÓN DE LAS VARIEDADES.....	1
1.1. VARIEDADES .....	1
1.3. PRODUCCIÓN.....	8
2. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN .....	8
2.1. SISTEMA DE FORMACIÓN DEL FRAMBUESO .....	8
2.2. POLINIZACIÓN .....	9
2.3. RIEGO.....	9
2.4. MANTENIMIENTO DEL SUELO .....	10
2.5. RECOLECCIÓN .....	10
2.6. MECANIZACIÓN.....	11
2.7. ORIENTACIÓN DE LAS FILAS.....	11
2.8. PRODUCCIÓN.....	11
2.9. SUPERFICIE DEL CULTIVO .....	12
3. OPERACIONES ANTERIORES A LA PLANTACIÓN.....	13
3.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	13
3.2. REPLANTEO .....	13
3.3. INSTALACIÓN DE RIEGO .....	13
3.4. RECEPCIÓN DE PLANTAS.....	14
4. NECESIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO .....	14
4.1. MANTENIMIENTO DEL SUELO .....	14
4.2. FERTILIZACIÓN Y ENMIENDAS.....	15
4.2.1. ENMIENDA ÁCIDA .....	15
4.2.2. FERTILIZACIÓN DE FONDO .....	15
4.2.3. FERTILIZACIÓN ANUAL .....	16
4.3. PODA .....	17
4.4. RECOLECCIÓN .....	18
4.5. ELEMENTOS DE APOYO .....	19

## PLANTACIÓN

### 1. ELECCIÓN DE LAS VARIEDADES

#### 1.1. VARIEDADES

Las variedades cultivadas de frambuesa se clasifican en “no remontantes”, con una sola floración anual, y “remontantes”, con dos floraciones por temporada.

Las no reflorecientes o no remontantes, sólo fructifican sobre madera del año anterior, y producen una única cosecha anual. Los rebrotes salen en primavera y la inducción floral ocurre a principios del otoño siguiente, coincidiendo con la parada del crecimiento vegetativo. Las yemas de flor evolucionan en la primavera siguiente; las flores comienzan abrirse por la zona más distal de la inflorescencia, continuando hasta la base madurando los frutos a principio de verano.

Las variedades reflorecientes o remontantes pueden producir dos cosechas al año al tener una inducción de yemas de flor, en el extremo del rebrote durante la primavera del mismo año que emerge, fructificando al final del verano. A principios del otoño ocurre una segunda inducción floral en el resto de la caña, que se comporta de la misma manera que las no reflorecientes.

Las variedades reflorecientes pueden tener una o dos épocas de maduración, dependiendo del método de poda. Cuando se podan para obtener una única cosecha, ésta se extiende entre finales de agosto y mediados de octubre. Si se podan para obtener dos cosechas, la primera coincide sensiblemente con las no reflorecientes y, la segunda, comprende, como en el caso anterior, desde finales de agosto hasta mediados de octubre, período en

que las condiciones meteorológicas para la maduración y comercialización, para el consumo en fresco, son menos favorables.

Debido a la características de estas últimas elegiremos la variedades no reflorecientes o no remontantes.

En España la mayoría de los estudios sobre la variedades del frambueso se han desarrollado en el Instituto de Experimentación y Promoción Agraria (I.E.P.A.) de Villaviciosa, Asturias. Para la elección es imprescindible tener en cuenta la productividad, la época de maduración, la resistencia a enfermedades, su manejo y el conocimiento del mercado.

Las variedades no reflorecientes estudiadas en el I.E.P.A. son:

1. Delmes
2. Glen Clova
3. Glen Moy
4. Glen Prosen
5. Gradina
6. Joy
7. Malling Admiral
8. Malling Exploit
9. Malling Leo
10. Malling Promise
11. Meco
12. Meeker
13. Puyallup
14. Schoenemann
15. Willamette

Además hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- **La polinización cruzada**, recomendable para una mejor producción. Las abejas tendrán aquí un papel importante ya que son las encargadas de transportar junto al viento el polen de una planta a otra.
- **Época de maduración**, buscando que el período de recolección sea lo más extenso posible, se elegirá, dentro de las posibilidades, una variedad de cada época de maduración: muy precoz, temprana, media y tardía.

Finalmente para la elección definitiva de las variedades se realizará una matriz de efectos en la que se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- **Adaptación del cultivo a la zona del proyecto**, que dada la altitud de 530 metros, se valorará cada variedad de 0 a 5 según su adaptación y con un coeficiente de ponderación  $K= 2$  por su gran importancia.
- **Periodo de maduración**, la maduración de las frambuesas es escalonada, llegando hasta las 6 semanas. Las variedades se pueden clasificar como de maduración muy precoz, temprana, media, media-tardía y tardía. Se valorarán de 1 a 5, con un coeficiente de ponderación  $K= 1$ .
- **Productividad y vigor**, se potenciarán aquellas variedades más vigorosas y productivas. Se valorarán de 1 a 5, con un coeficiente de ponderación  $K= 1$ .
- **Resistencia a plagas y enfermedades**, interesan cultivar variedades resistentes a plagas y enfermedades para disminuir en lo posible los tratamientos fitosanitarios. Se valorarán de 1 a 5, con un coeficiente de ponderación  $K=1,5$ .

- **Resistencia a la sequía**, interesan variedades resistentes. Se valorará cada variedad de 1 a 5, con un coeficiente de ponderación también de K=1.

- **Facilidad de recolección**, se contempla que la recolección se realice directamente por parte del consumidor, por lo que se buscarán variedades que se desprendan fácilmente. Se valorará cada variedad de 1 a 5, con un coeficiente de ponderación K=1,5.

- **Características del fruto**, para el consumo en fresco se busca frambuesas de color rojo intenso, buen sabor y aroma y textura firme. Se valorará con un coeficiente de ponderación K=2.

Tabla 1: Matriz de efectos: alternativas estratégicas- variedades de frambueso

		ALTERNATIVAS ESTRATÉGICAS-VARIEDADES DE FRAMBUESO									
		WILLAMETTE									
		SCHÖENEMANN									
		PUYALLUP									
CONDICIONANTES		WILLAMETTE									
ADAPTACIÓN CULTIVO	X2	0	3	3	3	3	5	0	0	3	5
ZONA DE MONTAÑA	X1	4	3	3	4	4	5	4	3	3	3
PERÍODO MADURACIÓN	X1	5	5	4	5	4	5	4	5	4	4
PRODUCTIVIDAD Y VIGOR	X1	4	5	3	5	4	4	2	4	4	3
RESISTENCIA A PLAGAS Y ENFERMEDADES	X1,5	4	5	3	3	5	4	4	4	4	3
RESISTENCIA A SEQUÍA	X1	1	3	1	3	5	1	5	1	4	3
FACILIDAD RECOLECCIÓN	X1,5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CARACTERÍSTICAS FRUTO	X2	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4
<b>VALORACIÓN TOTAL</b>		33,5	40	35	38	45	40,5	40,5	44,5	32,5	35,5
<b>ORDEN DE PREFERENCIA</b>		12	5	11	7	1	4	3	2	14	10
										8	9
										15	6
										13	

A la vista de los resultados, las cinco variedades con mayor puntuación son las elegidas para el desarrollo del presente proyecto.

### **GRADINA**

Arbusto vigoroso y con espinas. Es resistente a la sequía. Sensible a la botritis y poco al oídio. De maduración bastante precoz y muy productiva. A esta variedad le conviene especialmente la polinización cruzada. Fruto bastante grande, de color rojo vivo, sabor excelente y dulce, con buena coherencia de las drupeolas y de fácil recolección. Se comercializa en fresco o congelado.

### **MALLING EXPLOIT**

Planta bastante vigorosa, muy rústica pero con cañas frágiles. Poco sensible a las heladas, por lo que tiene un buen comportamiento en zonas altas. Resiste la sequía puntual, pero no el exceso en el suelo. Bastante tolerante a infecciones víricas y poco a la botritis. De productividad bastante elevada y maduración temprana. Fruto grande y rojo, con coherencia media de las drupeolas y que se recoge fácilmente. Se utiliza en confituras y se puede adaptar al consumo en fresco por su precocidad, pero soporta mal el transporte. Poco interesante en la industria licorera, puesto que se decolora cuando se macera en alcohol.

### **MALLING ADMIRAL**

Arbusto vigoroso. Sensible a la sequía y al encharcamiento. Exige climas frescos y húmedos. Poca sensibilidad a enfermedades. Bastante productivo, con época media de maduración. Fruto grande, de color rojo intenso, sabor ácido y que se desgrana poco. Su recolección es bastante fácil. Se consume en fresco.

## **JOY**

Arbusto de cañas altas, fuertes y con espinas, lo que no representa un inconveniente para la recolección, por la buena disposición que presentan los frutos en la planta. Producción moderada, de excelente calidad y maduración tardía. Poco sensible a botritis y otras enfermedades post-cosecha. Frutos grandes, de color rojo intenso, muy firmes y de buen sabor. Muy interesante para la industria transformadora por su color, textura y calidad, también congela bien.

## **GLEN COVA**

Planta muy vigorosa que emite numerosos renuevos. Poco sensible a enfermedades fúngicas. Muy productiva y de maduración muy precoz y prolongada. Fruto de excelentes cualidades, tamaño mediano a pequeño, de color rojo claro, firme y que no se desgrana. Sirve tanto para el consumo en fresco como para la congelación, las confituras y la elaboración de licores. Se elige, en este caso, como variedad polinizadora de la variedad Gradina, por su floración coincidente. Su fruto también se comercializará.

## **1.2. VIDA ÚTIL DE LA PLANTACIÓN**

La vida útil de la plantación a realizar será de 20 años, la duración media del cultivo de frambueso es de 10 años, en plantaciones que usan herbicidas de contacto para controlar la competencia de los brotes nuevos respecto a las cañas productivas. Pero en este caso, no se utilizará ningún tipo de herbicida, por ello se considera que dado el gran vigor de las cañas de frambueso la duración de las cañas de frambueso será superior a diez años. Además con un buen manejo del abonado se puede alargar el período productivo de las cañas de frambueso

### 1.3. PRODUCCIÓN

La producción obtenida en la plantación dependerá de la adaptación de los cultivos al medio, pues se trata de una experiencia novedosa en la zona, en la que sólo se recolecta de forma minoritaria los frutos silvestres de estas mismas especies (mayoritariamente zarzamora, frambueso y arándanos).

No obstante, todas las variedades seleccionadas de frambueso proporcionan en los ensayos realizados producciones medias superiores a 10 t/ha. En nuestro caso, no se esperan producciones tan altas, siendo posible en las variedades más productivas obtener hasta 5 – 6 t/ha

## 2. TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

### 2.1. SISTEMA DE FORMACIÓN DEL FRAMBUESO

Para mantener una plantación con garantías se hará uso de un sistema de formación que favorezca el desarrollo y producción del frambueso. El sistema más conveniente para tal efecto es el denominado formación en "V" con sus dos variantes.

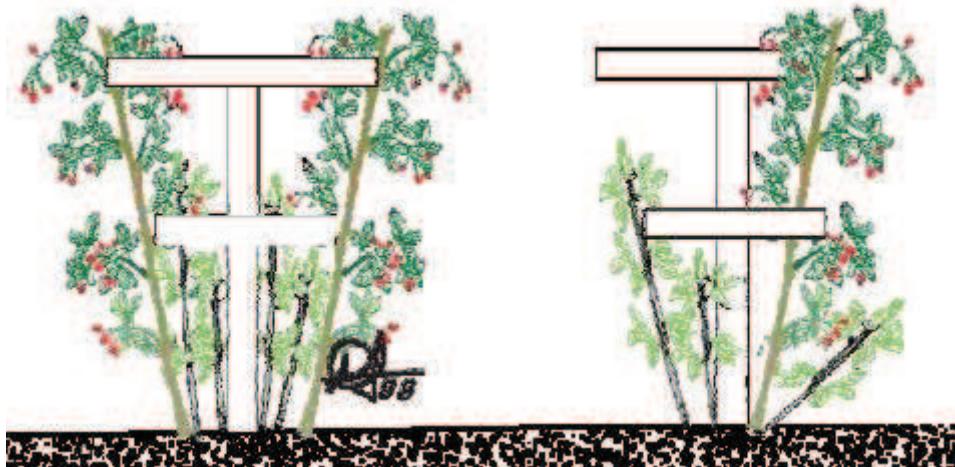


Figura 1: V Doble

Figura 2: V Simple

**Frambuesa dirigida en “V” doble:** las cañas productivas atadas hacia afuera en ambos laterales y las cañas de renovación formándose en el centro. Al final de la cosecha se podan las ramas que produjeron y se atan bien distribuidas hacia afuera las que producirán el año próximo

**Frambuesa dirigida en “V” simple:** las cañas productivas atadas hacia afuera en un solo lateral y las ramas de renovación formándose en el otro lateral. Al final de la cosecha se podan las ramas que produjeron y se atan bien distribuidas en el otro lateral las cañas que producirán el año próximo, se podan todas las ramas nuevas del lateral que se utilizó en el año.

El marco de plantación para esta plantación se fija en 0,5 m entre plantas y 3 m entre líneas, haciendo un marco rectangular de 3 x 0,5 m.

## 2.2. POLINIZACIÓN

En el frambueso la polinización cruzada juega un papel más importante que la autopolinización, por lo que habrá que hacer uso de colmenas de abejas en la plantación durante la época de floración. Para polinizar una hectárea de frutales arbustivos se precisan de una a cinco colmenas. Éstas no deben distribuirse de forma aislada sino en grupos de tres a cinco, porque la actividad de una de ellas estimula a las demás.

## 2.3. RIEGO

Es fundamental para todo el proceso productivo del frambueso que disponga de agua suficiente para su desarrollo y producción, pero en la justa medida, ya que es una especie muy sensible a la asfixia radicular, por lo que es el riego localizado el que mejor se adapta a los aportes frecuentes y de poca cantidad.

## **2.4. MANTENIMIENTO DEL SUELO**

El mantenimiento del suelo es una de las operaciones importantes a llevar a cabo en el cultivo, ya que de esa forma creamos un medio favorable para el desarrollo regulando la competitividad con otras especies, así como facilitamos el acceso tanto del personal como de la maquinaria.

Para mantener todo ese equilibrio optaremos por una cubierta vegetal en las calles y las líneas de cultivo libres de vegetación mediante el aporte de los restos de la propia cubierta vegetal tras su siega. Para evitar problemas de competencia se regulará el nivel de la cubierta vegetal.

## **2.5. RECOLECCIÓN**

La recolección de los frutos se realizará de forma manual. Los frutos del frambueso se recogen cuando están bien maduros y han perdido toda su acidez. La frambuesa debe tener una coloración brillante, así como una discreta consistencia de la pulpa; si esta es demasiada blanda debe eliminarse. En el momento justo de su maduración la frambuesa se separa fácilmente del receptáculo. Dado el escalonamiento de la maduración, la recolección se realiza en diversas pasadas con un turno de 3-4 días.

Para la recolección de las frambuesas de mesa hay que tener cuidado de no estropear los frutos. Para ello se llevan al campo cestillos con tapa, capaces de contener medio kilogramo y el operario dobla la rama del fruto hacia la cesta colocada en el suelo, corta con las tijeras los frutos dejando un poco de rabillo y los hace caer directamente en el cesto.

## 2.6. MECANIZACIÓN

En el presente proyecto únicamente hará falta uso de maquinaria en el nacimiento de la plantación, pero se optará por contratarlo. Para el abonado se hará uso del sistema de riego por goteo establecido en la parcela mediante fertirrigación. Por lo que únicamente hará falta para controlar la cubierta vegetal siendo un coste mínimo.



## 2.7. ORIENTACIÓN DE LAS FILAS

El cultivo estará orientado de la forma más conveniente posible según la disponibilidad del terreno.

## 2.8. PRODUCCIÓN

La vida media de una plantación de frambuesa es de 10 años, aunque se prevé que dure uno años más. Por otro lado las estimaciones en cuanto a toneladas de producción estarán en torno a las 10 t/ha.

## 2.9. SUPERFICIE DEL CULTIVO

La superficie total dedicada al cultivo de frutales arbustivos estará determinada por una serie de condicionantes de tipo interno y externo al plan productivo.

La explotación dispondrá de una zona de recepción de clientes, una balsa de riego y la caseta de riego. Asimismo será necesario colocar una valla perimetral para evitar la entrada de animales en la parcela, con su correspondiente puerta de acceso. El área total dedicada al cultivo de frambuesas será de 12,25 ha.

La explotación se divide en siete zonas de 1,75 ha, clasificados y con la siguiente asignación de variedades:

- A:** Glen Cova - 10158 Plantas
- B:** Gradina - 11454 Plantas
- C:** Joy - 10886 Plantas
- D:** Joy - 10158 Plantas
- E:** Malling Exploit - 12266 Plantas
- F:** Malling Admiral - 9566 Plantas
- G:** Malling Admiral - 7930 Plantas

### **3. OPERACIONES ANTERIORES A LA PLANTACIÓN**

#### **3.1. PREPARACIÓN DEL TERRENO**

Todas las operaciones previas a la plantación van a tener por objeto que las plantas se encuentren con un terreno lo más adecuado posible para la implantación de su sistema radicular, y en consecuencia tengan un satisfactorio desarrollo proporcionado por las mejores condiciones físicas y químicas del suelo.

Para ello se realizará una actividad con vertedera a unos 30 -40 cm de profundidad para levantar la pradera existente. Después se pasará la grada para su distribución y el rulo para dejar la superficie lisa.

#### **3.2. REPLANTEO**

Una vez preparado el terreno, se procede al replanteo de la plantación, que consiste en dejar marcados en el terreno aquellos puntos y líneas que definen la plantación, como son las filas de plantas, situación de las mismas, de los postes y tutores, vallado perimetral de cierre. La señalización del trazado de las tuberías, se realizará antes del marqueo.

Cuando estén marcadas todas las líneas se procederá a la realización de los hoyos de plantación.

#### **3.3. INSTALACIÓN DE RIEGO**

La red de riego se enterrará en su totalidad exceptuando los ramales porta goteros. Para la colocación de la red de tuberías de distribución en el terreno se hace necesaria la excavación de zanjas cuyas dimensiones varían

en función del diámetro a colocar. Las dimensiones correspondientes se detallan en su anexo y plano correspondiente.

### **3.4. RECEPCIÓN DE PLANTAS**

Los frambuesos para plantar tendrán un año y vendrán provenientes de un vivero con cepellón. La plantación se realizará al final de invierno y con unas condiciones optimas para su realización

## **4. NECESIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO**

### **4.1. MANTENIMIENTO DEL SUELO**

Se opta por mantener el suelo con una cubierta vegetal formada por especies espontáneas en la que predominarán el grupo de gramíneas y leguminosas, al ser una pradera mixta el cultivo precedente y contar en la zona con un régimen adecuado de precipitaciones que permite el mantenimiento de la cubierta herbácea

El mantenimiento del suelo con cubiertas vegetales, es en general, un método ideal para todo tipo de suelos. El principal inconveniente es el consumo adicional de agua de riego. En este caso, al tratarse de una zona húmeda y contar con riego por goteo, la competencia por agua entre la cubierta y el cultivo disminuye. Para disminuir la competencia por nutrientes, en la época de floración de los cultivos se efectuará la siega de la cubierta.

Según la bibliografía consultada, el cultivo del frambueso compite mal con las cubiertas vegetales, pero dado el gran vigor de las cañas del frambueso y la no utilización de herbicidas totales para el control de esta gran vigorosidad, es de esperar que la producción del frambueso no se vea afectada.

Al efectuar la siega de la cubierta se procederá al extendido de ésta en las líneas de cultivo como acolchado para el control de la vegetación en ellas y como aporte de materia orgánica.

## **4.2. FERTILIZACIÓN Y ENMIENDAS**

### **4.2.1. ENMIENDA ÁCIDA**

Tal como se vio en el anexo 5, Análisis Edafológico, se aplicarán los 1700 kg/ha de azufre correspondiente a la enmienda ácida necesaria para disminuir el pH del suelo, mediante azufre con un 98 % de pureza, lo que supone utilizar unos 1735 kg/ha que se distribuirán en una capa arable de 15 cm.

Se hace necesario aplicar la misma cantidad de azufre como dosis de conservación cada 3-4 años. En este caso, se opta por repartirla de forma fraccionada cada año, de forma que a lo largo de cuatro años se haya aportado toda la cantidad de azufre requerida. Esto supone aportar 434 kg /ha y año de producto comercial con un 98 % de pureza de azufre. El aporte se efectuará de forma superficial en toda la plantación mediante abonadora y tractor mini.

### **4.2.2. FERTILIZACIÓN DE FONDO**

Tomando como base de partida los resultados obtenidos en el análisis de suelo, se diseña el abonado de fondo, con el objetivo de adecuar el nivel global de nutrición del suelo con las necesidades óptimas para el crecimiento de los arbustos.

Según el análisis de suelo, el suelo posee un contenido alto de materia orgánica, por lo que no se hace necesario aplicar estiércol antes de efectuar la plantación. Al levantar la pradera mixta existente en la actualidad, ésta se enterrará por lo que se aportará una cantidad adicional de materia orgánica.

#### 4.2.3. FERTILIZACIÓN ANUAL

En el caso de la fertilización de los frutales arbustivos, es necesario aportar anualmente N, P, K y Mg. La cantidad a incorporar de los distintos elementos nutritivos se determina según el desarrollo de la vegetación observado, ya que éste depende de las reservas del suelo, del vigor de las variedades y de la producción.

La recomendación para el frambueso según *Coque et al*, (1994) establece para el cultivo del frambueso un aporte de una mayor cantidad de  $P_2O_5$  y  $K_2O$ : 80-100 UF / ha de  $P_2O_5$  y 130-180 UF / ha de  $K_2O$ . Además recomienda aplicar de 70 a 90 UF de  $MgO$  por ha.

Se utilizará un abono complejo N-P-K de equilibrio 1:2:3, al inicio de la vegetación para aplicar todo el fósforo y potasio, mientras que el aporte del nitrógeno se hará fraccionado: una parte se incorporará junto a los otros elementos y el resto, en forma de nitrato de magnesio después del cuajado de los frutos.

Se recomienda el suministro, al inicio de brotación de 500 a 600 kg/ha del abono complejo 9-18-27. El resto de nitrógeno se incorporará en forma de nitrato magnésico después del cuajado de los frutos, lo que supone aportar de 410 a 420 kg/ha de nitrato magnésico (11% de N total).

Se debe tener la precaución de no realizar el aporte de potasio en forma de cloruro, pues los frutales arbustivos son muy sensibles a la forma cloruro. Si en algún momento de la plantación es necesario aplicar potasio, éste debe ser en forma de sulfato.

En cuanto al aporte de materia orgánica, como ya se ha dicho, se considera que la presencia de una cubierta vegetal en las calles de cultivo y la

adición de los restos de siega a las filas de arbustos como acolchado cubre las necesidades en materia orgánica de los cultivos.

#### **4.3. PODA**

La poda del frambueso es necesaria para eliminar las cañas que fructificaron, dado que sólo produce una vez sobre la misma madera. Al tratarse de una especie vigorosa que emite numerosos brotes, es necesario aclararlos limitando su número y longitud para favorecer la ventilación e insolación de la planta; esto regula la cosecha, mejora la calidad del fruto, favorece la recolección y reduce el ataque de enfermedades.

Si no se poda, las plantas quedan muy densas, con ramas envejecidas o muertas, desarrollan un número insuficiente de brotes y son más susceptibles al ataque de patógenos. Con una poda excesiva surgen brotes vigorosos de producción escasa. Por lo tanto, la poda debe ser equilibrada y basarse en el comportamiento varietal y en las condiciones de cultivo.

La poda de formación se efectúa tras la plantación, eliminando toda la parte aérea de las cañas. Una vez establecida la plantación, la poda de fructificación se realiza siguiendo diferentes criterios según se trate de variedades no remontantes o remontantes.

Como se han elegido para el cultivo variedades de frambueso no remontantes, en ellas haremos una primera poda en el verano, tras la cosecha, que consiste en cortar a ras del suelo la madera vieja, puesto que ya hemos dicho que sólo fructifican sobre madera del año anterior.

Tras la caída de las hojas, se eliminan los brotes débiles y los dañados por enfermedades, plagas o causas mecánicas, dejando únicamente y según el vigor de la planta, de 8 a 12 brotes del año por metro lineal. Esto se atan a los alambres y se despuntan a una altura de 1`70 m., aproximadamente unos 10 cm. por encima del alambre más alto.

Con el fin de facilitar las prácticas de poda y recolección, favorecer la insolación y aireación, mejorar el tamaño del fruto y conseguir cañas vigorosas, se puede optar por podar las plantas para obtener producciones bianuales. Para ello, se puede recurrir a uno de estos dos sistemas:

**1<sup>a</sup>.** Podar la mitad de la plantación, preferiblemente en filas alternas, cortando las cañas y brotes del año a ras del suelo, de forma que se elimine la cosecha del año siguiente. Esta práctica se alterna anualmente, cosechándose así la mitad de la plantación cada año. Con este sistema se produce de un 20 a 25 % menos, que manteniendo productiva toda la plantación, pero se consigue una mejor sanidad del cultivo y calidad del fruto.

**2<sup>a</sup>.** Obtener en cada planta producción en años alternos, mediante la utilización de herbicidas de contacto. Para ello, se aplicarán dos o tres tratamientos en líneas alternas, desde el comienzo de la brotación hasta después de la floración, para inhibir el crecimiento de los brotes.

En esta plantación se desea obtener frutos todos los años, para ello, las ramas fructíferas se sujetarán sobre uno de los laterales del elemento de apoyo y quedando el otro para los renuevos. Así, la producción se alterna cada año en uno y otro lado simplificándose la recolección y la poda.

#### **4.4. RECOLECCIÓN**

La maduración de las frambuesas es escalonada, alargándose de 4 a 6 semanas, aunque el 80 % de la producción se concentra de dos a cuatro. El grado de madurez del fruto evoluciona con gran rapidez, por lo que en cosechas estivales, y si el fruto se destina al consumo en fresco, la recolección debe realizarse diariamente en plena campaña, pudiendo espaciarse hasta tres días al comienzo y final de la temporada y cuando el fruto va a utilizarse en industrias de transformación

En el I.E.P.A. (Instituto de Experimentación y Promoción Agraria), los períodos de recolección, considerando el 80 % de la producción, se extienden entre la segunda decena de junio y la última de julio. En el caso de la plantación objeto del proyecto, la producción se retrasará por efecto de la climatología.

En las plantaciones comerciales en las que la recolección la realizan operarios, el rendimiento en la recolección es de 3 a 5 kg/persona/hora, dependiendo del tamaño del fruto, facilidad del desprendimiento del receptáculo, densidad de cañas, de cosecha recolectada, sanidad de los frutos y destino de la producción.

#### **4.5. ELEMENTOS DE APOYO**

En las filas de la plantación se instalan elementos de apoyo para formar el esqueleto de los frambuesos.

Los elementos de apoyo consisten en estacas de madera con diámetro 6/8 cm con forma de doble T; tienen una altura de 1,60 m. desde el nivel del suelo. El primer elemento horizontal es un rollizo cilíndrico de madera con Ø 6 cm con una longitud de 0,8 m, situado a 0,6 metros sobre el nivel del suelo, mientras que el segundo elemento horizontal tendrá una longitud de 1 metro, a 1,6 m. del suelo, sobre el extremo superior de la estaca.

Las ramas fructíferas se sujetan sobre uno de los laterales y los renuevos sobre el otro. En este sistema en V son necesarios 2 pares de alambre galvanizado del número 13 situados a 0,6 y 1,6 metros del suelo.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO IX: PLAGAS Y ENFERMEDADES**

# ÍNDICE ANEJO IX

## PLAGAS Y ENFERMEDADES

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. PLAGAS .....	1
2.1. ÁCAROS.....	1
2.1.1. MÉTODOS DE CONTROL.....	2
2.2. PULGONES.....	2
2.2.1. METODOS DE CONTROL.....	3
2.3. AGALLAS DEL TALLO .....	3
2.3.1. MÉTODOS DE CONTROL.....	4
2.4. CECIDOMIA .....	4
2.4.1. MÉTODOS DE CONTROL.....	5
2.5. ANTÓNOMO DE LAS FLORES O DEL FRAMBUESO .....	5
2.6. GUSANO DEL FRAMBUESO.....	5
2.6.1. METODOS DE CONTROL.....	5
2.7. NEMÁTODOS.....	6
2.7.1. MÉTODOS DE CONTROL.....	6
3. ENFERMEDADES .....	6
3.1. PODREDUMBRE GRIS.....	6
3.1.1 METODOS DE CONTROL.....	7
3.2. DESECAMIENTO O QUEMADURA DE LOS TALLOS .....	7
3.2.1. METODOS DE CONTROL.....	7
3.3. FUSARIOISIS .....	8
3.3.1. METODOS DE CONTROL.....	8
3.4. OIDIO.....	8
3.4.1. METODOS DE CONTROL.....	8
3.5. PHYTOPHTHORA.....	9
3.5.1. METODOS DE CONTROL.....	9
3.6. TUMOR DEL CUELLO .....	9
3.6.1. METODOS DE CONTROL.....	9

3.7. VERTICILOSIS .....	10
3.7.1. METODOS DE CONTROL.....	10
3.8. VIROSIS Y MICOPLASMOSES.....	10
3.8.1. METODOS DE CONTROL.....	11

## PLAGAS Y ENFERMEDADES

### 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del frambueso no destaca por que sus plantaciones sufran daños destacables por patógenos. Y como uno de los factores por lo que destacan este cultivo es su trato ecológico, resulta recomendable siempre y cuando las condiciones lo permitan, evitar el uso de plaguicidas.

### 2. PLAGAS

#### 2.1. ÁCAROS



Las dos especies que parasitan el frambueso son las mismas “arañas rojas” que se encuentran sobre las principales especies frutícolas. Las más frecuentes son el *Tetranychus urticae* y el *Panonichus ulmi*, aunque éste último tiene menor importancia. Son arañas de pequeño tamaño, capaces de provocar importantes daños en el caso de que se encuentren en gran número sobre una planta.

Las plantas atacadas muestran signos evidentes de debilidad; las hojas pierden clorofila y toman un tono amarillento plomizo en el haz de las hojas. Si el ataque es intenso éstas pueden caerse prematuramente, además de inhibirse la formación de flor para la próxima cosecha. Se observa distinta sensibilidad varietal.

### **2.1.1. MÉTODOS DE CONTROL**

Para prevenir sus ataques debe eliminarse la madera de la poda y mantener libre la plantación de malas hierbas, pues son un cobijo para ellos. También es importante conservar un grado regular de humedad en el suelo, ya que sus ataques se intensifican en períodos de estrés hídrico. En el caso de que el desarrollo de la plaga haga necesaria el control químico, deberá tratarse con un producto específico.

## **2.2. PULGONES**



Son insectos chupadores, que causan daños indirectos sobre las plantas al provocar su debilitamiento, pero que además son transmisores de virus. Las colonias de áfidos se detectan en los brotes tiernos por el ir y venir de hormigas y por las gotas de sus secreciones de melaza. Se localizan generalmente en el envés de las hojas apicales que se arrollan como consecuencia de las picaduras.

Fundamentalmente existen dos especies que atacan al frambueso: el pulgón verde (*Aphidula idaei*) y otro verde-amarillento (*Amphorophora rubi*) de mayor tamaño.

### **2.2.1. METODOS DE CONTROL**

Se ha observado que las plantas más vigorosas son menos atacadas por los áfidos, probablemente porque los brotes más suculentos y lozanos no son apetecibles; por esta razón, todas las prácticas culturales capaces de promover una vegetación vigorosa constituyen un buen método de control preventivo.

Donde sean más abundantes se pueden usar con resultados positivos sencillas trampas; parece que el color amarillo atrae a estos insectos, por ello una trampa eficaz es un simple recipiente circular pintado de amarillo y lleno de agua; al agua se puede añadir una pequeña cantidad de detergente que, al modificar la tensión superficial, no permite a los pulgones reemprender el vuelo.

### **2.3. AGALLAS DEL TALLO**

Se trata del insecto cecidómico (*Lasioptera rubi*) cuyas larvas pueden originar agallas en el tallo, del tamaño a veces de una nuez. El adulto, un pequeño mosquito negro de alas blancas, de una longitud de 2 mm pone numerosos huevos sobre los brotes jóvenes en el mes de mayo. Cada larva forma una agalla y permanece en su interior hasta la primavera siguiente; la

nudosidad que se forma obstaculiza la circulación de la savia y el tallo está expuesto a romperse fácilmente si se le deja fructificar al año siguiente.

Aunque el efecto es muy aparente, en realidad el daño que este insecto puede producir es de poca entidad debido a que no es muy grande el número de rebrotes afectados.

### **2.3.1. MÉTODOS DE CONTROL**

Como control, es suficiente eliminar en la poda invernal los rebrotes afectados si la agalla está en posición basal, o bien cortarlo por debajo de la nudosidad si ésta se encuentra en posición apical. Los ramos que tengan agallas deben ser quemados.

## **2.4. CECIDOMIA**

Se trata de un pequeño díptero cecidómico (*Thomasiniana theobaldi*) que pone los huevos únicamente en las hendiduras que se forman en la corteza de la base de los tallos cuando el crecimiento de las cañas es muy rápido.

Las picaduras de las larvas, de color salmón, provocan daños en la corteza que se agrieta y las zonas expuestas son vías de infección de varios hongos (*Verticillium*, *Fusarium*, etc). Después de un mes de actividad las larvas se encierran en un pequeño capullo en el suelo y en julio se produce la segunda generación, seguida por la tercera en agosto y a veces de una cuarta si la estación es favorable al parásito. Su importancia depende de la sensibilidad varietal

## 2.4.1. MÉTODOS DE CONTROL

Se deben evitar los crecimientos demasiados vigorosos de las cañas, limitando la aplicación de nitrógeno, o incluso eliminando la primera brotación manualmente. En caso de hacerse necesaria el control químico, se tratarían las bases de las cañas en abril y julio, con un insecticida fosforado.

## 2.5. ANTÓNOMO DE LAS FLORES O DEL FRAMBUESO

Es un pequeño coleóptero curculiónido (*Anthonomus rubi*), con una longitud no superior a 3 mm, de color negro con pubescencia grisácea, que daña las flores del frambueso. Este insecto pone los huevos en el interior del botón floral para lo que realiza un agujero en él, con su largo pico. Las larvas nacidas en el interior del botón son de color blanco y se alimentan de los órganos reproductivos de la flor, provocando un desecamiento típico en ésta. Sus ataques no suelen ser numerosos.

## 2.6. GUSANO DEL FRAMBUESO

Un pequeño coleóptero (*Byturus tomentosus*) ataca tanto en estado de larva como de adulto. Los adultos ponen un solo huevo por flor, en plena floración; al cabo de unos 40 días salen larvas amarillentas, pelosas, que se nutren del receptáculo del fruto, perforándolo con numerosas galerías. También se pueden alimentar de algunas drupeolas, y antes de la maduración del fruto, bajan y se entierran al pie de las plantas donde pasan el invierno en estado adulto.

### 2.6.1. METODOS DE CONTROL

El control debería realizarse pronto, antes que los adultos pongan sus huevos; los tratamientos hechos a fines de abril, cuando los botones florales

estén todavía cerrados, pueden servir para controlarlo al mismo tiempo el antónomo de las flores. Los tratamientos se realizarían con un producto para insectos masticadores, no nocivo para las abejas.

## 2.7. NEMÁTODOS

Estos parásitos subterráneos ocasionan debilitamiento de la planta, si ésta es joven, ya que sus picaduras en las raíces provocan la formación de agallas. Además, son vectores de virus.

### 2.7.1. MÉTODOS DE CONTROL

Se trata de métodos preventivos como el uso de plantas sanas, arrancar y quemar plantas atacadas o la realización de desinfecciones de suelo previas a la plantación, si se constató su presencia en cultivos anteriores.

## 3. ENFERMEDADES

### 3.1. PODREDUMBRE GRIS

Este hongo (*Botrytis cinerea*) produce daños tanto en las cañas como en los frutos. La infección de las ramas provoca desprendimiento de la corteza y da una coloración grisácea a los extremos de los brotes jóvenes. Los frutos infectados presentan un moho grisáceo y, al madurar, pueden quedar putrefactos en la planta. El ataque se produce durante la floración, especialmente en primaveras lluviosas y cálidas.

### **3.1.1 METODOS DE CONTROL**

Se trata también de métodos preventivos, como son el cortar y quemar los brotes afectados, evitar la fertilización e irrigación excesivas, ya que favorecen la infección o la aplicación de fungicidas sistémicos o de contacto al comienzo de la caída de los pétalos.

### **3.2. DESECAMIENTO O QUEMADURA DE LOS TALLOS**

Es una enfermedad causada por el hongo (*Didymella applanata*) que puede provocar graves daños en los frambuesos.

Provoca necrosis en los tejidos basales, apareciendo a finales de primavera o comienzos de verano en la base de los brotes que presentan manchas de color violáceo.

Las manchas del tallo pueden, a veces, confluir entre sí; durante el invierno la corteza se puede hendir longitudinalmente. Al inicio de la primavera siguiente las zonas afectadas adquieren un color gris claro y sobre ellas se observan pequeñas pústulas negras, que son las fructificaciones sexuadas del hongo. Los ramos fructíferos que han sufrido el ataque el año anterior son generalmente débiles, con brotes basales amarillos y poco desarrollados, que frecuentemente se secan antes de florecer.

#### **3.2.1. METODOS DE CONTROL**

Para evitar la aparición de esta enfermedad, en la plantación debe utilizarse material vegetal sano. Si aún así, apareciera este hongo, se procederá a arrancar y quemar las plantas enfermas, además de tratar con

cobre a la caída de la hoja y con fungicidas sistémicos en el desborre al resto de plantas sanas, como tratamiento preventivo.

### **3.3. FUSARIOISIS**

El ataque de este hongo (*Fusarium sp.*) comienza por la base de las cañas, pudiendo extenderse al resto de la planta. En la superficie de las cañas pueden observarse lesiones de aspecto rugoso y color negruzco o rosa asalmonado. La causa fundamental de la infección es el exceso de humedad en el suelo, como ocurre en la mayoría de las infecciones fúngicas. Los aperos utilizados para el cultivo del suelo y las plagas transmiten fácilmente esta enfermedad, ya que se trata de un parásito típico de heridas.

#### **3.3.1. METODOS DE CONTROL**

No hay métodos químicos para su curación por lo que debe hacerse una desinfección previa a la plantación.

### **3.4. OIDIO**

Se puede notar a veces sobre las hojas, ápices de rebrotes y frutos, unas manchas blanquecinas pulverulentas constituidas por el micelio del hongo *Sphaerotheca macularis*. Las hojas afectadas quedan más pequeñas que las otras, arrugadas y descoloridas y podrían parecer afectadas por virosis si las esporas blancas no revelasen la presencia del hongo.

#### **3.4.1. METODOS DE CONTROL**

Si los ataques no son muy importantes es suficiente con cortar los brotes infectados y quemarlos, pero si la enfermedad afecta a gran parte de la

plantación será necesario aplicar tratamientos químicos, al principio de la infección, con azufre mojable.

### **3.5. PHYTOPHTHORA**

La infección de *Phytophthora* provoca oscurecimiento en la base de los tallos, desecación del follaje y reducción de la emisión y crecimiento de los brotes, pudiendo llegar incluso a provocar la muerte de los tallos, que presentan un reducido sistema radicular.

#### **3.5.1. METODOS DE CONTROL**

Como método preventivo se aconseja no realizar las plantaciones en suelos insuficientemente drenados. También se aconseja el realizar un tratamiento químico en la base de las cañas a base de un fungicida de amplio espectro.

### **3.6. TUMOR DEL CUELLO**

Es una enfermedad bacteriana (*Agrobacterium tumefaciens*) que ataca al cuello y raíces, donde se forma un tumor blanquecino del tamaño de una nuez que, al desarrollarse, puede alcanzar el grosor de un puño, tornando entonces a un color marrón. Su infección no afecta sensiblemente al desarrollo de la vegetación pero favorece el ataque de otros parásitos que provocan el debilitamiento del arbusto.

#### **3.6.1. METODOS DE CONTROL**

No existe control químico eficaz; el único método preventivo es utilizar material vegetal sano y desinfectar, antes de la plantación, los suelos en los que anteriormente se haya detectado esta enfermedad.

Cuando en la plantación se encuentren algunas plantas afectadas, conviene eliminar las partes infectadas desinfectando las tijeras, después de cada corte, con una solución acuosa al 10% de hipoclorito sódico.

### **3.7. VERTICILOSIS**

Esta enfermedad causada por *Verticillium sp.* resulta perjudicial para el frambueso. El parásito vive en el terreno, donde puede permanecer en estado latente durante varios años, y ataca en particular a las plantas de la familia de las Solanáceas causándoles la marchitez. Esta marchitez es debida a la oclusión del sistema vascular de la planta por la parte del micelio del hongo; la infección del parásito tiene lugar a través de lesiones microscópicas de la corteza.

Hacia mediados de verano se manifiestan los síntomas de la enfermedad: las plantas afectadas dejan de crecer, las hojas se marchitan y presentan un amarillamiento intervenal. El tallo de los jóvenes rebrotes se presenta un color azulado. Si se corta una caña afectada aparecen tejidos amarronados bajo la corteza.

#### **3.7.1. METODOS DE CONTROL**

La lucha química es poco eficaz. En caso de infección se deben arrancar y quemar las plantas afectadas.

### **3.8. VIROSIS Y MICOPLASMOSES**

Los frambuesos son muy sensibles a sus ataques, pudiendo reducirse la producción hasta un 50 %. El grado de sensibilidad varía considerablemente

según variedades. De los numerosos virus que afectan a esta especie, algunos son específicos y otros comunes a otros cultivos.

Sus ataques se manifiestan por amarilleamiento y abarquillamiento de las hojas, entristecimiento de las plantas, etc.

Los insectos, nematodos y el propio polen de la planta actúan como vectores de transmisión de los virus.

### **3.8.1. METODOS DE CONTROL**

No existen métodos eficaces de control químico, por lo que es preciso utilizar siempre planta con garantía fitosanitaria y eliminar las afectadas para evitar el contacto y la consecuente propagación de la enfermedad. Se debe evitar el exceso de humedad y la excesiva densidad de plantación, que provocan una mala aireación del terreno. Se recomienda también la aplicación no excesiva del abono nitrogenado.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO X: DISEÑO AGRONÓMICO**

# ÍNDICE ANEJO X

## DISEÑO AGRONÓMICO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. NECESIDADES DE AGUA.....	4
2.1. CÁLCULO DE ET <sub>0</sub> .....	4
2.2. ELECCIÓN DE K <sub>c</sub> .....	4
2.3. EFECTO DE LA LOCALIZACIÓN.....	4
2.4. CORRECCIÓN POR CONDICIONES LOCALES.....	6
2.4.1. VARIACIÓN CLIMÁTICA .....	6
2.4.2. VARIACIÓN POR ADVECCIÓN.....	6
2.5. NECESIDADES NETAS .....	7
2.6. NECESIDADES TOTALES .....	7
2.7. PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA .....	10
2.8. ÁREA MOJADA POR UN EMISOR .....	11
3. NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA.....	12
3.1. SEPARACIÓN ENTRE EMISORES .....	13
3.2. DOSIS MÁXIMA .....	14
3.3. DOSIS ÚTIL.....	15
3.4. ESPACIAMIENTO Y DURACIÓN DEL RIEGO .....	15
3.5. NÚMERO DE RIEGOS POR MES.....	16
3.6. SELECCIÓN DE EMISORES .....	17

## DISEÑO AGRONÓMICO

### 1. INTRODUCCIÓN

El diseño agronómico es el componente fundamental en todo proyecto de riego, y los RLAF (Riegos Localizados de Alta Frecuencia) no son una excepción. Es la parte en la que los errores tienen consecuencias más graves; de nada sirven unos afinados cálculos hidráulicos en la instalación de riego o una perfecta elección de los automatismos, si se parte de un diseño agronómico equivocado cuya consecuencia es, por ejemplo, la salinización del suelo por falta de lavado o la insuficiencia en el volumen de suelo humedecido, por instalar un número equivocado de emisores.

El diseño agronómico es parte del proyecto en cuanto a que decide una serie de elementos de la instalación tales como número de emisores, disposición de los mismos, etc.

Además proporciona unos datos básicos para el posterior diseño hidráulico, como caudal por emisor y planta, duración del riego, etc.

El diseño agronómico de la instalación de riego localizado se desarrolla en dos fases:

- 1º cálculo de las necesidades de agua
- 2º determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego. Número de emisores por planta y caudal del emisor.

En el punto 13.2 del anejo IV se ha realizado un balance hídrico sencillo, en el que no se tenía en cuenta la reserva de agua del suelo.

Del análisis de suelo realizado se ha determinado los valores de Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP). Conocido estos dos valores, se puede efectuar un balance hídrico anual más completo teniendo en cuenta la reserva máxima de agua en el suelo.

La reserva máxima de agua del suelo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Reserva máxima} = (\text{CC}/100) \cdot \rho_a \cdot h \cdot 1000$$

donde,

CC es la capacidad de campo, expresada en % en peso

$\rho_a$  es la densidad aparente del suelo. A falta de datos concretos, se tomará  $1,35 \text{ g/cm}^3$

h es la profundidad efectiva de las raíces. En este caso,  $h = 0,15 \text{ m}$

Sustituyendo, la reserva máxima de agua, en mm de  $\text{H}_2\text{O}$ , para el primer horizonte del suelo es:

$$\text{Reserva máxima} = (23,21/100) \cdot 1,35 \cdot 0,15 \cdot 1000$$

$$\text{Reserva máxima} = 47,00 \text{ mm}$$

En la siguiente tabla se refleja el balance hídrico, mes a mes:

Tabla 1. Balance Hídrico

	EN	FEB	MAR	AB	MY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
PE(mm)	20,16	15,84	22,86	40,4	53,52	33,72	21,84	28,38	66,32	65,68	36,78	31,14	436,64
ET <sub>c</sub> (mm)	0	0	0	61,50	90,83	112,20	122,76	109,43	89,70	57,04	0	0	714,45
PE-ET <sub>c</sub> (mm)	20,16	15,84	22,86	-	37,31	-78,48	-100,92	-81,04	-23,88	-8,64	36,78	31,14	-224,59
Reserva(mm)	47,00	47,00	47,00	25,9	9,69	0	0	0	0	38,36	47	47	-
Déficit(mm)	-	-	-	-	-	-78,78	-100,92	-81,04	-23,88	-	-	-	284,62
Exceso(mm)	20,16	15,84	22,86	40,4	-	-	-	-	-	36,78	31,14	167,18	

Las necesidades netas son de 2846,20 m<sup>3</sup>/ha y año. A la vista de los resultados se regará desde el mes de junio al mes de septiembre.

## 2. NECESIDADES DE AGUA

A efectos de diseño, lo que interesa conocer acerca de las necesidades de agua es su valor punta, en función del cual se dimensionan posteriormente la instalación de riego.

### 2.1. CÁLCULO DE $ET_o$

En el punto 12.1 del anexo IV (estudio climático) se ha realizado el cálculo de la evapotranspiración de referencia, según el método Blaney-Criddle modificado por FAO.

El mes de  $ET_o$  máxima es Julio con 3,60 mm/día.

### 2.2. ELECCIÓN DE $K_c$

Para el mes de julio, corresponde un valor de  $K_c$  de 1,10

### 2.3. EFECTO DE LA LOCALIZACIÓN

Se han propuesto numerosos procedimientos que corrigen la  $ET_c$  por el efecto de localización. Entre ellos, se han seleccionado como más prácticos los que se basan en la “fracción de área sombreada por el cultivo”, a la que se le denomina  $A$  y se define como la “fracción de la superficie del suelo sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en el solsticio de verano, respecto a superficie total”. A efectos prácticos se puede considerar la proyección sobre el terreno de la masa vegetal del cultivo.

La fracción de área sombreada (A) se calcula como:

$$A = \frac{(\Pi \cdot D_a^2)}{(4 \cdot a \cdot b)}$$

donde,

$D_a$  es el diámetro aéreo de la planta en m

$a$  es la separación entre plantas consecutivas en una misma fila, en m

$b$  es la separación entre filas de plantas, en m

Siendo el marco de 3x0,5 m y estimando  $D_a = 1$  m, la fracción de área sombreada es:

$$A = \frac{(\Pi \cdot 1^2)}{(\Pi \cdot 4 \cdot 3 \cdot 0,5)} = 0,524m^2$$

La corrección por localización consiste en multiplicar la  $ET_c$  por un coeficiente de localización  $K_L$ , cuyo valor depende de A.

Se obtiene  $K_L$  por medio de los métodos de diferentes autores:

ALJIBURY et al →  $K_L = 1,34 \cdot A \rightarrow 0,702$

DECROIX →  $K_L = 0,1 + A \rightarrow 0,624$

HOARE et al →  $K_L = A + 0,5 \cdot (1-A) \rightarrow 0,762$

KELLER →  $K_L = A + 0,15 (1-A) \rightarrow 0,595$

Si se eliminan los valores extremos, la media de los dos restantes es:

$$K_L = \frac{(0,702 + 0,624)}{2} = 0,663$$

## 2.4. CORRECCIÓN POR CONDICIONES LOCALES

### 2.4.1. VARIACIÓN CLIMÁTICA

Cuando la ETo utilizada en el cálculo equivale al valor medio del período estudiado, debe mayorarse multiplicando por un coeficiente, pues de otra forma las necesidades calculadas serían también un valor medio, lo que quiere decir que aproximadamente la mitad de los años el valor calculado sería insuficiente.

Se adopta el criterio de Hernández Abreu (Pizarro, 1987) de aplicar siempre un coeficiente entre 1,15 y 1,20. Se adopta un valor  $K_V = 1,20$

### 2.4.2. VARIACIÓN POR ADVECCIÓN

La corrección por advección a aplicar depende del tamaño de la zona de riego.

Se considera una superficie aproximada de 12.25 Ha al que le corresponde un valor de  $K_A = 0,9$

Por lo tanto, aplicando los coeficientes de localización y de corrección por condiciones locales, queda:

$$\begin{aligned} ET_{rl} &= K_c \cdot ET_O \cdot K_L \cdot K_V \cdot K_A \\ ET_{rl} &= 1,17 \cdot 3,60 \cdot 0,663 \cdot 1,20 \cdot 0,9 \\ ET_{rl} &= 3,02 \text{ mm / día} \end{aligned}$$

## 2.5. NECESIDADES NETAS

Las necesidades netas de riego se pueden calcular mediante la siguiente expresión:

$$Nn = ET_{rl} - Pe - Gw - \Delta w$$

Aunque en el mes de máximas necesidades pueda producirse una cierta lluvia que de lugar a una precipitación efectiva,  $Pe$ , ésta no debe tenerse en cuenta ya que es muy improbable que siempre ocurra una lluvia en el intervalo entre dos riegos, que en la alta frecuencia a veces es de un día.

En cuanto al aporte capilar,  $Gw$ , la capa freática no está lo suficientemente cerca como para poder considerar aportes de este tipo, por tanto, tampoco debe tenerse en cuenta.

Referente a la variación de almacenamiento de agua del suelo,  $\Delta w$ , no se tendrá en cuenta para el cálculo de las necesidades punta, ya que los riegos localizados de alta frecuencia pretenden mantener próximo a cero el potencial hídrico del suelo, lo que consiguen reponiendo con alta frecuencia el agua extraída.

Por tanto, se cumple que  $Nn = ET_{rl}$ . En nuestro caso tenemos  **$Nn = 3,02$  Mm/día.**

## 2.6. NECESIDADES TOTALES

Para el cálculo de las necesidades totales se debe tener en cuenta la pérdida de agua por percolación, las necesidades de lavado y la uniformidad del riego.

Se define la eficiencia de aplicación ( $E_a$ ) como la relación entre la lámina (altura) de agua almacenada en el suelo que está a disposición del cultivo para ser consumida en el proceso de evapotranspiración y la lámina de agua aplicada en el riego. Según Keller (1978), el valor de  $E_a$  en las condiciones de la zona de estudio se puede estimar en 0,85.

El agua a aplicar se calcula como:

$$A = N_n + P_p$$

donde,

$A$  es el agua a aplicar

$P_p$  es el agua perdida por percolación.

Siendo por definición:

$$E_a = \frac{N_n}{A}$$

El agua perdida por percolación se puede calcular como:

$$P_p = A \cdot (1 - E_a)$$

Las necesidades de lavado ( $R$ ) son un sumando que hay que añadir a las necesidades netas para mantener la salinidad del suelo a un nivel no perjudicial.

Suponiendo que no existen pérdidas por percolación profunda, se puede escribir:

$$A = N_n + R$$

Se denomina coeficiente de necesidades de lavado y se expresa por LR a la relación:

$$LR = \frac{R}{A}$$

El agua a aplicar se puede calcular como:

$$A = N_n + (A \cdot LR)$$

De todas las ecuaciones anteriores se comprueba que tanto en el caso de pérdidas como en el lavado, A se puede expresar como:

$$A = N_n + (A \cdot K)$$

donde,

$K = (1 - E_a)$ .....en el caso de pérdidas

$K = LR$ .....en el caso de lavado

$$N_t = \frac{N_n}{[(1 - K) \cdot CU]}$$

Para el mes de mayores necesidades hídricas, se tiene que:

$$N_n = ET_{rl} = 3,02 \text{ mm/día}$$

En este caso, el suelo no tiene problemas de salinidad y el agua de riego es de buena calidad. Además, con las lluvias de invierno se rebasa la capacidad de campo, las posibles sales que se pudieran acumular serían arrastradas fuera de la zona radicular. Entonces, no es necesario aplicar la fracción de lavado LR.

Para el mes de mayores necesidades hídricas:

$$N_t = \frac{N_n}{[(1-K) \cdot CU]}$$
$$N_t = \frac{3,02}{0,85 \cdot 0,80} = 4,44 \text{ mm / día}$$

Estas necesidades totales también se pueden expresar en forma de caudal continuo:

$$4,44 \frac{\text{mm}}{\text{día}} \cdot \frac{10000}{24 \cdot 3600} = 0,51 \text{ l/s y ha}$$

## 2.7. PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA

Una de las características de los riegos localizados de alta frecuencia, entre los que se encuentra el goteo, es precisamente la localización, es decir, el aplicar el agua solamente a una parte del suelo. A efectos de diseño es necesario establecer un mínimo de volumen de suelo a humedecer, lo cual es algo complicado, por lo que el concepto de porcentaje de suelo mojado se sustituye por el de porcentaje de superficie mojada, el cual es más fácil de manejar y medir. Este parámetro fue definido por Kéller y Karmeli(1.974) como la relación, expresada en tanto por 100, entre el área mojada por los emisores y el área total. En 1.978, Keller Merina estandarizan que el área mojada se mida a 30 cm de profundidad y posteriormente H. Abreu sugiere que esa medida se haga a la profundidad en que la densidad radicular sea máxima. Este último autor propone una modificación de la definición en la que el porcentaje de superficie mojada de Keller se multiplica por la fracción de

área sombreada. El parámetro “porcentaje de superficie mojada” se representa por P.

Keller recomienda como valores mínimos para árboles con clima húmedo P = 20 %. En cambio en el caso de cultivos herbáceos el valor de P debe ser mayor, llegando incluso al 70 %.

La elección de P es algo bastante importante puesto que valores de P elevados aumentan la seguridad del sistema, pero, lógicamente aumenta también el coste de instalación

En este caso, como las líneas de cultivo forman un seto continuo se adopta un valor de 90 %.

## 2.8. ÁREA MOJADA POR UN EMISOR

El área mojada por un emisor está influenciada por diversos factores, como textura, estratificación del suelo, caudal del emisor y tiempo o volumen de riego.

El diámetro mojado por un emisor en un suelo de textura media se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$\phi_m = 0,7 + 0,11 \cdot q$$

donde,

$\phi_m$  es el diámetro mojado en metros

q es el caudal del emisor en l/h

Fijando el caudal del emisor en q = 4 l/h, se obtiene:

$$\begin{aligned}\phi_m &= 0,7 + 0,11 \cdot 4 \\ \phi_m &= 1,14 \text{ m}\end{aligned}$$

Por lo tanto, el área mojada por el emisor será:

$$A_e = \frac{(\Pi \cdot \phi_m^2)}{4}$$
$$A_e = \frac{(\Pi \cdot 1,14^2)}{4}$$
$$A_e = 1,021 \text{ m}^2$$

### 3. NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA

El número de emisores por planta se determina mediante la siguiente expresión:

$$e = \frac{S_p \cdot P}{100 \cdot A_e}$$

donde,

e es el número de emisores por planta

$S_p$  es la superficie ocupada por planta, en  $\text{m}^2$

P es el porcentaje de superficie mojada

$A_e$  es el área mojada por emisor, en  $\text{m}^2$

Se adopta el valor entero inmediatamente superior.

Para el cálculo del número de emisores por planta, se tiene en cuenta el marco de plantación existente.

$$S_p = 1,5 \text{ m}^2$$

$$P = 90$$

$$A_e = 1,021 \text{ m}^2$$

Numero de emisores, **e = 2**

### 3.1. SEPARACIÓN ENTRE EMISORES

Hay que tener en cuenta durante el primer período de la plantación que si los emisores se sitúan de forma que el bulbo húmedo no esté muy próximo a las raíces, éstas pueden encontrar dificultad en atravesar el suelo situado entre el árbol y los bulbos, ya que habrá poca humedad, por tanto es recomendable situar los emisores próximos al arbusto.

El solape se define en forma de porcentaje respecto al radio del bulbo húmedo. Dicho porcentaje de solape debe estar comprendido entre el 15 y el 30 por 100. En este caso se toma un 20 %

La separación entre emisores ( $S_e$ ) debe ser:

$$S_e = r \cdot \left( 2 - \frac{a}{100} \right)$$

donde,

r es el radio del bulbo húmedo

a es el porcentaje de solape

Por lo que se obtiene:

$$r = \varnothing_m / 2$$

$$r = 1,14 / 2$$

$$r = 0,57 \text{ m}$$

$$S_e = 0,57 - \left( 2 - \frac{20}{100} \right)$$

$$S_e = 1,026 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

Se comprueba ahora **el número real de emisores** que corresponde a cada planta con esta separación de emisores. Para ello, se debe tener en cuenta la separación entre plantas, por lo que:

Separación entre plantas: 0,5 m/planta

Separación entre emisores: 1emisor/m

**Emisores por planta:  $e = 0,5$  emisores/planta**

Se observa que con la separación de emisores de 1 m, el número de éstos por planta es mucho menor que el calculado con el 90 % de superficie mojada. Es decir, el porcentaje de superficie mojada real será mucho menor.

$$e = \frac{S_p \cdot P}{100 \cdot A_e} \rightarrow 0,5 = \frac{1,5 \cdot P}{100 \cdot 1,021} \rightarrow P = 34$$

Aunque en un principio se adoptaba un valor de  $P=90\%$ , el porcentaje de superficie real de superficie mojada (34%) es mayor que el mínimo establecido para el caso de árboles en clima húmedo (20%). Por lo tanto, se adopta finalmente **P= 34%**

### 3.2. DOSIS MÁXIMA

La dosis máxima viene expresada por esta formula:

$$D_m = \frac{CC - PMP}{100} \cdot \rho_a \cdot h \cdot P \cdot 1000$$

donde,

$D_m$  es la dosis máxima de riego, en mm

CC es la capacidad de campo, en % en masa

PMP, es el punto de marchitez permanente

$\rho_a$  es la densidad aparente, en g/cm<sup>3</sup>

$h$  es la profundidad efectiva de las raíces

$P$  es el porcentaje de superficie mojada, en tanto por uno.

Por lo que, sustituyendo se obtiene:

$$D_m = \frac{23,21 - 10,10}{100} \cdot 1,35 \cdot 0,15 \cdot 0,34 \cdot 1000$$
$$D_m = 10,54 \text{ mm}$$

### 3.3. DOSIS ÚTIL

Las raíces no extraen el agua del suelo con la misma facilidad dependiendo del contenido de humedad, por ello interesa no agotar toda la capacidad del suelo regando con dosis frecuentes y pequeñas.

Se define la dosis útil como un porcentaje de la dosis máxima de riego almacenada en la zona radicular.

$$D_u = 0,3 \cdot D_m$$

Por lo tanto, se obtiene una dosis útil:

$$D_u = 0,3 \cdot 10,54$$
$$D_u = 3,16 \text{ mm}$$

### 3.4. ESPACIAMIENTO Y DURACIÓN DEL RIEGO

Se define el espaciamiento entre riegos como el tiempo que transcurre entre dos riegos consecutivos. Se calcula como:

$$T = \frac{D_u}{N_n}$$
$$T = \frac{3,16}{3,02}$$
$$T = 1,04 \text{ días / riego} \approx 1 \text{ días / riego}$$

La jornada de riego se define como:

$$t = \frac{N_t}{(e \cdot q_a)}$$

donde,

$t$  es la jornada de riego en horas / día

$N_t$  son las necesidades totales expresadas en l /árbol y día

$e$  es el número de goteros por planta

$q_a$  es el caudal nominal del gotero, en l/h

Por lo que:

$$t = \frac{N_t}{(e \cdot q_a)} = \frac{4,44}{0,5 \cdot 4} = 2 \text{ horas / dia}$$

### 3.5. NÚMERO DE RIEGOS POR MES

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

Se calcula con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N}{T} = \frac{31}{2,9} = 16 \text{ riegos / mes}$$

Donde:

$N$  son los días del mes de máximas necesidades.

$T$  Es el intervalo entre riegos.

### 3.6. SELECCIÓN DE EMISORES

El riego localizado por goteo utiliza goteros o emisores a través de los cuales el agua sale gota a gota y se infiltra en el suelo en el mismo punto en que cae. La mayoría de los goteros trabajan a presiones en torno a los 10 m.c.a. con caudales unitarios que oscilan entre 2 y 16 l/h (goteros de bajo caudal), el utilizado en el presente proyecto será de 4 litros/hora.

Se van a utilizar goteros de largo conducto tipo laberinto, donde el agua sigue una trayectoria tortuosa, lo que les hace trabajar en régimen turbulento. Son muy poco sensibles a las variaciones de temperatura, de presión y a las obturaciones. Su conexión a la lateral de riego se realizará mediante perforación con un punzón de la lateral.

El gotero que se va utilizar será de tipo botón y de categoría A, con un coeficiente de variación de fabricación de 0,03.

Su ecuación característica es la siguiente:

$$q = 1,42xh^{0,45}$$



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO XI: DISEÑO HIDRÁULICO**

## ÍNDICE ANEJO XI

### DISEÑO HIDRÁULICO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS SUBUNIDADES DE RIEGO .....</b>	<b>1</b>
<b>3. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO A.....</b>	<b>2</b>
3.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD A1.....	2
3.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	2
3.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	3
3.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	4
3.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	6
3.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	7
3.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	10
3.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD A2.....	10
3.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	10
3.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	11
3.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	12
3.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	13
3.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	14
3.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	16
3.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD A3.....	18
3.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	18
3.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	19
3.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	19
3.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	20
3.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	21
3.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	22
3.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	24
3.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD A4.....	25
3.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	25

3.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	26
3.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	26
3.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	27
3.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	28
3.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	29
3.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	31
<b>4. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO B.....</b>	<b>31</b>
4.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD B1.....	31
4.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	31
4.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	32
4.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	32
4.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	32
4.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	33
4.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	34
4.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD B2.....	36
4.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	36
4.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	36
4.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	37
4.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	37
4.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	38
4.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	39
4.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	41
4.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD B3.....	42
4.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	42
4.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	42
4.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	42
4.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	43
4.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	44
4.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	45
4.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	46
4.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD B4.....	47
4.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	47
4.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	47

4.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	48
4.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	48
4.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	49
4.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	50
4.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	52
<b>5. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO C.....</b>	<b>52</b>
5.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD C1 .....	52
5.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	52
5.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	53
5.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	53
5.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	53
5.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	54
5.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	54
5.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	56
5.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD C2 .....	56
5.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	56
5.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	57
5.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	57
5.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	57
5.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	58
5.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	59
5.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	60
5.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD C3 .....	61
5.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	61
5.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	61
5.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	61
5.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	62
5.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	62
5.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	63
5.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	64
5.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD C4 .....	66
5.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	66
5.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	66

5.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	66
5.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	67
5.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	68
5.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	68
5.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	70
<b>6. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO D.....</b>	<b>71</b>
6.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD D1 .....	71
6.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	71
6.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	71
6.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	71
6.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	72
6.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	73
6.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	75
6.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	76
6.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD D2 .....	77
6.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	77
6.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	77
6.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	78
6.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	78
6.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	79
6.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	80
6.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	81
6.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD D3 .....	81
6.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	81
6.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	82
6.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	82
6.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	82
6.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	83
6.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	84
6.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	85
6.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD D4 .....	86
6.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	86
6.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	86

6.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	86
6.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	87
6.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	88
6.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	89
<b>7. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO E.....</b>	<b>91</b>
7.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E1.....	91
7.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	91
7.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	91
7.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	92
7.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	92
7.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	93
7.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	94
7.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	95
7.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E2.....	96
7.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	96
7.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	96
7.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	96
7.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	96
7.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	97
7.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	98
7.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	99
7.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E3.....	100
7.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	100
7.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	100
7.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	100
7.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	100
7.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	101
7.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	102
7.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	103
7.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E4.....	104
7.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	104
7.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	104
7.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	104

7.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	104
7.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	105
7.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	106
7.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	108
7.5. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E5.....	109
7.5.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	109
7.5.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	109
7.5.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	109
7.5.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	110
7.5.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	111
7.5.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	111
7.5.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	113
7.6. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E6.....	113
7.6.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	113
7.6.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	113
7.6.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	114
7.6.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	114
7.6.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	115
7.6.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	115
7.6.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	117
7.7. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E7.....	117
7.7.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	117
7.7.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	118
7.7.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	118
7.7.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	118
7.7.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	119
7.7.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	120
7.7.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	121
7.8. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E8.....	122
7.8.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	122
7.8.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	122
7.8.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	122
7.8.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	123

7.8.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	124
7.8.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	125
7.8.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	126
<b>8. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO F .....</b>	<b>127</b>
8.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD F1.....	127
8.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	127
8.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	127
8.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	127
8.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	128
8.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	128
8.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	129
8.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	130
8.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD F2.....	131
8.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	131
8.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	131
8.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	132
8.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	132
8.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	133
8.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	134
8.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	135
8.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD F3.....	135
8.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	135
8.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	136
8.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	136
8.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	136
8.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	137
8.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	138
8.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	139
8.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD F4.....	140
8.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	140
8.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	140
8.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	140
8.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	141

8.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	142
8.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	142
8.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	144
<b>9. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO G .....</b>	<b>144</b>
9.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD G1 .....	144
9.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	144
9.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	145
9.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	145
9.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	145
9.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	146
9.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	147
9.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	148
9.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD G2 .....	149
9.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	149
9.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	149
9.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	149
9.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	150
9.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	151
9.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	152
9.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	154
9.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD G3 .....	154
9.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	154
9.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	154
9.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	155
9.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	155
9.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	156
9.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	157
9.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	159
9.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD G4 .....	160
9.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES .....	160
9.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN .....	160
9.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES .....	160
9.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES.....	161

9.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL .....	161
9.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA .....	162
9.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA.....	163
<b>10. CALCULO DE LAS TUBERIAS SECUNDARIAS.....</b>	<b>164</b>
10.1 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA UNIDAD DE RIEGO A...	165
10.2 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA UNIDAD DE RIEGO B...	165
10.3 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA UNIDAD DE RIEGO C ..	166
10.4 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA UNIDAD DE RIEGO D ..	166
10.5 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA UNIDAD DE RIEGO E...	166
10.6 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA UNIDAD DE RIEGO F...	167
10.7 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA UNIDAD DE RIEGO G ..	167
<b>11. CALCULO DE LA TUBERIA PRINCIPAL .....</b>	<b>168</b>
<b>12. MOVIMIENTO DE TIERRAS .....</b>	<b>168</b>
12.1 DEFINICIÓN DE ZANJAS.....	168
12.2. EXCAVACIÓN DE LAS ZANJAS TUBERIAS TERCIARIAS .....	169
12.3 EXCAVACIÓN DE LAS ZANJAS TUBERIAS SECUNDARIAS.....	170
12.4 EXCAVACIÓN DE LA ZANJA DE LA TUBERIA PRIMARIA .....	170

## DISEÑO HIDRÁULICO

### 1. INTRODUCCIÓN

Con el proceso del diseño hidráulico fijaremos el numero de subunidades de riego, el tiempo de riego y la frecuencia de aplicación del mismo. Con ello, y tras determinar sus dimensiones calcularemos los caudales y las presiones de funcionamiento necesarias. Con todo ello iremos avanzando en el calculo de la red de tuberías hacia el cabezal de riego.

### 2. DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS SUBUNIDADES DE RIEGO

#### 2.1. NUMERO DE SUBUNIDADES DE RIEGO

Una subunidad de riego es la superficie gobernada por un regulador de presión, constituida normalmente por una terciaria y un conjunto de laterales. El regulador de presión tiene como función reducir el exceso de presión que lleva la tubería y garantizar que los goteros operan a la presión de trabajo.

Para el diseño de una subunidad de riego hay que combinar el cálculo hidráulico (caudales en tuberías laterales y terciarias, dimensionado de tuberías y determinación de presiones en laterales y terciarias) con la distribución en planta de la red.

Se denomina sector o unidad de riego al conjunto de subunidades de riego que se riegan simultáneamente. En nuestro caso dividiremos la finca en siete sectores de riego.

Cada sector de riego estará formado por un numero concreto de subunidades en función de la geometría de las parcelas. Sus dimensiones, orientación y topografía, están reflejadas en los planos correspondientes.

### 3. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO A

#### 3.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD A1

##### 3.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

El coeficiente de uniformidad (CU) está relacionado con los caudales mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \left( 1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}} \right) \cdot \frac{q_{ns}}{q_a}$$

donde,

CV es el coeficiente de variación de fabricación del emisor

e es el número de emisores que suministran agua a una misma planta

$q_{ns}$  es el caudal del emisor que aporta menos agua

$q_a$  es el caudal medio de todos los emisores

En nuestro caso:

CV = 0,03

CU= 0,8

e= 0,5

$q_a=4l/h$

Por lo que:

$q_{ns} = 3,45 L/h$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 3.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

La máxima diferencia de presión que puede haber en la subunidad de riego es aquella que se produce cuando la diferencia de caudales entre los emisores que arrojan el caudal máximo y mínimo es del 10 % del caudal nominal.

Teniendo en cuenta que la ecuación de un emisor es:

$$q = K \cdot h^x \quad [1]$$

Derivando se tiene:

$$dq = K \cdot x \cdot h^{x-1} dh \quad [2]$$

Si se despeja K en [1] y se introduce este valor en [2], se obtiene:

$$\begin{aligned} dq &= \frac{q}{h^x} \cdot x \cdot h^{x-1} dh \\ dq &= q \cdot x \cdot \frac{dh}{h} \end{aligned}$$

Por tanto,

$$dh = \frac{1}{x} \cdot \frac{dq}{q} \cdot h \rightarrow \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{UD} = \frac{1}{x} \cdot 0,1 \cdot H_{nominal}$$

donde,

$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{UD}$  es la variación máxima de presión admisible en la unidad de riego

x es el exponente de descarga del emisor. En este caso, x = 0,45

$H_{nominal}$  es la presión nominal del emisor

Sustituyendo se obtiene,

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{0,1}{0,45} \cdot 10 = 2,22 \text{ m.c.a.}$$

Se reparte esta tolerancia de presiones máxima admisible entre la tubería terciaria y los laterales de riego.

Se opta por admitir una variación de presión admisible del 45 % del total en la terciaria y del 55 % en el lateral.

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 3.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades.

Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

Las pérdidas de carga a lo largo de un lateral se calculan con la fórmula de Cruciani para tuberías de PE:

$$h_r = 0,592 \cdot \left( \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \cdot L$$

donde,

$h_r$  es la pérdida de carga por rozamiento continuo, en metros

$Q$  es el caudal circulante por cada lateral, en l/h

D es el diámetro interior de la tubería, en mm

L es la longitud de la tubería, en metros

La pérdida de carga unitaria, se obtiene como:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

donde J es la pérdida de carga unitaria, en m/m

La conexión de un emisor a la tubería lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería, a la que se representa por  $f_e$ . La pérdida de carga unitaria, incluido el efecto de las conexiones se obtiene mayorando la que se produce al no haber conexiones:

$$J' = J \cdot \left( \frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

donde,

$J'$  es la pérdida de carga unitaria incluido el efecto de la conexión emisor-lateral

$f_e$  es la longitud equivalente de la conexión. En el caso, de conexión interlínea,  $f_e$  es independiente del diámetro y vale  $f_e = 0,23$  m

$S_e$  es la separación entre emisores.

La pérdida de carga en el lateral se calcula como:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

donde,

$h_f$  es la pérdida de carga en el lateral, considerada como una tubería con servicio en ruta, distribución uniforme y discreta

F es el coeficiente de Christiansen. Valor tabulado en función del número de emisores (N), la relación entre la separación entre los laterales y emisores y en función del exponente del caudal en la fórmula de cálculo de las pérdidas de carga. En este caso,  $S_o = S_e$

Los laterales de riego son alimentados por su extremo superior por la tubería terciaria.

Para el cálculo de los laterales, se adopta el convenio de considerar a la pendiente  $i$  como positiva cuando el agua va hacia arriba y negativa en caso contrario.

### 3.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) \pm \Delta Z_{LR}$$

donde,

$(a \cdot hr)_{LR}$  son las pérdidas de carga, incluidas las pérdidas de carga singulares, que se producen en un lateral de riego

$\Delta Z_{LR}$  es el desnivel existente en el lateral de riego

El signo más corresponde a laterales ascendentes y el signo menos a laterales descendentes.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene:

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,3 = 0,92m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad A1, tenemos 17 laterales de 54 metros de longitud, y 9 de 53 metros, por lo que:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-17	54	0,3	0,0056	54	216	13,6	0,030	1	0,23	1,23	0,037	0,373	0,74
18-26	53	0,3	0,0057	53	212	13,6	0,029	1	0,23	1,23	0,035	0,373	0,70

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los dos casos es  $< 0,92$  m

### 3.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

donde,

$h_m$  es la presión al inicio del lateral, en m

$h_a$  es la presión nominal de los emisores, en m

$h_f$  es la pérdida de carga en el lateral, en m

$\Delta Z$  es el desnivel existente entre los extremos del lateral, en m

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

LATERAL	ha	hm
1-17	10	10,69
18-26	10	10,66

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,69m$

### 3.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad A1 transporta en origen un caudal de 5580 l/h, con una longitud de 76,50m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,5$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,5 = 0,49m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 0,49 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{0,49}{1,2} = 0,40m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria. Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
3416	49,5	0,5	0,4	0,008	16	0,398	40,75

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
2124	27	0,5	0,4	0,015	10	0,410	30,30

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 50 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	3416	49,5	0,014	16	0,398	0,28

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	2124	27	0,018	10	0,410	0,20

### 3.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

donde,

$H_m$  es la presión al inicio de la tubería terciaria, en m

$H_a$  es la presión al inicio del lateral más exigente, en m

$(a \cdot h_f)_{TT}$  es la pérdida de carga total en la tubería terciaria, en m

$\Delta Z_{TT}$  es el desnivel de la tubería terciaria, en m

$h_v$  es la pérdida de carga en la válvula, en m

Sabiendo que se necesita una presión de 10,69 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,69 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,48) + \left( \frac{0,5}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,63m$$

### 3.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD A2

#### 3.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

El coeficiente de uniformidad (CU) está relacionado con los caudales mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \left( 1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}} \right) \cdot \frac{q_{ns}}{q_a}$$

donde,

CV es el coeficiente de variación de fabricación del emisor

e es el número de emisores que suministran agua a una misma planta

$q_{ns}$  es el caudal del emisor que aporta menos agua

$q_a$  es el caudal medio de todos los emisores

En nuestro caso:

CV = 0,03

CU= 0,8

e= 0,5

$q_a=4l/h$

Por lo que:

$q_{ns} = 3,45 L/h$

### 3.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

Será la misma que la obtenida en el punto 3.1.2

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{UD} = \Delta H_{TOTAL} = \frac{0,1}{0,45} \cdot 10 = 2,22 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 3.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

Las pérdidas de carga a lo largo de un lateral se calculan con la fórmula de Cruciani para tuberías de PE:

$$h_r = 0,592 \cdot \left( \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \cdot L$$

La pérdida de carga unitaria, se obtiene como:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

donde J es la pérdida de carga unitaria, en m/m

La conexión de un emisor a la tubería lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería, a la que se representa por  $f_e$ . La pérdida de carga unitaria, incluido el efecto de las conexiones se obtiene mayorando la que se produce al no haber conexiones:

$$J' = J \cdot \left( \frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

La pérdida de carga en el lateral se calcula como:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Los laterales de riego son alimentados por su extremo superior por la tubería terciaria.

Para el cálculo de los laterales, se adopta el convenio de considerar a la pendiente  $i$  como positiva cuando el agua va hacia arriba y negativa en caso contrario.

### 3.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) \pm \Delta Z_{LR}$$

donde,

$(a \cdot hr)_{LR}$  son las pérdidas de carga, incluidas las pérdidas de carga singulares, que se producen en un lateral de riego

$\Delta Z_{LR}$  es el desnivel existente en el lateral de riego

El signo más corresponde a laterales ascendentes y el signo menos a laterales descendentes.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene:

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,3 = 0,92m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad A2, tenemos 4 laterales de 53 metros de longitud, y 7 de 52 metros, 6 de 51 metros y 10 de 50 metros, por lo que:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	Nº GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-4	53	0,3	0,0057	53	212	13,6	0,029	1	0,23	1,23	0,035	0,373	0,70
5-11	52	0,3	0,0058	52	208	13,6	0,028	1	0,23	1,23	0,034	0,373	0,66
12-17	51	0,3	0,0059	51	204	13,6	0,027	1	0,23	1,23	0,033	0,373	0,63
18-27	50	0,3	0,0060	50	200	13,6	0,026	1	0,23	1,23	0,032	0,374	0,60

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es < 0,92 m

### 3.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

LATERAL	ha	hm
1-4	10	10,66
5-11	10	10,64
12-17	10	10,61
18-27	10	10,59

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,66\text{m}$

### 3.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad A2 transporta en origen un caudal de 5528 l/h, con una longitud de 79,50m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,5\text{ m}$ .

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,5 = 1,49m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,49 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{1,49}{1,2} = 1,24m\end{aligned}$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
3224	49,5	-0,5	1,24	0,025	16	0,395	31,39

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
2304	30	-0,5	1,24	0,041	11	0,410	25,16

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 32 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	3224	49,5	0,037	16	0,398	0,72

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
28	2304	30	0,061	11	0,410	0,75

### 3.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,66 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,66 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 1,47) + \left( \frac{-0,5}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,69m$$

### 3.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD A3

#### 3.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

El coeficiente de uniformidad (CU) está relacionado con los caudales mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \left( 1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}} \right) \cdot \frac{q_{ns}}{q_a}$$

donde,

CV es el coeficiente de variación de fabricación del emisor

e es el número de emisores que suministran agua a una misma planta

$q_{ns}$  es el caudal del emisor que aporta menos agua

$q_a$  es el caudal medio de todos los emisores

En nuestro caso:

CV = 0,03

CU= 0,8

e= 0,5

$q_a$ =4l/h

Por lo que:

$q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 3.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

Será la misma que la obtenida en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 3.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

Todos los laterales son tuberías de PE 50AD Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

Las pérdidas de carga a lo largo de un lateral se calculan con la fórmula de Cruciani para tuberías de PE:

$$h_r = 0,592 \cdot \left( \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \cdot L$$

La pérdida de carga unitaria, se obtiene como:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

donde J es la pérdida de carga unitaria, en m/m

La conexión de un emisor a la tubería lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro

del lateral. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería, a la que se representa por  $f_e$ . La pérdida de carga unitaria, incluido el efecto de las conexiones se obtiene mayorando la que se produce al no haber conexiones:

$$J' = J \cdot \left( \frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

La pérdida de carga en el lateral se calcula como:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Los laterales de riego son alimentados por su extremo superior por la tubería terciaria.

Para el cálculo de los laterales, se adopta el convenio de considerar a la pendiente  $i$  como positiva cuando el agua va hacia arriba y negativa en caso contrario.

### 3.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) \pm \Delta Z_{LR}$$

donde,

$(a \cdot hr)_{LR}$  son las pérdidas de carga, incluidas las pérdidas de carga singulares, que se producen en un lateral de riego

$\Delta Z_{LR}$  es el desnivel existente en el lateral de riego

El signo más corresponde a laterales ascendentes y el signo menos a laterales descendentes.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene:

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,3 = 0,92m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad A3, tenemos 1 laterales de 50 metros de longitud, 1 de 49 metros, 6 de 48 metros, 6 de 47 metros, 5 de 46 metros, 6 de 45 metros y 2 de 44 metros, por lo que:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1	50	0,3	0,0060	50	200	13,6	0,026	1	0,23	1,23	0,032	0,373	0,60
2	49	0,3	0,0061	49	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,373	0,57
3-8	48	0,3	0,0063	48	192	13,6	0,024	1	0,23	1,23	0,030	0,373	0,53
9-14	47	0,3	0,0064	47	188	13,6	0,023	1	0,23	1,23	0,029	0,374	0,50
15-19	46	0,3	0,0065	46	184	13,6	0,022	1	0,23	1,23	0,028	0,375	0,48
20-25	45	0,3	0,0067	45	180	13,6	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,375	0,45
26-27	44	0,3	0,0068	44	176	13,6	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,375	0,42

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 0,92$  m

### 3.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1	10	10,59
2	10	10,56
3-8	10	10,54
9-14	10	10,52
15-19	10	10,50
20-25	10	10,48
26-27	10	10,46

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,59m$

### 3.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad A3 transporta en origen un caudal de 5052 l/h, con una longitud de 79,50m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,5$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\Delta H_{TT} = 0,99m$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT}$$

$$(a \cdot hr)_{TT} = \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT}$$

$$(a \cdot hr)_{TT} = 0,99 - 0,5 = 0,49m$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$0,49 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$hr_{TT} = \frac{0,49}{1,2} = 0,40m$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
3596	57	0,5	0,4	0,007	19	0,395	42,72

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
1432	22,5	0,5	0,4	0,018	8	0,410	25,22

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 50 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 32 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	3596	57	0,015	19	0,390	0,34

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
28	1432	22,5	0,026	8	0,410	0,24

### 3.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,59 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,59 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,58) + \left( \frac{0,5}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 13,33m$$

## 3.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD A4

### 3.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

El coeficiente de uniformidad (CU) está relacionado con los caudales mediante la siguiente fórmula:

$$CU = \left( 1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{e}} \right) \cdot \frac{q_{ns}}{q_a}$$

donde,

CV es el coeficiente de variación de fabricación del emisor

e es el número de emisores que suministran agua a una misma planta

$q_{ns}$  es el caudal del emisor que aporta menos agua

$q_a$  es el caudal medio de todos los emisores

En nuestro caso:

CV = 0,03

CU= 0,8

e= 0,5

$q_a=4l/h$

Por lo que:

$q_{ns} = 3,45 L/h$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 3.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

Será la misma que la obtenida en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 3.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

Las pérdidas de carga a lo largo de un lateral se calculan con la fórmula de Cruciani para tuberías de PE:

$$h_r = 0,592 \cdot \left( \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \cdot L$$

La pérdida de carga unitaria, se obtiene como:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

donde J es la pérdida de carga unitaria, en m/m

La conexión de un emisor a la tubería lateral ocasiona una pérdida de carga cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral. A efectos de cálculo, las conexiones se pueden sustituir por una longitud equivalente de tubería, a la que se representa por  $f_e$ . La pérdida de carga unitaria, incluido el efecto de las conexiones se obtiene mayorando la que se produce al no haber conexiones:

$$J' = J \cdot \left( \frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

La pérdida de carga en el lateral se calcula como:

$$h_f = J' \cdot F \cdot L$$

Los laterales de riego son alimentados por su extremo superior por la tubería terciaria.

Para el cálculo de los laterales, se adopta el convenio de considerar a la pendiente  $i$  como positiva cuando el agua va hacia arriba y negativa en caso contrario.

### 3.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) \pm \Delta Z_{LR}$$

donde,

$(a \cdot hr)_{LR}$  son las pérdidas de carga, incluidas las pérdidas de carga singulares, que se producen en un lateral de riego

$\Delta Z_{LR}$  es el desnivel existente en el lateral de riego

El signo más corresponde a laterales ascendentes y el signo menos a laterales descendentes.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene:

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,3 = 0,92m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad A4, tenemos 4 laterales de 44 metros de longitud, 6 de 43 metros, 6 de 42 metros, 6 de 41 metros, 2 de 40 metros y 1 de 33metros, por lo que:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-4	44	0,3	0,0068	44	176	13,6	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,373	0,42
5-10	43	0,3	0,0070	43	172	13,6	0,020	1	0,23	1,23	0,025	0,373	0,40
11-16	42	0,3	0,0071	42	168	13,6	0,019	1	0,23	1,23	0,024	0,373	0,37
17-22	41	0,3	0,0073	41	164	13,6	0,018	1	0,23	1,23	0,023	0,374	0,35
23-24	40	0,3	0,0075	40	160	13,6	0,018	1	0,23	1,23	0,022	0,375	0,35
25	33	0,3	0,0091	33	132	13,6	0,013	1	0,23	1,23	0,015	0,375	0,20

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 0,92$  m

### 3.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-4	10	10,46
5-10	10	10,44
11-16	10	10,42
17-22	10	10,41
23-24	10	10,39
25	10	10,29

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,46m$

### 3.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad A4 transporta en origen un caudal de 4180l/h, con una longitud de 73,50m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,5$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned} \Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,5 = 1,49m \end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$0,49 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$hr_{TT} = \frac{0,49}{1,2} = 1,24m$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
2744	45	-0,5	1,24	0,028	16	0,395	28,99

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
1432	24,5	-0,5	1,24	0,051	9	0,421	20,35

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 25 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	2744	45	0,028	16	0,395	0,49

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
21	1432	24,5	0,103	9	0,421	1,07

### 3.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,46 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,46 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 1,56) + \left( \frac{-0,5}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,33m$$

## 4. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO B

### 4.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD B1

#### 4.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

#### 4.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

#### 4.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,2 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

#### 4.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) \pm \Delta Z_{LR}$$

donde,

$(a \cdot hr)_{LR}$  son las pérdidas de carga, incluidas las pérdidas de carga singulares, que se producen en un lateral de riego

$\Delta Z_{LR}$  es el desnivel existente en el lateral de riego

El signo más corresponde a laterales ascendentes y el signo menos a laterales descendentes.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene:

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,5 = 0,72m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad B1, tenemos 19 laterales con diferentes longitudes:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-4	79	0,5	0,0063	79	316	17,2	0,019	1	0,23	1,23	0,023	0,371	0,68
5-8	78	0,5	0,0064	78	312	17,2	0,019	1	0,23	1,23	0,023	0,371	0,66
9-12	77	0,5	0,0065	77	308	17,2	0,019	1	0,23	1,23	0,023	0,371	0,64
13-15	76	0,5	0,0066	76	304	17,2	0,018	1	0,23	1,23	0,022	0,371	0,62
16-17	75	0,5	0,0067	75	300	17,2	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,371	0,59
18	72	0,5	0,0069	72	288	17,2	0,016	1	0,23	1,23	0,020	0,371	0,53
19	62	0,5	0,0081	62	248	17,2	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,372	0,35

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los dos casos es  $< 0,72$  m

#### 4.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

donde,

$h_m$  es la presión al inicio del lateral, en m

$h_a$  es la presión nominal de los emisores, en m

$h_f$  es la pérdida de carga en el lateral, en m

$\Delta Z$  es el desnivel existente entre los extremos del lateral, en m

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-4	10	10,75
5-8	10	10,73
9-12	10	10,72
13-15	10	10,70
16-17	10	10,68
18	10	10,64
19	10	10,51

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,75$ m

#### 4.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad B1 transporta en origen un caudal de 5792 l/h, con una longitud de 49,50m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{TT} &= 0,99m \\
 \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\
 (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\
 (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m
 \end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}
 (a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\
 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\
 hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,57 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
5792	49,5	-0,3	0,57	0,012	19	0,390	45,76

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 63 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \\
 h_f &= J \cdot F \cdot L
 \end{aligned}$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
55,4	5792	49,5	0,012	19	0,390	0,23

#### 4.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 H_m &= H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v \\
 H_m &= H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v
 \end{aligned}$$

donde,

$H_m$  es la presión al inicio de la tubería terciaria, en m

$H_a$  es la presión al inicio del lateral más exigente, en m

$(a \cdot h_f)_{TT}$  es la pérdida de carga total en la tubería terciaria, en m

$\Delta Z_{TT}$  es el desnivel de la tubería terciaria, en m

$h_v$  es la pérdida de carga en la válvula, en m

Sabiendo que se necesita una presión de 10,75 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,75 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,23) + \left( \frac{0,5}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,16 \text{ m}$$

## 4.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD B2

### 4.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 4.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

#### 4.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,2 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

#### 4.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = 1,22 - 0,5 = 0,72m$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad B2, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	LONGITUD L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE (i)	Nº GOTEROS	q <sub>l</sub> (L/H)	D <sub>int</sub> (mm)	J	S <sub>e</sub>	f <sub>e</sub>	(S <sub>e</sub> +f <sub>e</sub> )/S <sub>e</sub>	J'	F	h <sub>f</sub>
1-2	79	0,5	0,0063	79	316	17,2	0,019	1	0,23	1,23	0,023	0,371	0,68
3	79	0,5	0,0063	79	316	17,2	0,019	1	0,23	1,23	0,023	0,371	0,68
4	80	0,5	0,0063	80	320	17,2	0,019	1	0,23	1,23	0,024	0,371	0,71
5	79	0,5	0,0063	79	308	17,2	0,019	1	0,23	1,23	0,023	0,371	0,68
6	77	0,5	0,0065	77	304	17,2	0,018	1	0,23	1,23	0,022	0,371	0,64
7	76	0,5	0,0066	76	296	17,2	0,018	1	0,23	1,23	0,022	0,371	0,62
8	74	0,5	0,0068	74	288	17,2	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,371	0,57
9	72	0,5	0,0069	72	280	17,2	0,016	1	0,23	1,23	0,020	0,371	0,53
10	70	0,5	0,0071	70	272	17,2	0,015	1	0,23	1,23	0,019	0,371	0,49
11	67	0,5	0,0074	67	268	17,2	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,45
12	65	0,5	0,0075	65	260	17,2	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,44
13	63	0,5	0,0077	63	252	17,2	0,013	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,40
14	62	0,5	0,0079	62	248	17,2	0,013	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,37
15	60	0,5	0,0081	60	240	17,2	0,012	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,35
16	58	0,5	0,0083	58	232	17,2	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,32
17	56	0,5	0,0086	56	224	17,2	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,373	0,29

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es < 0,72 m

#### 4.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-2	10	10,75
3	10	10,77

4	10	10,75
5	10	10,72
6	10	10,70
7	10	10,68
8	10	10,64
9	10	10,61
10	10	10,58
11	10	10,57
12	10	10,54
13	10	10,52
14	10	10,51
15	10	10,49
16	10	10,47
17	10	10,45

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,75m$

#### 4.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad B2 transporta en origen un caudal de 4740 l/h, con una longitud de 44m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{TT} &= 0,99m \\
 \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\
 (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\
 (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m
 \end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$0,69 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$hr_{TT} = \frac{0,69}{1,2} = 0,58m$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
3016	29	0,3	0,58	0,020	10	0,415	32,45

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
1724	15	0,3	0,58	0,039	7	0,421	23,06

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 32 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	3016	29	0,033	10	0,415	0,39

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
28	1724	15	0,036	7	0,421	0,23

#### 4.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,75 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,75 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,62) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,27m$$

## 4.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD B3

### 4.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 4.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 4.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,2 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

#### 4.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,3 = 0,92m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad B3, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-2	80	0,3	0,0063	80	320	17.2	0,019	1	0,23	1,23	0,024	0,371	0,71
3-4	81	0,3	0,0062	81	324	17.2	0,020	1	0,23	1,23	0,024	0,371	0,73
5	82	0,3	0,0061	82	328	17.2	0,020	1	0,23	1,23	0,025	0,371	0,76
6	83	0,3	0,0060	83	332	17.2	0,021	1	0,23	1,23	0,025	0,371	0,78
7	84	0,3	0,0060	84	336	17.2	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,371	0,81
8	85	0,3	0,0059	85	340	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,371	0,84
9	86	0,3	0,0058	86	344	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,371	0,86
10	87	0,3	0,0057	87	348	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,028	0,371	0,89
11	86	0,3	0,0058	86	344	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,371	0,86
12	84	0,3	0,0060	84	336	17.2	0,021	1	0,23	1,23	0,028	0,371	0,81
13	82	0,3	0,0061	82	328	17.2	0,020	1	0,23	1,23	0,027	0,371	0,76
14	80	0,3	0,0063	80	320	17.2	0,019	1	0,23	1,23	0,026	0,371	0,71
15	78	0,3	0,0064	78	312	17.2	0,019	1	0,23	1,23	0,025	0,371	0,66
16	76	0,3	0,0066	76	304	17.2	0,018	1	0,23	1,23	0,024	0,371	0,62
17	73	0,3	0,0068	73	292	17.2	0,017	1	0,23	1,23	0,023	0,371	0,55
18	71	0,3	0,0070	71	284	17.2	0,016	1	0,23	1,23	0,019	0,371	0,51
19	47	0,3	0,0106	47	188	17.2	0,008	1	0,23	1,23	0,009	0,374	0,17

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 0,92$  m

#### 4.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-2	10	10,77
3-4	10	10,79
5	10	10,81
6	10	10,82
7	10	10,84
8	10	10,86
9	10	10,88
10	10	10,90
11	10	10,88
12	10	10,84
13	10	10,81
14	10	10,77
15	10	10,73
16	10	10,70
17	10	10,65
18	10	10,62
19	10	10,37

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,90m$

#### 4.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad B3 transporta en origen un caudal de 6024 l/h, con una longitud de 57m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,58m\end{aligned}$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	$\Delta Z(m)$	$hr_{TT}(m)$	J (m/m)	N	F	D (mm)
3964	36	0,3	0,58	0,016	14	0,400	37,27

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
2060	21	0,3	0,58	0,028	5	0,421	26,43

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 50 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 32 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	3964	36	0,018	14	0,400	0,26

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
28	2060	21	0,050	5	0,421	0,44

#### 4.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,75 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = 10,90 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,70) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$
$$H_m = 12,69m$$

## 4.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD B4

### 4.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 4.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

#### 4.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,2 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

#### 4.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 + 0,5 = 1,72m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad B4, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-2	90	-0,5	-0,0056	90	360	17.2	0,024	1	0,23	1,23	0,029	0,371	0,98
3-4	89	-0,5	-0,0056	89	356	17.2	0,023	1	0,23	1,23	0,029	0,371	0,95
5	88	-0,5	-0,0057	88	352	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,028	0,371	0,92
6-7	87	-0,5	-0,0057	87	348	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,028	0,371	0,89
8	86	-0,5	-0,0058	86	344	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,371	0,86
9	85	-0,5	-0,0059	85	340	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,371	0,84
10	84	-0,5	-0,0060	84	336	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,371	0,81
11	83	-0,5	-0,0060	83	332	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,026	0,371	0,78
12	82	-0,5	-0,0061	82	328	17.2	0,022	1	0,23	1,23	0,025	0,371	0,76
13 -14	81	-0,5	-0,0062	81	324	17.2	0,021	1	0,23	1,23	0,025	0,371	0,73
15	80	-0,5	-0,0063	80	320	17.2	0,020	1	0,23	1,23	0,024	0,371	0,71
16	78	-0,5	-0,0064	78	312	17.2	0,019	1	0,23	1,23	0,023	0,371	0,66

17	77	-0,5	-0,0065	77	308	17.2	0,019	1	0,23	1,23	0,022	0,371	0,64
18	76	-0,5	-0,0066	76	304	17.2	0,018	1	0,23	1,23	0,022	0,371	0,62
19	75	-0,5	-0,0067	75	300	17.2	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,371	0,59

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es < 1,72 m

#### 4.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
<b>1-2</b>	10	9,99
<b>3-4</b>	10	10
<b>5</b>	10	10
<b>6-7</b>	10	10,01
<b>8</b>	10	10,02
<b>9</b>	10	10,03
<b>10</b>	10	10,03
<b>11</b>	10	10,04
<b>12</b>	10	10,05
<b>13 -14</b>	10	10,05
<b>15</b>	10	10,06
<b>16</b>	10	10,07

<b>17</b>	10	10,08
<b>18</b>	10	10,09
<b>19</b>	10	10,09

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,09m$

#### 4.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad B4 transporta en origen un caudal de 6352 l/h, con una longitud de 57m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,57m\end{aligned}$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
4439	39	0,3	0,57	0,015	14	0,400	39,66

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
1913	18	0,3	0,58	0,032	5	0,421	24,89

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 50 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 32 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	4439	39	0,022	14	0,400	0,35

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
28	1913	18	0,044	5	0,421	0,33

#### 4.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,09 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = 10,09 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,68) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$
$$H_m = 12,01m$$

### 5. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO C

#### 5.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD C1

##### 5.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 5.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 5.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,2 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

### 5.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = 1,22 - 0,3 = 0,92m$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad C1, tenemos laterales de la misma longitud con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-26	60	0,3	0,0050	60	240	17.2	0,012	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,32

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 0,92$  m

### 5.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-26	10	10,39

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,39$ m

### 5.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad C1 transporta en origen un caudal de 6240 l/h, con una longitud de 80m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,5$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,5 = 1,49m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,49 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{1,49}{1,2} = 1,24m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
6240	80	-0,5	1,24	0,016	26	0,387	44,10

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 63 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$\begin{aligned}J &= \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \\ h_f &= J \cdot F \cdot L\end{aligned}$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
55,4	6242	80	0,014	26	0,387	0,42

### 5.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,39 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,39 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,42) + \left( \frac{0,5}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,25m$$

## 5.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD C2

### 5.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 5.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 5.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

### 5.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = 1,22 + 0,5 = 1,72m$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad C2, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	hf
1	60	-0,5	-0,0083	60	240	13,6	0,036	1	0,23	1,23	0,044	0,372	0,98
2-10	61	-0,5	-0,0082	61	244	13,6	0,037	1	0,23	1,23	0,045	0,372	1,03
11-17	62	-0,5	-0,0081	62	248	13,6	0,038	1	0,23	1,23	0,047	0,372	1,07
18-26	63	-0,5	-0,0079	63	252	13,6	0,039	1	0,23	1,23	0,048	0,372	1,12

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,72$  m

### 5.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1	10	10,47
2-10	10	10,50

<b>11-17</b>	10	10,54
<b>18-26</b>	10	10,57

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,57m$

### 5.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad C2 transporta en origen un caudal de 6464 l/h, con una longitud de 80m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,5$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,5 = 1,49m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,49 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{1,49}{1,2} = 1,24m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
6464	80	-0,5	1,24	0,016	26	0,387	44,67

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 63 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
55,4	6464	80	0,014	26	0,387	0,45

### 5.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,57 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,57 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,45) + \left( \frac{0,5}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,61m$$

### 5.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD C3

#### 5.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

#### 5.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

#### 5.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,2 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

### 5.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,3 = 0,92m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad C3, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-26	60	0,3	0,0050	60	240	17.2	0,012	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,32

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 0,92$  m

### 5.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
<b>1-26</b>	10	10,39

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,39m$

### 5.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad C3 transporta en origen un caudal de 6240 l/h, con una longitud de 72m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,5$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned} \Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,5 = 0,49m \end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$0,49 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$hr_{TT} = \frac{0,49}{1,2} = 0,40m$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
6240	72	0,5	0,4	0,006	26	0,387	54,73

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 63 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
55,4	6242	72	0,014	26	0,387	0,38

### 5.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,39 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,39 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,38) + \left( \frac{0,5}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,37 \text{ m}$$

## 5.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD C4

### 5.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 5.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 5.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

#### 5.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 + 0,5 = 1,72m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad C4, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-3	60	-0,5	-0,0083	60	240	13,6	0,036	1	0,23	1,23	0,044	0,372	0,98
4	58	-0,5	-0,0086	58	232	13,6	0,034	1	0,23	1,23	0,041	0,373	0,90
5	54	-0,5	-0,0083	54	216	13,6	0,030	1	0,23	1,23	0,037	0,374	0,60
6	50	-0,5	-0,0100	50	200	13,6	0,026	1	0,23	1,23	0,032	0,375	0,45
7	45	-0,5	-0,0111	45	180	13,6	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,376	0,35
8	41	-0,5	-0,0122	41	164	13,6	0,018	1	0,23	1,23	0,023	0,377	0,26
9	37	-0,5	-0,0135	37	148	13,6	0,015	1	0,23	1,23	0,019	0,387	0,18
10	32	-0,5	-0,0156	32	128	13,6	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,387	0,13
11	28	-0,5	-0,0179	28	112	13,6	0,009	1	0,23	1,23	0,012	0,387	0,08
12	24	-0,5	-0,0208	24	96	13,6	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,390	0,05
13	20	-0,5	-0,0250	20	80	13,6	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,398	0,03
14	16	-0,5	-0,0313	16	64	13,6	0,004	1	0,23	1,23	0,004	0,398	0,02

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,72$  m

### 5.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
<b>1-3</b>	10	9,99
<b>4</b>	10	9,99
<b>5</b>	10	9,99
<b>6</b>	10	10,01
<b>7</b>	10	10,05
<b>8</b>	10	10,09
<b>9</b>	10	10,13
<b>10</b>	10	10,16
<b>11</b>	10	10,18
<b>12</b>	10	10,20
<b>13</b>	10	10,22
<b>14</b>	10	10,23

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,23m$

### 5.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad C4 transporta en origen un caudal de 2828 l/h, con una longitud de 72m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,5$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,5 = 0,49m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 0,49 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{0,49}{1,2} = 0,40m\end{aligned}$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
1996	27	0,5	0,4	0,015	10	0,400	29,46

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
832	45	0,5	0,4	0,009	16	0,395	23,70

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 32 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	1996	27	0,016	10	0,400	0,17

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
28	832	45	0,010	16	0,395	0,18

#### 5.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,23 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = 10,28 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,35) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$
$$H_m = 12,20m$$

## 6. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO D

### 6.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD D1

#### 6.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

#### 6.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

#### 6.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE

50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

#### 6.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1	56	-0,2	-0,0036	56	224	13,6	0,032	1	0,23	1,23	0,039	0,373	0,81
2	55	-0,2	-0,0036	55	220	13,6	0,031	1	0,23	1,23	0,038	0,373	0,77
3	54	-0,2	-0,0037	54	216	13,6	0,030	1	0,23	1,23	0,037	0,373	0,74
4	53	-0,2	-0,0038	53	212	13,6	0,029	1	0,23	1,23	0,035	0,373	0,70
5	52	-0,2	-0,0038	52	208	13,6	0,028	1	0,23	1,23	0,034	0,373	0,66
6	51	-0,2	-0,0039	51	204	13,6	0,027	1	0,23	1,23	0,033	0,373	0,63
7	50	-0,2	-0,0040	50	200	13,6	0,026	1	0,23	1,23	0,032	0,374	0,60
8	49	-0,2	-0,0041	49	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,374	0,57
9	48	-0,2	-0,0042	48	192	13,6	0,024	1	0,23	1,23	0,030	0,374	0,53
10	47	-0,2	-0,0043	47	188	13,6	0,023	1	0,23	1,23	0,029	0,374	0,50
11	46	-0,2	-0,0043	46	184	13,6	0,022	1	0,23	1,23	0,028	0,375	0,48
12-13	45	-0,2	-0,0044	45	180	13,6	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,375	0,45
14	44	-0,2	-0,0044	44	180	13,6	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,375	0,45
15	43	-0,2	-0,0045	43	176	13,6	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,375	0,42
16	42	-0,2	-0,0047	42	172	13,6	0,020	1	0,23	1,23	0,025	0,375	0,40
17	41	-0,2	-0,0048	41	168	13,6	0,019	1	0,23	1,23	0,024	0,376	0,37
18	40	-0,2	-0,0049	40	164	13,6	0,018	1	0,23	1,23	0,023	0,376	0,35
19	39	-0,2	-0,0050	39	160	13,6	0,018	1	0,23	1,23	0,022	0,376	0,33
20	38	-0,2	-0,0051	38	156	13,6	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,377	0,30
21	37	-0,2	-0,0053	37	152	13,6	0,016	1	0,23	1,23	0,020	0,377	0,28
22	36	-0,2	-0,0054	36	148	13,6	0,015	1	0,23	1,23	0,019	0,377	0,26
23	35	-0,2	-0,0056	35	144	13,6	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,378	0,24
24	34	-0,2	-0,0057	34	140	13,6	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,378	0,23
25	33	-0,2	-0,0059	33	136	13,6	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,387	0,21
26	32	-0,2	-0,0061	32	132	13,6	0,013	1	0,23	1,23	0,015	0,387	0,20
27	31	-0,2	-0,0063	31	128	13,6	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,387	0,18
28	30	-0,2	-0,0065	30	124	13,6	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,387	0,17
29	30	-0,2	-0,0067	30	120	13,6	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,387	0,15
30	29	-0,2	-0,0067	29	120	13,6	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,387	0,15
31	28	-0,2	-0,0069	28	116	13,6	0,010	1	0,23	1,23	0,012	0,387	0,14
32	27	-0,2	-0,0071	27	112	13,6	0,009	1	0,23	1,23	0,012	0,387	0,13
33	26	-0,2	-0,0074	26	108	13,6	0,009	1	0,23	1,23	0,011	0,387	0,11
34	25	-0,2	-0,0077	25	104	13,6	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,387	0,10
35	24	-0,2	-0,0080	24	100	13,6	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,387	0,09
36	23	-0,2	-0,0083	23	96	13,6	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,387	0,08
37	22	-0,2	-0,0087	22	92	13,6	0,007	1	0,23	1,23	0,008	0,387	0,07
38	21	-0,2	-0,0091	21	88	13,6	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,387	0,06

39	20	-0,2	-0,0095	20	84	13,6	0,006	1	0,23	1,23	0,007	0,390	0,06
40	19	-0,2	-0,0100	19	80	13,6	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,390	0,05
41	18	-0,2	-0,0105	18	76	13,6	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,390	0,04
42	17	-0,2	-0,0111	17	72	13,6	0,004	1	0,23	1,23	0,005	0,392	0,04
43	16	-0,2	-0,0118	16	68	13,6	0,004	1	0,23	1,23	0,005	0,398	0,03

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 + 0,2 = 1,42 \text{ m}\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad D1, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,42 \text{ m}$

### 6.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1	10	10,70
2	10	10,67
3	10	10,64
4	10	<b>10,61</b>
5	10	10,59
6	10	10,56
7	10	10,54
8	10	10,51
9	10	10,49
10	10	10,47
11	10	10,45
12-13	10	10,43
14	10	10,43
15	10	10,41
16	10	10,39
17	10	10,37
18	10	10,36
19	10	10,34
20	10	10,32
21	10	10,31
22	10	10,29
23	10	10,28
24	10	10,27
25	10	10,26
26	10	10,24
27	10	10,23
28	10	10,22
29	10	10,21
30	10	10,21
31	10	10,20
32	10	10,19
33	10	10,18
34	10	10,18
35	10	10,17
36	10	10,16
37	10	10,15
38	10	10,15
39	10	10,14
40	10	10,14
41	10	10,13
42	10	10,13
43	10	10,12

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,70m$

### 6.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad D1 transporta en origen un caudal de 6632 l/h, con una longitud de 92m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,57m\end{aligned}$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	$\Delta Z(m)$	$hr_{TT}(m)$	J (m/m)	N	F	D (mm)
4704	81	0,3	0,57	0,007	28	0,382	46,80

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
1928	72	0,3	0,57	0,008	25	0,381	32,85

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 63 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
55,4	4704	81	0,008	28	0,382	0,26

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	1928	72	0,015	25	0,381	0,41

### 6.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,70 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,70 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,67) + \left( \frac{0,5}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,36m$$

## 6.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD D2

### 6.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 6.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 6.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,2 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

### 6.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot h r_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot h r)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot h r)_{LR} &= 1,22 + 0,2 = 1,42m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad D2, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	S <sub>e</sub>	f <sub>e</sub>	(S <sub>e</sub> +f <sub>e</sub> )/S <sub>e</sub>	J'	F	h <sub>f</sub>
1	57	-0,2	-0,0035	57	228	17,2	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,28
2	58	-0,2	-0,0034	58	232	17,2	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,373	0,29
3	58	-0,2	-0,0034	58	232	17,2	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,374	0,29
4	59	-0,2	-0,0034	59	236	17,2	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,375	0,31
5	60	-0,2	-0,0033	60	240	17,2	0,012	1	0,23	1,23	0,014	0,376	0,32
6	61	-0,2	-0,0033	61	244	17,2	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,377	0,34
7	62	-0,2	-0,0032	62	248	17,2	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,387	0,35
8	63	-0,2	-0,0032	63	252	17,2	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,387	0,37
9	64	-0,2	-0,0031	64	256	17,2	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,387	0,38

<b>10</b>	65	-0,2	-0,0031	65	260	17,2	0,013	1	0,23	1,23	0,017	0,390	0,40
<b>11</b>	66	-0,2	-0,0030	66	264	17,2	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,398	0,42
<b>12</b>	67	-0,2	-0,0030	67	268	17,2	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,398	0,44
<b>13</b>	68	-0,2	-0,0030	68	272	17,2	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,398	0,45

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es < 1,42 m

### 6.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
<b>1</b>	10	10,31
<b>2</b>	10	10,32
<b>3</b>	10	10,32
<b>4</b>	10	10,33
<b>5</b>	10	10,34
<b>6</b>	10	10,35
<b>7</b>	10	10,36
<b>8</b>	10	10,37
<b>9</b>	10	10,38
<b>10</b>	10	10,39
<b>11</b>	10	10,41
<b>12</b>	10	10,42
<b>13</b>	10	10,43

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,43m$

## 6.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad D2 transporta en origen un caudal de 3232 l/h, con una longitud de 30m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,3 = 1,29m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,29 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{1,29}{1,2} = 1,07m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	$\Delta Z(m)$	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
3232	30	0,3	1,07	0,064	13	0,403	29,29

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	3232	30	0,037	13	0,403	0,45

### 6.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,23 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,43 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,45) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,03m$$

### 6.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD D3

#### 6.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 6.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 6.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,2 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

### 6.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,2 = 1,02m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad D3, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-2	69	0,2	0,0029	69	276	17,2	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,47
3-4	68	0,2	0,0029	68	272	17,2	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,45
5-6	67	0,2	0,0030	67	268	17,2	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,44
7-8	66	0,2	0,0030	66	264	17,2	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,42
9-11	65	0,2	0,0031	65	260	17,2	0,013	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,40
12-13	64	0,2	0,0031	64	256	17,2	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,38
14-15	63	0,2	0,0032	63	252	17,2	0,012	1	0,23	1,23	0,016	0,372	0,37
16-17	62	0,2	0,0032	62	248	17,2	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,372	0,35
18-19	61	0,2	0,0033	61	244	17,2	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,372	0,34
20-21	60	0,2	0,0033	60	240	17,2	0,012	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,32

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,02$  m

### 6.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
<b>1-2</b>	10	10,45
<b>3-4</b>	10	10,43
<b>5-6</b>	10	10,42
<b>7-8</b>	10	10,41
<b>9-11</b>	10	10,39
<b>12-13</b>	10	10,38
<b>14-15</b>	10	10,37
<b>16-17</b>	10	10,36
<b>18-19</b>	10	10,35
<b>20-21</b>	10	10,34

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,45m$

### 6.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad D3 transporta en origen un caudal de 5420 l/h, con una longitud de 61m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned} \Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,3 = 1,29m \end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor "a" vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$1,29 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$hr_{TT} = \frac{1,29}{1,2} = 1,07 \text{ m}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
5420	61	-0,3	1,07	0,017	21	0,388	40,82

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 50 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	5420	61	0,017	21	0,388	0,40

### 6.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,45 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = 10,45 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,40) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$
$$H_m = 12,05m$$

## 6.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD D4

### 6.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 6.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 6.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE

50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, y Ø25 con  $D_{int}$  21 mm en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

#### 6.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 + 0,2 = 1,42m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad D4, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1	7	-0,2	-0,0036	7	28	13,6	0,001	1	0,23	1,23	0,001	0,438	0,00
2	13	-0,2	-0,0036	13	52	13,6	0,002	1	0,23	1,23	0,003	0,438	0,02
3	19	-0,2	-0,0037	19	76	13,6	0,005	1	0,23	1,23	0,006	0,390	0,04
4	25	-0,2	-0,0038	25	100	13,6	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,387	0,09
5	31	-0,2	-0,0038	31	124	13,6	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,387	0,17
6	37	-0,2	-0,0039	37	148	13,6	0,015	1	0,23	1,23	0,019	0,377	0,26
7	42	-0,2	-0,0040	42	168	13,6	0,019	1	0,23	1,23	0,024	0,376	0,37
8	48	-0,2	-0,0041	48	192	13,6	0,024	1	0,23	1,23	0,030	0,374	0,53
9	54	-0,2	-0,0042	54	216	13,6	0,030	1	0,23	1,23	0,037	0,373	0,74
10	60	-0,2	-0,0043	60	240	13,6	0,036	1	0,23	1,23	0,044	0,372	0,98
11	66	-0,2	-0,0043	66	264	13,6	0,042	1	0,23	1,23	0,052	0,371	1,27
12	72	-0,2	-0,0044	72	288	21	0,006	1	0,23	1,23	0,008	0,371	0,21
13	78	-0,2	-0,0044	78	312	21	0,007	1	0,23	1,23	0,009	0,371	0,26
14	83	-0,2	-0,0045	83	332	21	0,008	1	0,23	1,23	0,010	0,371	0,30
15	89	-0,2	-0,0047	89	356	21	0,009	1	0,23	1,23	0,011	0,371	0,37
16	95	-0,2	-0,0048	95	380	21	0,010	1	0,23	1,23	0,012	0,371	0,44
17	101	-0,2	-0,0049	101	404	21	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,371	0,52

<b>18</b>	107	-0,2	-0,0050	107	428	21	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,371	0,61
<b>19</b>	113	-0,2	-0,0051	113	452	21	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,71
<b>20</b>	118	-0,2	-0,0053	118	472	21	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,80

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es < 1,42 m

#### 6.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1	10	9,90
2	10	9,91
3	10	9,93
4	10	9,97
5	10	10,02
6	10	10,09
7	10	10,17
8	10	10,29
9	10	10,44
10	10	10,62
11	10	10,83
12	10	10,05
13	10	10,09
14	10	10,12
15	10	10,17

16	10	10,22
17	10	10,28
18	10	10,35
19	10	10,42
20	10	10,49

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,83m$

#### 6.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad D4 transporta en origen un caudal de 5032 l/h, con una longitud de 61m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,3 = 1,29m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,29 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{1,29}{1,2} = 1,07m\end{aligned}$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
1608	30	-0,3	1,07	0,036	11	0,410	22,73

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
3424	31	-0,3	1,07	0,035	9	0,421	30,41

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 32 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
28	1608	30	0,032	11	0,410	0,40

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	3424	31	0,041	9	0,381	0,48

#### 6.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,83 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = 10,83 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,88) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$
$$H_m = 12,33m$$

### 7. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO E

#### 7.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E1

##### 7.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

##### 7.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 7.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

### 7.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = 1,22 - 0,2 = 1,02m$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad E1, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
<b>1-2</b>	49	0,2	0,0041	49	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,374	0,57
<b>3</b>	50	0,2	0,0040	50	200	13,6	0,026	1	0,23	1,23	0,032	0,374	0,60
<b>4-5</b>	51	0,2	0,0039	51	204	13,6	0,027	1	0,23	1,23	0,033	0,373	0,63
<b>6-7</b>	52	0,2	0,0038	52	208	13,6	0,028	1	0,23	1,23	0,034	0,373	0,66
<b>8</b>	53	0,2	0,0038	53	212	13,6	0,029	1	0,23	1,23	0,035	0,373	0,70
<b>9-10</b>	54	0,2	0,0037	54	216	13,6	0,030	1	0,23	1,23	0,037	0,373	0,74
<b>11</b>	55	0,2	0,0036	55	220	13,6	0,031	1	0,23	1,23	0,038	0,373	0,77
<b>12-13</b>	56	0,2	0,0036	56	224	13,6	0,032	1	0,23	1,23	0,039	0,373	0,81
<b>14-15</b>	57	0,2	0,0035	57	228	13,6	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,373	0,85

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es < 1,02 m

### 7.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
<b>1-2</b>	10	10,51
<b>3</b>	10	10,54
<b>4-5</b>	10	10,56
<b>6-7</b>	10	10,59
<b>8</b>	10	10,61
<b>9-10</b>	10	10,64
<b>11</b>	10	10,67
<b>12-13</b>	10	10,70

14-15	10	10,73
-------	----	-------

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,73m$

### 7.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad E1 transporta en origen un caudal de 3184 l/h, con una longitud de 43,5m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,57m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
3184	43,5	0,3	0,57	0,012	15	0,398	35,87

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 50 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	3184	43,5	0,012	15	0,398	0,21

### 7.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,73 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,73 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,21) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,23m$$

## 7.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E2

### 7.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 7.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 7.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

### 7.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 + 0,2 = 1,42 \text{ m}\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad E2, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	q <sub>l</sub> (L/H)	Dint(mm)	J	Se	f <sub>e</sub>	(Se+f <sub>e</sub> )/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-15	49	-0,2	-0,0041	15	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,374	0,57

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,42 \text{ m}$

### 7.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
<b>1-15</b>	10	10,31

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,31m$

## 7.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad E2 transporta en origen un caudal de 2940 l/h, con una longitud de 43,5m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{TT} &= 0,99m \\
 \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\
 (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\
 (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m
 \end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}
 (a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\
 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\
 hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,57m
 \end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	$\Delta Z(m)$	$hr_{TT}(m)$	J (m/m)	N	F	D (mm)
2940	43,5	0,3	0,57	0,013	15	0,398	34,83

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	2940	43,5	0,012	15	0,398	0,21

## 7.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,31 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,31 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,21) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,22 \text{ m}$$

## 7.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E3

### 7.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 7.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 7.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

### 7.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,2 = 1,02 \text{ m}\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad E3, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-15	49	0,2	0,0041	15	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,374	0,57

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,02 \text{ m}$

### 7.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
<b>1-15</b>	10	10,51

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,51m$

### 7.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad E3 transporta en origen un caudal de 2940 l/h, con una longitud de 43,5m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{TT} &= 0,99m \\
 \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\
 (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\
 (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m
 \end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}
 (a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\
 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\
 hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,57m
 \end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	$\Delta Z(m)$	$hr_{TT}(m)$	J (m/m)	N	F	D (mm)
2940	43,5	0,3	0,57	0,013	15	0,398	34,83

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	2940	87	0,013	15	0,398	0,45

### 7.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,51 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,51 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,45) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,42 \text{ m}$$

## 7.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E4

### 7.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 7.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 7.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

### 7.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$

$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$

$$(a \cdot hr)_{LR} = 1,22 + 0,2 = 1,42m$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad E4, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1	45	-0,2	-0,0044	45	180	13,6	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,375	0,45
2	44	-0,2	-0,0045	44	176	13,6	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,375	0,42
3	43	-0,2	-0,0047	43	172	13,6	0,020	1	0,23	1,23	0,025	0,375	0,40
4	42	-0,2	-0,0048	42	168	13,6	0,019	1	0,23	1,23	0,024	0,376	0,37
5	41	-0,2	-0,0049	41	164	13,6	0,018	1	0,23	1,23	0,023	0,376	0,35
6	40	-0,2	-0,0050	40	160	13,6	0,018	1	0,23	1,23	0,022	0,376	0,33
7	39	-0,2	-0,0051	39	156	13,6	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,377	0,30
8	38	-0,2	-0,0053	38	152	13,6	0,016	1	0,23	1,23	0,020	0,377	0,28
9	37	-0,2	-0,0054	37	148	13,6	0,015	1	0,23	1,23	0,019	0,377	0,26
10	35	-0,2	-0,0057	35	140	13,6	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,378	0,23
11	34	-0,2	-0,0059	34	136	13,6	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,387	0,21
12	33	-0,2	-0,0061	33	132	13,6	0,013	1	0,23	1,23	0,015	0,387	0,20
13	32	-0,2	-0,0063	32	128	13,6	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,387	0,18
14	31	-0,2	-0,0065	31	124	13,6	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,387	0,17
15	28	-0,2	-0,0071	28	112	13,6	0,009	1	0,23	1,23	0,012	0,387	0,13

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,42$  m

#### 7.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1	10	10,23
2	10	10,21
3	10	10,19
4	10	10,17
5	10	10,16
6	10	10,14
7	10	10,12
8	10	10,11
9	10	10,09
10	10	10,07
11	10	10,06
12	10	10,04
13	10	10,03
14	10	10,02
15	10	9,99

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,23\text{m}$

#### 7.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad E4 transporta en origen un caudal de 2248 l/h, con una longitud de 43,5m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3\text{ m}$ .

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned} \Delta H_{TT} &= 0,99\text{m} \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69\text{m} \end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$0,69 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$hr_{TT} = \frac{0,69}{1,2} = 0,57m$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
1328	23	0,3	0,57	0,025	8	0,428	23,08

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
920	20,5	0,3	0,57	0,028	7	0,438	19,77

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 32 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 25 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
28	1328	23	0,023	8	0,428	0,23

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
21	920	20,5	0,048	7	0,430	0,42

#### 7.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,23 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,23 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,65) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,29m$$

## 7.5. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E5

### 7.5.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 7.5.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 7.5.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

## 7.5.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,2 = 1,02m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad E1, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1	49	0,2	0,0041	49	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,374	0,57
2-4	48	0,2	0,0042	48	192	13,6	0,024	1	0,23	1,23	0,030	0,374	0,53
5-7	49	0,2	0,0041	49	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,374	0,57
8-9	50	0,2	0,0040	50	200	13,6	0,026	1	0,23	1,23	0,032	0,373	0,60
10-12	51	0,2	0,0039	51	204	13,6	0,027	1	0,23	1,23	0,033	0,373	0,63
13-15	52	0,2	0,0038	20	208	13,6	0,028	1	0,23	1,23	0,034	0,373	0,66

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,02$  m

### 7.5.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1	10	10,51
2-4	10	10,49
5-7	10	10,51
8-9	10	10,54
10-12	10	10,56
13-15	10	10,59

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,59m$

### 7.5.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad E5 transporta en origen un caudal de 2996 l/h, con una longitud de 43,5m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\Delta H_{TT} = 0,99m$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT}$$

$$(a \cdot hr)_{TT} = \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT}$$

$$(a \cdot hr)_{TT} = 0,99 + 0,3 = 1,29m$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$1,29 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$hr_{TT} = \frac{1,29}{1,2} = 1,07m$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
2296	43,5	-0,3	1,07	0,012	15	0,398	27,85

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	2296	87	0,012	15	0,398	0,42

## 7.5.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,59 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = 10,59 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,52) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$
$$H_m = 12,29m$$

## 7.6. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E6

### 7.6.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 7.6.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 7.6.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

### 7.6.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$

$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$

$$(a \cdot hr)_{LR} = 1,22 + 0,2 = 1,42m$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad E6, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-15	49	-0,2	-0,0041	15	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,374	0,57

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,42$  m

### 7.6.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-15	10	10,31

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,31$  m

### 7.6.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad E6 transporta en origen un caudal de 2940 l/h, con una longitud de 43,5m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,3 = 1,29m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,29 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,575m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
2940	43,5	-0,3	1,07	0,025	15	0,398	30,50

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$\begin{aligned}J &= \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \\ h_f &= J \cdot F \cdot L\end{aligned}$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	2940	87	0,012	15	0,398	0,42

### 7.6.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,31 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,31 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,42) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 11,92 \text{ m}$$

### 7.7. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E7

#### 7.7.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

## 7.7.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

## 7.7.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

## 7.7.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$
$$(a \cdot hr)_{LR} = 1,22 - 0,2 = 1,02m$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad E7, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-15	49	0,2	0,0041	15	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,374	0,57

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,02$  m

### 7.7.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-15	10	10,51

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,51$ m

## 7.7.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad E7 transporta en origen un caudal de 2940 l/h, con una longitud de 43,5m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,3 = 1,29m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,29 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{1,29}{1,2} = 1,07m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	$\Delta Z(m)$	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
2940	43,5	-0,3	1,07	0,025	15	0,398	30,50

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	2940	87	0,012	15	0,398	0,42

### 7.7.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,51 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,51 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,42) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,12 \text{ m}$$

## 7.8. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD E8

### 7.8.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 7.8.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 7.8.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

#### 7.8.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 + 0,2 = 1,42m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad E8, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1	46	-0,2	-0,0044	46	184	13,6	0,022	1	0,23	1,23	0,028	0,375	0,48
2	47	-0,2	-0,0045	47	188	13,6	0,023	1	0,23	1,23	0,029	0,374	0,50
3	48	-0,2	-0,0047	48	192	13,6	0,024	1	0,23	1,23	0,030	0,374	0,53
4	49	-0,2	-0,0048	49	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,374	0,57
5	51	-0,2	-0,0049	51	204	13,6	0,027	1	0,23	1,23	0,033	0,373	0,63
6	52	-0,2	-0,0050	52	208	13,6	0,028	1	0,23	1,23	0,034	0,373	0,66
7	53	-0,2	-0,0051	53	212	13,6	0,029	1	0,23	1,23	0,035	0,373	0,70
8	55	-0,2	-0,0053	55	220	13,6	0,031	1	0,23	1,23	0,038	0,373	0,77
9	58	-0,2	-0,0054	58	232	13,6	0,034	1	0,23	1,23	0,041	0,372	0,90
10	57	-0,2	-0,0057	57	228	13,6	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,372	0,85
11	58	-0,2	-0,0059	58	232	13,6	0,034	1	0,23	1,23	0,041	0,372	0,90
12	59	-0,2	-0,0061	59	236	13,6	0,035	1	0,23	1,23	0,043	0,372	0,94
13	60	-0,2	-0,0063	60	240	13,6	0,036	1	0,23	1,23	0,044	0,372	0,98
14	61	-0,2	-0,0065	61	244	13,6	0,037	1	0,23	1,23	0,045	0,372	1,03
15	62	-0,2	-0,0071	62	248	13,6	0,038	1	0,23	1,23	0,047	0,372	1,07

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es < 1,42 m

### 7.8.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1	10	10,25
2	10	10,27
3	10	10,29
4	10	10,31
5	10	10,36
6	10	10,39
7	10	10,41
8	10	10,47
9	10	10,56
10	10	10,53
11	10	10,56
12	10	10,59
13	10	10,62
14	10	10,65
15	10	10,69

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,69m$

## 7.8.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad E8 transporta en origen un caudal de 3264 l/h, con una longitud de 43,5m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,3 = 1,29m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,29 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{1,29}{1,2} = 1,07m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	$\Delta Z(m)$	$hr_{TT}(m)$	J (m/m)	N	F	D (mm)
3264	43,5	-0,3	1,07	0,017	15	0,389	31,55

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	2248	87	0,017	15	0,389	0,58

### 7.8.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,69 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,69 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,58) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,45m$$

## 8. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO F

### 8.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD F1

#### 8.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

#### 8.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

#### 8.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,4 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ . A excepción del lateral 21 que será de PE A50 Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm

### 8.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot h r_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot h r)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot h r)_{LR} &= 1,22 - 0,2 = 1,02 \text{ m}\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad F1, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-20	64	0,2	0,0031	64	256	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,371	0,36
21	36	0,2	0,0056	36	144	13,66	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,378	0,24

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,02 \text{ m}$

### 8.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
<b>1-20</b>	10	10,37
<b>21</b>	10	10,28

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,37\text{m}$

### 8.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad F1 transporta en origen un caudal de 3840 l/h, con una longitud de 64m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3\text{ m}$ .

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned} \Delta H_{TT} &= 0,99\text{m} \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69\text{m} \end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}
 (a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\
 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\
 hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,57 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
3840	64	0,3	0,57	0,009	21	0,390	41,52

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 50 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \\
 h_f &= J \cdot F \cdot L
 \end{aligned}$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	3840	64	0,012	21	0,398	0,31

### 8.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 H_m &= H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v \\
 H_m &= H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v
 \end{aligned}$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,37 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,37 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,31) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,19m$$

## 8.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD F2

### 8.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 8.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 8.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø16 con  $D_{int}$  13,6 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

### 8.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 + 0,2 = 1,42m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad F2, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-3	63	-0,2	-0,0032	63	252	13,6	0,039	1	0,23	1,23	0,048	0,372	1,12
4-6	62	-0,2	-0,0032	62	248	13,6	0,038	1	0,23	1,23	0,047	0,372	1,07
7-8	61	-0,2	-0,0032	61	244	13,6	0,037	1	0,23	1,23	0,045	0,372	1,03
9-11	60	-0,2	-0,0033	60	240	13,6	0,036	1	0,23	1,23	0,044	0,372	0,98
12-13	59	-0,2	-0,0034	59	236	13,6	0,035	1	0,23	1,23	0,043	0,372	0,94
14-16	58	-0,2	-0,0034	58	232	13,6	0,034	1	0,23	1,23	0,041	0,372	0,90

17-19	57	-0,2	-0,0035	57	228	13,6	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,372	0,85
20-22	56	-0,2	-0,0036	56	224	13,6	0,032	1	0,23	1,23	0,039	0,373	0,81

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es < 1,02 m

### 8.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-3	10	10,72
4-6	10	10,69
7-8	10	10,65
9-11	10	10,62
12-13	10	10,59
14-16	10	10,56
17-19	10	10,53
20-22	10	10,50

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,72m$

## 8.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad F2 transporta en origen un caudal de 5230 l/h, con una longitud de 64m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,57m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	$\Delta Z(m)$	$hr_{TT}(m)$	J (m/m)	N	F	D (mm)
5240	64	0,3	0,57	0,012	22	0,398	46,75

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 63 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
55,4	5230	64	0,012	22	0,398	0,31

## 8.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,72 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,72 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,31) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,64m$$

## 8.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD F3

### 8.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 8.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 8.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,4 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

### 8.3.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,2 = 1,02m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad F3, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-23	64	0,2	0,0031	64	256	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,371	0,36

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,02$  m

### 8.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-23	10	10,37

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,37m$

### 8.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad F3 transporta en origen un caudal de 5888 l/h, con una longitud de 64m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,3 = 1,29m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,29 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{1,29}{1,2} = 1,07m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	$\Delta Z(m)$	$hr_{TT}(m)$	J (m/m)	N	F	D (mm)
5888	64	-0,3	1,07	0,017	23	0,387	42,48

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 50 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
55,4	5888	64	0,012	23	0,398	0,31

### 8.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,37 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,37 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,31) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 11,89 \text{ m}$$

## 8.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD F4

### 8.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 8.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 8.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,4 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

#### 8.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 + 0,2 = 1,42m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad F4, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-3	64	-0,2	-0,0031	64	256	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,371	0,36
4-6	65	-0,2	-0,0031	65	260	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,38
7-9	66	-0,2	-0,0030	66	264	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,40
10-11	67	-0,2	-0,0030	67	268	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,41
12-14	68	-0,2	-0,0030	68	272	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,43
15-17	69	-0,2	-0,0029	69	276	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,45
18-19	70	-0,2	-0,0029	70	280	17,4	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,46
20-22	71	-0,2	-0,0029	71	284	17,4	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,48
23	72	-0,2	-0,0028	72	286	17,4	0,015	1	0,23	1,23	0,019	0,371	0,50

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,02$  m

#### 8.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-3	10	10,17
4-6	10	10,18
7-9	10	10,19
10-11	10	10,20
12-14	10	10,21
15-17	10	10,23
18-19	10	10,24
20-22	10	10,25
23	10	10,27

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,27m$

#### 8.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad F4 transporta en origen un caudal de 6220 l/h, con una longitud de 64m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,3 = 1,29m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,29 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{1,29}{1,2} = 1,07m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
6220	64	-0,3	1,07	0,012	23	0,398	43,61

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 50 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$\begin{aligned}J &= \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \\ h_f &= J \cdot F \cdot L\end{aligned}$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	6220	64	0,012	23	0,398	0,31

#### 8.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,27 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,27 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,31) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 11,79m$$

### 9. CALCULO DE LA UNIDAD DE RIEGO G

#### 9.1. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD G1

##### 9.1.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 9.1.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 9.1.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,4 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

### 9.1.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,2 = 1,02 \text{ m}\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad G1, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-24	62	0,2	0,0031	64	256	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,371	0,35

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,02 \text{ m}$

### 9.1.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión al inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1-24	10	10,36

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,36m$

### 9.1.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad G1 transporta en origen un caudal de 6144 l/h, con una longitud de 71m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,57m\end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	$\Delta Z(m)$	$hr_{TT}(m)$	J (m/m)	N	F	D (mm)
6144	71	0,3	0,57	0,008	24	0,387	50,36

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 63 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
55,4	6144	71	0,012	24	0,398	0,34

### 9.1.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,36 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,36 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,34) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,20 \text{ m}$$

## 9.2. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD G2

### 9.2.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 9.2.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 9.2.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,2 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

## 9.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 + 0,2 = 1,42m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad G2, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	LONGITUD	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	ql (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	hf
1	59	-0,2	-0,0034	59	236	13,6	0,035	1	0,23	1,23	0,043	0,372	0,94
2	57	-0,2	-0,0035	57	228	13,6	0,033	1	0,23	1,23	0,040	0,372	0,85
3	56	-0,2	-0,0036	56	224	13,6	0,032	1	0,23	1,23	0,039	0,373	0,81
4	55	-0,2	-0,0036	55	220	13,6	0,031	1	0,23	1,23	0,038	0,373	0,77
5	54	-0,2	-0,0037	54	216	13,6	0,030	1	0,23	1,23	0,037	0,373	0,74
6	53	-0,2	-0,0038	53	212	13,6	0,029	1	0,23	1,23	0,035	0,373	0,70
7	52	-0,2	-0,0038	52	208	13,6	0,028	1	0,23	1,23	0,034	0,373	0,66
8	51	-0,2	-0,0039	51	204	13,6	0,027	1	0,23	1,23	0,033	0,373	0,63
9	49	-0,2	-0,0041	49	196	13,6	0,025	1	0,23	1,23	0,031	0,374	0,57
10	48	-0,2	-0,0042	48	192	13,6	0,024	1	0,23	1,23	0,030	0,374	0,53
11	47	-0,2	-0,0043	47	188	13,6	0,023	1	0,23	1,23	0,029	0,374	0,50
12	46	-0,2	-0,0043	46	184	13,6	0,022	1	0,23	1,23	0,028	0,375	0,48
13	45	-0,2	-0,0044	45	180	13,6	0,022	1	0,23	1,23	0,027	0,375	0,45
14	44	-0,2	-0,0045	44	176	13,6	0,021	1	0,23	1,23	0,026	0,375	0,42

15	43	-0,2	-0,0047	43	172	13,6	0,020	1	0,23	1,23	0,025	0,375	0,40
16	41	-0,2	-0,0049	41	164	13,6	0,018	1	0,23	1,23	0,023	0,376	0,35
17	40	-0,2	-0,0050	40	160	13,6	0,018	1	0,23	1,23	0,022	0,376	0,33
18	39	-0,2	-0,0051	39	156	13,6	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,377	0,30
19	38	-0,2	-0,0053	38	152	13,6	0,016	1	0,23	1,23	0,020	0,377	0,28
20	37	-0,2	-0,0054	37	148	13,6	0,015	1	0,23	1,23	0,019	0,377	0,26
21	36	-0,2	-0,0056	36	144	13,6	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,378	0,24
22	34	-0,2	-0,0059	34	136	13,6	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,387	0,21
23	33	-0,2	-0,0061	33	132	13,6	0,013	1	0,23	1,23	0,015	0,387	0,20
24	32	-0,2	-0,0063	32	128	13,6	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,387	0,18

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,42$  m

### 9.2.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1	10	10,59
2	10	10,53
3	10	10,50
4	10	10,47
5	10	10,44
6	10	10,41
7	10	10,39
8	10	10,36

9	10	10,31
10	10	10,29
11	10	10,27
12	10	10,25
13	10	10,23
14	10	10,21
15	10	10,19
16	10	10,16
17	10	10,14
18	10	10,12
19	10	10,11
20	10	10,09
21	10	10,08
22	10	10,06
23	10	10,04
24	10	10,03

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,59m$

### 9.2.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad G2 transporta en origen un caudal de 4356 l/h, con una longitud de 71m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = 0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned}\Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 - 0,3 = 0,69m\end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor "a" vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned}(a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 0,69 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{0,69}{1,2} = 0,57m\end{aligned}$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
3036	42	0,3	0,57	0,014	15	0,398	34,98

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
1320	29	0,3	0,57	0,020	9	0,410	23,96

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 32 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	3036	42	0,033	15	0,398	0,55

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
28	1320	29	0,023	9	0,410	0,27

## 9.2.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,59 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = 10,59 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,82) + \left( \frac{0,3}{2} \right) + 1,4$$
$$H_m = 12,55m$$

## 9.3. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD G3

### 9.3.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 9.3.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99m$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22m$$

### 9.3.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

. Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,2 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1$  m.

### 9.2.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\Delta H_{LR} = (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR}$$

$$(a \cdot hr)_{LR} = \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR}$$

$$(a \cdot hr)_{LR} = 1,22 - 0,2 = 1,02m$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad G3, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1	60	0,2	0,0031	60	240	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,30
2	61	0,2	0,0033	61	244	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,32
3	62	0,2	0,0032	62	248	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,014	0,372	0,33
4	63	0,2	0,0032	63	252	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,372	0,35
5	64	0,2	0,0031	64	256	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,371	0,36
6	65	0,2	0,0031	65	260	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,38
7	66	0,2	0,0030	66	264	17,4	0,013	1	0,23	1,23	0,016	0,371	0,40
8	68	0,2	0,0029	68	272	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,43
9	69	0,2	0,0029	69	276	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,45
10	70	0,2	0,0029	70	280	17,4	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,46
11	71	0,2	0,0028	71	284	17,4	0,015	1	0,23	1,23	0,018	0,371	0,48
12	72	0,2	0,0028	72	288	17,4	0,015	1	0,23	1,23	0,019	0,371	0,50
13	74	0,2	0,0027	74	296	17,4	0,016	1	0,23	1,23	0,020	0,371	0,54
14	75	0,2	0,0027	75	300	17,4	0,016	1	0,23	1,23	0,020	0,371	0,56
15	76	0,2	0,0026	76	304	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,371	0,58
16	77	0,2	0,0026	77	308	17,4	0,017	1	0,23	1,23	0,021	0,371	0,60
17	73	0,2	0,0027	73	292	17,4	0,016	1	0,23	1,23	0,019	0,371	0,52
18	68	0,2	0,0029	68	272	17,4	0,014	1	0,23	1,23	0,017	0,371	0,43
19	64	0,2	0,0031	64	256	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,371	0,36
20	59	0,2	0,0034	59	236	17,4	0,011	1	0,23	1,23	0,013	0,372	0,29
21	54	0,2	0,0037	54	216	17,4	0,009	1	0,23	1,23	0,011	0,373	0,23
22	45	0,2	0,0044	45	180	17,4	0,007	1	0,23	1,23	0,008	0,375	0,14
23	22	0,2	0,0091	22	88	17,4	0,002	1	0,23	1,23	0,002	0,387	0,02

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,02$  m

### 9.3.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
1	10	10,32
2	10	10,33
3	10	10,34
4	10	10,36
5	10	10,37
6	10	10,38
7	10	10,39
8	10	10,41
9	10	10,43
10	10	10,44
11	10	10,45
12	10	10,47
13	10	10,50
14	10	10,51
15	10	10,53
16	10	10,54
17	10	10,48
18	10	10,41
19	10	10,37
20	10	10,31
21	10	10,27
22	10	10,20
23	10	10,11

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,53m$

### 9.3.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad G3 transporta en origen un caudal de 5912 l/h, con una longitud de 68m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\Delta H_{TT} = 0,99m$$

$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT}$$

$$(a \cdot hr)_{TT} = \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT}$$

$$(a \cdot hr)_{TT} = 0,99 + 0,3 = 1,29m$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$(a \cdot hr)_{TT} = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$1,29 = 1,2 \cdot hr_{TT}$$

$$hr_{TT} = \frac{1,29}{1,2} = 1,07m$$

Para economizar el proyecto la tubería se dividirá en dos tramos para así poder usar diámetros mas ajustados:

Tramo 1:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
3460	40,5	-0,3	1,07	0,026	14	0,400	31,94

Tramo 2:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
2452	27,5	-0,3	1,07	0,039	9	0,410	26,07

Se adopta para el primer tramo **PE 50A Ø 40 PN 6 ATM**, y para el segundo **PE 50A Ø 32 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

Tramo 1:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
35,2	3460	40,5	0,042	14	0,410	0,69

Tramo 2:

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
28	2452	27,5	0,068	9	0,410	0,76

### 9.3.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,53 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = 10,53 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 1,45) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$

$$H_m = 12,72 \text{ m}$$

## 9.4. CÁLCULO DE LA SUBUNIDAD G4

### 9.4.1 TOLERANCIA DE CAUDALES

Al igual que el punto 3.1.1  $q_{ns} = 3,45 \text{ L/h}$

Aunque el coeficiente de uniformidad permite una variación de caudal hasta del 19%, para un mejor funcionamiento del sistema de riego se restringe la variación de caudal a un máximo del 10 %.

### 9.4.2 VARIACIÓN DE PRESIÓN

El resultado es el mismo que en el punto 3.1.2

$$\Delta H_{TOTAL} = \Delta H_{TT} + \Delta H_{LR}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} = \Delta H_{TT} = 0,45 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,45 \cdot 2,22 = 0,99 \text{ m}$$
$$\left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{LR} = \Delta H_{LR} = 0,55 \cdot \Delta H_{TOTAL} = 0,55 \cdot 2,22 = 1,22 \text{ m}$$

### 9.4.3 DIMENSIONADO DE LOS LATERALES

Dado la topografía irregular de la parcela, se procede al cálculo de cada uno de los laterales de las subunidades. Todos los laterales son tuberías de PE 50A Ø20 con  $D_{int}$  17,4 mm, en el que los emisores están separados una distancia  $S_e = 1 \text{ m}$ .

#### 9.4.4 CÁLCULO DE LOS LATERALES

La variación de presión admisible para los laterales de riego se iguala con las causas que la originan: pérdidas de carga y desnivel.

Considerando como lateral más desfavorable el más alejado del inicio de la tubería terciaria, se tiene

$$\begin{aligned}\Delta H_{LR} &= (a \cdot hr_{LR}) + \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= \Delta H_{LR} - \Delta Z_{LR} \\ (a \cdot hr)_{LR} &= 1,22 - 0,2 = 1,02m\end{aligned}$$

Se debe comprobar que la pérdida de carga ocasionada en cada lateral de riego es menor que la pérdida de carga máxima admisible.

En el caso de la subunidad G4, tenemos laterales de diferentes longitudes con los que se obtienen los siguientes resultados:

LATERAL	L(m)	DESNIVEL	PENDIENTE	GOTEROS	qI (L/H)	Dint(mm)	J	Se	fe	(Se+fe)/Se	J'	F	h <sub>f</sub>
1-24	62	0,2	0,0031	64	256	17,4	0,012	1	0,23	1,23	0,015	0,371	0,35

Se cumple que  $h_f$  en cualquiera de los casos es  $< 1,02$  m

#### 9.4.5 PRESIÓN AL INICIO DE CADA LATERAL

Se determina la presión necesaria al inicio de cada lateral, para conocer el lateral más exigente y posteriormente poder calcular la presión necesaria al inicio de la tubería terciaria.

La presión al inicio de cada lateral se calcula como:

$$h_m = h_a + 0,733 \cdot h_f + \frac{\Delta Z}{2}$$

Calculamos la presión la inicio de cada lateral obteniendo los siguientes datos:

Lateral	ha	hm
<b>1-24</b>	10	10,36

Los laterales que exigen mayor presión tienen un valor de  $h_m = 10,36m$

#### 9.4.6 DIMENSIONADO DE LA TUBERIA TERCIARIA

La tubería terciaria de la subunidad G4 transporta en origen un caudal de 6144 l/h, con una longitud de 68m. Presenta un desnivel de  $\Delta Z = -0,3$  m.

La pérdida de carga admisible en la terciaria es:

$$\begin{aligned} \Delta H_{TT} &= 0,99m \\ \left( \frac{\Delta P}{\gamma} \right)_{TT} &= \Delta H_{TT} = (a \cdot hr)_{TT} - \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= \Delta H_{TT} + \Delta Z_{TT} \\ (a \cdot hr)_{TT} &= 0,99 + 0,3 = 1,29m \end{aligned}$$

Si se consideran las pérdidas de carga singulares como un 20 % de las pérdidas de carga por rozamiento continuo, el factor “a” vale 1,2. Por lo tanto, la pérdida de carga por rozamiento admisible vale:

$$\begin{aligned} (a \cdot hr)_{TT} &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ 1,29 &= 1,2 \cdot hr_{TT} \\ hr_{TT} &= \frac{1,29}{1,2} = 1,07m \end{aligned}$$

Sabiendo que la tubería terciaria es de polietileno, se calcula mediante la fórmula de Cruciani el diámetro teórico máximo de la tubería terciaria:

Q(l/h)	L(m)	ΔZ(m)	hrTT(m)	J (m/m)	N	F	D (mm)
6144	68	-0,3	1,07	0,016	24	0,387	43,71

Se adopta para la terciaria **PE 50A Ø 50 PN 6 ATM**

Con este diámetro, se calculan las pérdidas de carga reales, aplicando otra vez la fórmula de Cruciani:

$$J = \frac{h_r}{L} = 0,592 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$h_f = J \cdot F \cdot L$$

D interior (mm)	Q (l/h)	L (m)	J (m/m)	N	F	h <sub>f</sub> (m)
44	6144	68	0,012	24	0,398	0,32

#### 9.4.7 PRESIÓN AL INICIO DE LA TUBERÍA TERCIARIA

La presión al inicio de la tubería terciaria se determina mediante la siguiente expresión:

$$H_m = H_a + 0,733(a \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

$$H_m = H_a + 0,733(1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$

Sabiendo que se necesita una presión de 10,36 m, se calcula la presión necesaria al inicio de la terciaria:

$$H_m = H_a + 0,733 \cdot (1,2 \cdot h_f)_{TT} + \frac{\Delta Z_{TT}}{2} + h_v$$
$$H_m = 10,59 + 0,733 \cdot (1,2 \cdot 0,32) + \left( \frac{-0,3}{2} \right) + 1,4$$
$$H_m = 12,12m$$

## 10. CALCULO DE LAS TUBERIAS SECUNDARIAS

La tubería secundaria es de polietileno y alimenta a las tuberías terciarias de cada una de las subunidades.

Para el dimensionado de los dos tramos de la tubería secundaria se tiene en cuenta el caudal que debe circular por cada tramo de tubería, asignando un diámetro comercial para que la velocidad del agua sea aceptable.

Como la presión la proporciona una instalación de bombeo que forma parte del diseño, ésta se puede modificar de acuerdo a las necesidades, con lo que el cálculo de los diámetros se basa en adecuarlos a unos valores de la velocidad media entre 0,6 m/sg y 2,25 m/sg.

Por debajo del primer valor los diámetros son excesivos y la tubería muy cara; además las bajas velocidades favorecen la formación de sedimentos. Para velocidades superiores a 2,25 m/sg las pérdidas de carga adquieren valores muy elevados y se acelera el envejecimiento de las tuberías.

En riegos localizados se recomienda el criterio de no sobrepasar la velocidad de 1,5 m/sg, lo que conduce a la siguiente expresión:

$$D = \sqrt{0,236 \cdot Q}$$

donde,

D es el diámetro teórico de la tubería, en mm

Q es el caudal circulante en l/h

Para el cálculo de las pérdidas de carga se utiliza la fórmula de Cruciani:

$$h_r = 0,592 \cdot \left( \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \right) \cdot L$$

## 10.1 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA EN UNIDAD DE RIEGO A

El primer tramo suministrara al la subunidad A1 y A2, y el segundo tramo a la subunidad A3 y A4.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	D <sub>teórico</sub> (mm)	Ø (mm)	D <sub>interior</sub> (mm)	h <sub>r</sub> (m)
1	78,44	-0,5	11108	51,20	63	55,4	2,92
2	161,82	-0,5	9232	46,68	63	55,4	4,35
							<b>Σhr = 7,27</b>

Se adopta como tubería secundaria **PE 100 Ø63 PN 10** en el tramo 1 y en el tramo 2.

## 10.2 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA EN UNIDAD DE RIEGO B

El primer tramo suministrara al la subunidad B1 y B2, y el segundo tramo a la subunidad B3 y B4.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	D <sub>teórico</sub> (mm)	Ø (mm)	D <sub>interior</sub> (mm)	h <sub>r</sub> (m)
1	39,98	-0,3	7636	42,45	63	55,4	0,77
2	34,4	0,3	9364	47,01	63	55,4	0,95
							<b>Σhr = 1,72</b>

Se adopta como tubería secundaria **PE 100 Ø63 PN 10** en el tramo 1 y en el tramo 2.

### 10.3 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA EN UNIDAD DE RIEGO C

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	D <sub>teórico</sub> (mm)	Ø (mm)	D <sub>interior</sub> (mm)	h <sub>r</sub> (m)
1	150,45	0,5	25156	77,05	90	79,2	4,28

Se adopta como tubería secundaria **PE 100 Ø90 PN 10.**

### 10.4 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA EN UNIDAD DE RIEGO D

El primer tramo suministrara al la subunidad D1 y D2, y el segundo tramo a la subunidad D3 y D4.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	D <sub>teórico</sub> (mm)	Ø (mm)	D <sub>interior</sub> (mm)	h <sub>r</sub> (m)
1	3	-0,2	9864	48,25	63	55,4	0,09
2	109	-0,2	10452	49,67	63	55,4	3,64

Se adopta como tubería secundaria **PE 100 Ø63 PN 10.**

### 10.5 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA EN UNIDAD DE RIEGO E

El primer tramo suministrara al la subunidad E1, E2, E5 y E6, y el segundo tramo a la subunidad E3, E4, E7 y E8.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	D <sub>teórico</sub> (mm)	Ø (mm)	D <sub>interior</sub> (mm)	h <sub>r</sub> (m)
1	49,01	-0,2	12060	53,35	63	55,4	2,11
2	98,13	-0,2	11392	51,85	63	55,4	3,82
							<b>Σhr = 5,92</b>

Se adopta como tubería secundaria **PE 100 Ø63 PN 10.**

## 10.6 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA EN UNIDAD DE RIEGO F

El primer tramo suministrara a toda la unidad F.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	D <sub>teórico</sub> (mm)	Ø (mm)	D <sub>interior</sub> (mm)	h <sub>r</sub> (m)
1	63,64	-0,2	23484	74,45	90	79,2	1,61

Se adopta como tubería secundaria **PE 100 Ø90 PN 10.**

## 10.7 CALCULO DE LA TUBERIA SECUNDARIA EN UNIDAD DE RIEGO G

El primer tramo suministrara a toda la unidad G.

TRAMO	L (m)	ΔZ (m)	Q (l/h)	D <sub>teórico</sub> (mm)	Ø (mm)	D <sub>interior</sub> (mm)	h <sub>r</sub> (m)
1	191,5	-0,2	25556	77,66	90	79,2	3,61

Se adopta como tubería secundaria **PE 100 Ø 90 PN 10.**

## 11. CALCULO DE LA TUBERIA PRINCIPAL

TRAMO	L (m)	$\Delta Z$ (m)	Q (l/h)	D <sub>teórico</sub> (mm)	$\emptyset$ (mm)	D <sub>interior</sub> (mm)	h <sub>r</sub> (m)
1	102,53	-0,3	25556	77,66	90	79,2	3,00
2	109,75	-0,3	25556	77,66	90	79,2	3,21
3	40,35	-0,3	25556	77,66	90	79,2	1,18
4	6,4	-0,2	25556	77,66	90	79,2	0,19
5	56	-0,5	25556	77,66	90	79,2	1,64
6	42,62	-0,5	25516	77,60	90	79,2	1,24
7	72	-0,3	25556	77,66	90	79,2	2,11
8	24,07	0,3	17000	63,34	75	66,18	0,81
9	10	0,3	25516	77,60	90	79,2	0,29

Se adopta como tubería primaria **PE 100 Ø 90 PN 10** y **PE 100 Ø 75 PN 10** en el tramo 7.

## 12. MOVIMIENTO DE TIERRAS

La instalación de una red fija de tuberías conlleva un movimiento de tierras en el que determinar los volúmenes de tierra a mover en función de las tuberías elegidas y la longitud establecida.

### 12.1 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:

Diámetro exterior de la tubería	Anchura de la zanja	Profundidad de la zanja (m)
$\emptyset \leq 200$ (m)	$\emptyset + 0,6$ (m)	$\emptyset + 0,9$
$\emptyset > 200$ (m)	$\emptyset + 0,7$ (m)	$\emptyset + 0,9$

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

## 12.2. EXCAVACIÓN DE LAS ZANJAS DE LAS TUBERIAS TERCIARIAS

SUBUNIDAD	TUBERIA	Ø NOMINAL (m)	ANCHURA Ø+0,6(m)	PROFUNDIDAD Ø +0,9(m)	LONGITUD(m)	VOLUMEN (m3)
A1	50A	0,05	0,65	0,95	76,5	47,24
A2	50A	0,04	0,64	0,94	79,5	47,83
A3	50A	0,05	0,65	0,95	79,5	49,09
A4	50A	0,04	0,64	0,94	73,5	44,22
B1	50A	0,063	0,663	0,963	49,5	31,60
B2	50A	0,04	0,64	0,94	44	26,47
B3	50A	0,05	0,65	0,95	57	35,20
B4	50A	0,05	0,65	0,95	57	35,20
C1	50A	0,063	0,663	0,963	80	51,08
C2	50A	0,063	0,663	0,963	80	51,08
C3	50A	0,063	0,663	0,963	72	45,97
C4	50A	0,04	0,64	0,94	72	43,32
D1	50A	0,063	0,663	0,963	92	58,74
D2	50A	0,05	0,65	0,95	30	18,53
D3	50A	0,05	0,65	0,95	61	37,67
D4	50A	0,04	0,64	0,94	61	36,70
E1	50A	0,05	0,65	0,95	43,5	53,72
E2	50A	0,04	0,64	0,94	43,5	52,34
E3	50A	0,04	0,64	0,94	43,5	52,34
E4	50A	0,032	0,632	0,932	43,5	51,25
E5	50A	0,05	0,65	0,95	43,5	53,72
E6	50A	0,05	0,65	0,95	43,5	53,72
E7	50A	0,05	0,65	0,95	43,5	53,72
E8	50A	0,05	0,65	0,95	43,5	53,72
F1	50A	0,05	0,65	0,95	64	39,52
F2	50A	0,063	0,663	0,963	64	40,86
F3	50A	0,05	0,65	0,95	64	39,52
F4	50A	0,05	0,65	0,95	64	39,52
G1	50A	0,063	0,663	0,963	62	39,59
G2	50A	0,04	0,64	0,94	71	42,71
G3	50A	0,04	0,64	0,94	68	40,91
G4	50A	0,05	0,65	0,95	68	41,99
<b>TOTAL</b>						<b>1409,07</b>

### 12.3 EXCAVACIÓN DE LAS ZANJAS DE LAS TUBERIAS SECUNDARIAS

SUBUNIDAD	TUBERIA	Ø NOMINAL (m)	ANCHURA Ø+0,6(m)	PROFUNDIDAD Ø +0,9(m)	LONGITUD(m)	VOLUMEN (m3)
A	PE 100	0,063	0,663	0,963	238,32	152,16
B	PE 100	0,063	0,663	0,963	74,38	47,49
C	PE 100	0,09	0,69	0,99	160,71	109,78
D	PE 100	0,063	0,663	0,963	72,23	46,12
E	PE 100	0,063	0,663	0,963	147,14	93,94
F	PE 100	0,09	0,69	0,99	63,64	43,47
G	PE 100	0,09	0,69	0,99	191,50	86,00
<b>TOTAL</b>						<b>578,97</b>

### 12.4 EXCAVACIÓN DE LA ZANJA DE LA TUBERIA PRIMARIA

TUBERIA	Ø NOMINAL (m)	ANCHURA Ø+0,6(m)	PROFUNDIDAD Ø +0,9(m)	LONGITUD(m)	VOLUMEN (m3)
PE 100	0,09	0,69	0,99	463,68	279,85

Los metros total de la excavación son **2265,61 m3**.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO XII: DISEÑO Y CÁLCULO DE LA  
BALSA DE ALMACENAMIENTO**

## ÍNDICE ANEJO XII

### DISEÑO Y CÁLCULO DE LA BALSA DE ALMACENAMIENTO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA BALSA.....	2
2.1. NECESIDADES HÍDRICAS TOTALES EN LA ÉPOCA DE RIEGO .....	2
3. DIMENSIONES DE LA BALSA .....	3
3.1 TUBERIA DE CAPTACIÓN .....	4
4. INGENIERIA DE LAS OBRAS .....	5
5. SISTEMA DE DRENAJE .....	6

## **DISEÑO Y CÁLCULO DE LA BALSA DE ALMACENAMIENTO**

### **1. INTRODUCCIÓN**

El agua de riego de la plantación procede de la acequia de la Comunidad de Regantes "Villa Carmen de Arriba", ya que debido a las necesidades del cultivo y el funcionamiento de la explotación se hace necesario el desarrollo de una balsa de almacenamiento.

Una peculiaridad de la Comunidad de Regantes es que dentro de su ámbito de concesión se encuentra el Monasterio de Boltaña y un Camping, por lo que la superficie regable ha sufrido distintas variaciones a lo largo de los años como consecuencia del avance urbanístico de la misma, estando actualmente configurada por 115 ha entre Boltaña, Guaso y Ainsa.

Por otro lado a pesar del decrecimiento en plantaciones la demanda de agua ha aumentado debido a las zonas verdes recreativas y a las explotaciones ganaderas que también hacen uso del agua, por lo que a pesar de mantener un nivel aceptable todo el año debido a que el agua se coge directamente del Río Ara, su caudal baja considerablemente entre los meses del verano haciendo necesario que se active el sistema de riego por turnos para satisfacer todos los regantes, es decir, siguiendo un ciclo de riego determinado. Con ello se pretende que el poco caudal de agua que exista se reparta de forma equitativa y ordenada entre todos los regantes, con el objeto de que no se pierda ningún cultivo del regadío. Debido a la particularidad de esta Comunidad se establece actualmente para la época de junio a septiembre uno turno de riego para cada propietario cada 7 días, debido a la similitud de superficie regable entre los regantes actuales.

En nuestro caso mantendremos una balsa con el nivel de agua necesaria para evitar cualquier problema eventual si no se pudiera regar durante ese plazo de tiempo.

## 2. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA BALSA

### 2.1. NECESIDADES HÍDRICAS TOTALES EN LA ÉPOCA DE RIEGO

Para hacer el dimensionamiento de la balsa necesitamos saber el consumo que haría falta cubrir en la explotación en el caso de que no se dispusiera del riego suficiente para cubrir las necesidades durante el mes más critico.

En la siguiente tabla se muestran las necesidades hídricas totales mes a mes, desde junio hasta septiembre, teniendo en cuenta que el sistema de riego es por goteo, con una eficiencia de aplicación del 85 % y un coeficiente de uniformidad del 80 %.

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Total
<b>ET<sub>c</sub> (mm)</b>	112,20	122,76	109,43	89,70	434,09
<b>ET<sub>rl</sub> (mm)</b>	85,45	93,62	83,36	71,62	334,05
<b>PE (mm)</b>	33,72	21,84	28,32	66,32	150,20
<b>N<sub>n</sub> (mm)</b>	51,73	71,78	55,04	5,3	183,85
<b>N<sub>t</sub> (mm)</b>	125,1	137,64	122,17	105	489,91

La balsa se dimensionará en función de la necesidades del mes más critico, Julio, 1376,40m<sup>3</sup>/ha x 12.25ha/31días x 7 días = 3808m<sup>3</sup>

### 3. DIMENSIONES DE LA BALSA

Se diseñará una balsa, con láminas de PVC flexible para la impermeabilización, de forma troncopiramidal. Y se abastecerá directamente de la acequia general de la comunidad de regantes.

Para cubrir las necesidades si existiera un imprevisto durante 7 días en el mes de mayor demanda hídrica las dimensiones del embalse son las siguientes:

- Base mayor:  $70 \times 40$  m
- Base menor:  $50 \times 20$  m
- Altura: 3 m
- Resguardo: 0,8 m
- Volumen:  $4013 \text{ m}^3$
- Módulos de los taludes interiores: 2:1 ( $26,57^\circ$ )
- Anchura del pasillo de coronación =  $A_c = 4$  metro.

Las láminas impermeabilizantes se anclan en la parte superior, en una zanja perimetral de  $0,3 \times 0,3$  m. Como medida de seguridad se vallará el perímetro de la balsa.

La toma de entrada de la balsa conectará directamente con la acequia, y se verterá el agua por arriba. Para su salida se hará uso del aliviadero, vertiendo el agua directamente de nuevo a la acequia.

Se dispondrá además de un desagüe de fondo que irá a parar a la misma arqueta que las tuberías de drenaje.

### 3.1 TUBERIA DE CAPTACIÓN

Se hace necesaria una tubería que abastezca la balsa de almacenamiento. Tendrá su origen en la acequia y se verterá directamente en la balsa.

Conocida la capacidad de almacenamiento del depósito y fijando el tiempo en que se desea llenarlo se calcula un diámetro de partida para el diseño de la tubería, mediante la ecuación de continuidad.

El depósito tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 4013 m<sup>3</sup> de agua. El tiempo de llenado se fija en 20 horas, lo que supone un caudal circulante por la tubería:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{4013m^3}{20h} = 200,65m^3/h = 0,0557m^3/s$$

Fijando la velocidad del agua en 1,5 m<sup>3</sup>/s y aplicando la ecuación de continuidad se obtiene un diámetro teórico.

$$\begin{aligned} Q &= S \cdot v \\ D &= \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\Pi \cdot v}} \\ D &= \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0557}{\Pi \cdot 1,5}} \\ D &= 0,217m = 217mm \end{aligned}$$

La tubería se diseña utilizando **PVC Ø250 PN6**. La misma tiene una longitud de 16 m con cero desnivel.

## 4. INGENIERIA DE LAS OBRAS

Las fases para su construcción serán:

1. Excavación: todo el material extraído en la excavación se retirará de la zona en camiones. Después se procederá al refinado de taludes y partes planas. Por último se coloca una capa de arena de 5 cm. La inclinación del talud será de 26,57°.
2. Recubrimiento: las láminas impermeabilizantes son soldadas por el método de fusión del propio material con aire o cuña caliente. Se deja un solape de 5 cm. como mínimo, así como suficiente holgura. Es imprescindible controlar periódicamente el buen estado de las uniones. Durante el trabajo de impermeabilización, debe asegurarse la correcta fijación de la lámina para evitar los posibles golpes de viento la levanten y produzcan desperfectos.
3. Anclaje: se realizará en la parte superior, en una zanja perimetral de  $50 \times 50$  cm. El relleno de la zanja se efectúa con tierra de la propia explotación.
4. Puesta en servicio: para la entrada y salida de agua se emplea un sistema normal, debiéndose cuidar que la lámina no reciba directamente el impacto del caudal de agua de entrada
5. Medidas de seguridad: para evitar daños y personas o animales, se valla el perímetro del embalse. Para asegurar un adecuado mantenimiento de la instalación, el embalse deberá permanecer lleno de agua el mayor tiempo posible, evitándose períodos de vacío así como frecuentes ciclos de vaciado y llenado. La fosa estará protegida por una valla metálica perimetral de 2 m. de altura.

## 5. SISTEMA DE DRENAJE

En el diseño de una balsa es necesario fijar un caudal de fugas admisible para su correcto funcionamiento, el cual no debe elevar el nivel freático de la zona.

Es por tanto necesario disponer de un sistema de drenaje que permita verificar este caudal y así poder tomar a tiempo las medidas necesarias para remediar las fugas no admisibles. El agua a evacuar puede provenir de pérdidas en la pantalla, de filtraciones de lluvia a través del talud o de elevaciones y surgencias puntuales del nivel freático.

El sistema de drenaje de una balsa generalmente está constituido por una capa de material permeable que cubre el vaso por zanjas drenantes en la solera, que conducen el agua hasta el exterior de la balsa. La presencia habitual de arcillas en los taludes limita la permeabilidad de los mismos, por ello se recomienda prever que el soporte de la membrana de impermeabilización también tenga función de drenaje. Esta función se puede conseguir extendiendo sobre la solera y los taludes interiores una capa de material granular (granulometría entre 3 y 5 mm) de al menos 10 cm de espesor y que posea un equivalente de arena. Las zanjas drenantes de la solera del embalse se conectan a esta capa de material permeable y deben disponer de ramificaciones ascendentes en el cuerpo del terraplén para la evacuación de gases.

Las zanjas de drenaje están constituidas por los siguientes elementos:

- Un geotextil transmisible o una capa fina de material permeable que se emplaza entre el suelo y la capa drenante.
- Tubos drenantes de PVC Ø110 PN6.
- Material granular, generalmente árido machacado.

Las aguas recogidas por las tuberías porosas se evacuan por gravedad, instalándose en el punto más bajo una arqueta de registro para controlar las cantidades de agua drenadas.

Las dimensiones de las zanjas así como de los elementos utilizados pueden verse en el plano correspondiente.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO XIII: ESTUDIO GEOLÓGICO Y  
GEOTÉCNICO DE LA BALSA DE  
ALMACENAMIENTO**

## ÍNDICE ANEJO XIII

### ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE LA BALSA DE ALMACENAMIENTO

1. TRABAJOS REALIZADOS.....	1
2. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA.....	2
3. HIDROLOGÍA.....	2
3.1 RED NATURAL DE DRENAJE.....	2
3.2. AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	3
3.3. CONDICIONES GENERALES.....	3
4. GEOTECNIA .....	3

## ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO

### 1. TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos se iniciaron con el estudio del Mapa Geológico a escala 1:200.000 del Instituto Geológico y Minero, seguido de la identificación sobre fotografía aérea, utilizando estereoscopos de espejos, de las formaciones geológicas existentes.

A continuación, y una vez obtenida la visión de conjunto de la zona, se giró una visita al campo con objeto de:

Identificar las formaciones geológicas.

Estudiar las características geotécnicas de los terrenos.

Estudiar las redes de drenaje.

Durante este reconocimiento se localizó los posibles lugares de emplazamiento de la principal obra del proyecto: la balsa de almacenamiento.

Las conclusiones preliminares se fueron afirmando o ratificándose con la realización de los sondeos y calicatas, cuya misión fue doble, pues a la información que sobre la capa arable y zona radicular que se obtuvo a fin de racionalizar el riego, se añadió información sobre niveles freáticos, zonas salinas, sales más frecuentes, influencia del agua sobre los materiales, permeabilidad de las zonas subsuperficiales, características en cuanto a dureza de las tierras, a tener en cuenta en la elaboración de precios de movimientos de tierras en zanjas, así como rendimientos de la maquinaria.

## 2. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Durante el Eoceno medio en este sector de la Cuenca de Jaca-Pamplona se desarrolla una sedimentación marina correspondiente a facies de talud y la progradación de un sistema arrecifal. Sobre las facies marinas, se depositan materiales continentales correspondientes a facies deltaicas.

Aparecen depósitos de continentales de delta, correspondientes al denominado Delta del Sobrarbe, y constituidos litológicamente por areniscas y lutitas.

El sustrato Terciario presenta un horizonte de alteración que puede llegar a los 2,0 m de espesor, constituido por arcillas limosas y arcillas margosas.

El recubrimiento Cuaternario incluye los materiales más recientes, que discordantemente recubren parcialmente al sustrato rocoso y que se corresponden con depósitos coluviales y terrazas fluviales.

Encontramos Glacis correspondientes a los depósitos de ladera, relacionados con procesos de arroyada en manto y gravedad. Aparecen en el entorno de Margudgued, generando relieves de topografía llana con suaves pendientes. Están constituidos por gravas con cantos planares envueltos en matriz limo-arenosa.

Las terrazas fluviales corresponden a los depósitos generados por el cauce del río Ara. Se disponen a lo largo del valle. Están constituidas por gravas con cantos redondeados envueltos en matriz arenosa.

## 3. HIDROLOGÍA

### 3.1 RED NATURAL DE DRENAJE

El río Ara es el cauce hídrico principal, y al que van a parar en último extremo las aguas superficiales del sector.

A él van a desaguar, fuera ya de los límites del sector otros barrancos y arroyos que lo atraviesan..

### **3.2. AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Los movimientos acuosos en los tipos de sedimentos que hay en el sector, son prácticamente inexistentes.

En las laderas de las zonas elevadas no se han apreciado signos de afloramientos hídricos, si bien, es cierto que dichas zonas están muy bien drenadas superficialmente.

### **3.3. CONDICIONES GENERALES**

La casi prácticamente nula circulación de agua en el subsuelo hace necesaria la existencia de una red hidrológica superficial, muchas veces alterada por el hombre con abancalamientos, eliminación de barrancos, etc., que dificultan el drenaje sin la realización de las obras que los sustituyan.

La existencia de zonas de drenaje impedido tiene una importancia capital en cuanto a las características geotécnicas de los terrenos, debido a las frecuentes alteraciones estructurales de los sedimentos margosos por la acción del agua.

## **4. GEOTECNIA**

El solar elegido para la ubicación de la balsa se encuentra situado al lado de la acequia principal, se ha procedido a estudiar los cortes realizados en la zona más próxima a la ubicación de la balsa.

Se trata de materiales excavables con retroexcavadora, admitiendo taludes con pendientes medias.

Los desmontes que se practiquen a lo largo del trazado estudiado serán en general de poca altura, y afectarán principalmente a materiales del sustrato Terciario, pudiendo encontrarse parcialmente cubiertos por depósitos del recubrimiento Cuaternario.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO XIV: CABEZAL DE RIEGO,  
ELEMENTOS SINGULARES Y  
ESTACIÓN DE BOMBEO**

## ÍNDICE ANEJO XIV

### CABEZAL DE RIEGO, ELEMENTOS SINGULARES Y ESTACIÓN DE BOMBEO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. VÁLVULAS.....	1
2.1. VÁLVULAS HIDRAÚLICAS .....	1
2.2. VÁLVULAS DE ESFERA.....	2
2.3. VÁLVULAS DE VENTOSA .....	3
2.4. VÁLVULAS DE RETENCIÓN .....	4
2.5. VÁLVULAS DE MARIPOSA.....	5
3. FILTROS .....	5
4. ELEMENTOS SINGULARES .....	7
5. DESAGÜES .....	7
5.1 DESAGÜES DE LA RED DE RIEGO.....	7
5.2 DESAGÜES FIN DE TRAMO .....	8
6. FERTIRRIGACIÓN.....	8
6.1 EQUIPO DE INYECCIÓN .....	9
6.2. CARACTERISTICAS TÉCNICAS .....	10
6.3 ELEMENTOS Y ACCESORIOS .....	10
6.4 AUTOMATIZACIÓN.....	10
7. CONTADORES .....	11
8. PROGRAMADORES.....	11
9. AUTOMATISMO DE LA RED DE RIEGO .....	13
10. CASETA DE BOMBEO .....	13
11. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS .....	14
12. EQUIPO DE BOMBEO.....	15
12.1. POTENCIA NECESARIA EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO .....	15
12.2. ESTUDIO DE LA CAVITACIÓN.....	17
12.2.1 CÁLCULO DE LA ALTURA NETA DE ASPIRACIÓN (NPSH(A)) ..	17

12.3. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO .....	18
12.3.1. CÁLCULO DEL TIEMPO DE PARADA DE LA BOMBA.....	19
12.3.2. CÁLCULO DE LA CELERIDAD DE ONDA Y DE LA LONGITUD CRÍTICA.....	19
12.3.3. CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN DEBIDA AL GOLPE DE ARIETE .....	21
12.3.4. ELECCIÓN DEL TIMBRAJE .....	21
12.3.5. ABSORCIÓN DEL GOLPE DE ARIETE.....	21
13. GRUPO ELÉCTROGENO.....	22

## **CABEZAL DE RIEGO, ELEMENTOS SINGULARES Y ESTACIÓN DE BOMBEO**

### **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. Como son las Válvulas, Filtros, Codos, Reducciones y Anclajes. Además de la estación de bombeo y otros elementos como desagües, elementos de fertirrigación y otros automatismos necesarios para el funcionamiento de la red de riego.

### **2. VÁLVULAS**

#### **2.1. VÁLVULAS HIDRAÚLICAS**

Una de las principales funciones va a ser poder abrir y cerrar el paso de agua a una unidad 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.

En el mercado existen varios tipos de válvulas con las siguientes características:

Tipo de Válvula	2"	4"	6"
Presión máxima de trabajo (atm)	16	16	16
Presión mínima de trabajo (atm)	1	1	1
Q máximo (m <sup>3</sup> /ha)	40	150	300
Q mínimo (m <sup>3</sup> /ha)	0,5	30	50
Longitud (mm)	200	305	387
Altura (mm)	80	230	280
Conexión	Bridas 4"	Bridas 4"	Bridas 6"

Elegiremos 7 válvulas de “2” porque la unidad de riego con mayor caudal necesita 25,51m<sup>3</sup>/h y el de menor caudal 17m<sup>3</sup>/h.

## 2.2. VÁLVULAS DE ESFERA

Para la instalación de fertirrigación serán necesarias una para 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 evaca 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 trasegado 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 DE CONDUCCIÓN	DIÁMETRO DE VENTOSA
$0 < D < 100 \text{ mm}$	$\frac{3}{4}''$

100 < D < 150 mm	1"
150 < D < 200 mm	1 1/4"

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.

## 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 2" e irán colocadas justo después del equipo de bombeo para evitar el golpe de ariete. La pérdida de carga está entorno a los 0,2mca 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 goteros. Para su prevención se colocan los correspondientes elementos de filtrado en los cuales se quedan las partículas retenidas.

Se ha elegido un filtro de anillas autolimpiable. En el modo de filtración, las anillas se encuentran fuertemente comprimidas tanto por la fuerza de un

muelle como por un sistema de presión hidráulico, aprovechando la propia presión de entrada al filtro. Los sólidos quedan retenidos en el elemento filtrante, realizándose una captura selectiva en función del grado de filtración seleccionado. El agua queda acondicionada para su utilización.

Cuando se acumula cierta cantidad de suciedad en la anillas, se desencadena el proceso de limpieza, el cual activa la válvula de contralavado, cambiándola de posición e invirtiendo el sentido del flujo en el interior del filtro. Simultáneamente, las anillas se separan a la vez que unos chorros de agua tangenciales les imprimen un movimiento rápido de giro, liberando todas las partículas de suciedad retenidas. El agua de contralavado es expulsada al exterior por el colector de drenaje. Al finalizar el proceso de limpieza, el solenoide, el filtro y la válvula de contralavado vuelve a su posición normal de de filtrado. 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 estos filtros presentan las siguientes características:

- Combinación de filtración en superficie y en profundidad.
- Contralavado totalmente automatizable.
- Filtración de alta presión.
- Configurador modular de cabezales.
- Consumo mínimo de agua para contralavado
- Fabricado en materiales plásticos de máxima calidad.
- Mantenimiento mínimo y sencillo de realizar-

Para la elección del filtro, se optará por uno de 3" y será colocado en la caseta de bombeo.

- Área filtrante: 1760 cm<sup>2</sup>
- Conexión entrada y salida por bridas
- Presión máxima: 10 kg/cm<sup>2</sup>

- Presión minima: Cilindro perforado acero inoxidable
- Presión mínima de contralavado: 0,8 kg/cm<sup>2</sup>
- Caudal de lavado: 30m<sup>3</sup>/h

## 4. ELEMENTOS SINGULARES

Los elementos singulares son piezas especiales (uniones, codos, tes, etc.) diseñadas para conectar dos tubos, cambiar su dirección, conectar más de dos entre sí, etc.

La unión entre tuberías de PE se realiza mediante juntas mecánicas. 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.

La división de la vena líquida circulante por la tubería se consigue mediante la colocación de piezas en “T”. e “Y” dependiendo del diámetro y la posición pueden necesitar anclajes especiales. Las piezas en “T”. e “Y” utilizadas en la red de riego son del mismo material que las tuberías que une.

## 5. DESAGÜES

### 5.1 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. 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.

## 5.2 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 90º con 1m. de tubería de 50mm 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.

## 6. 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.

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 en vez de instalar unos depósitos de fertilizantes llevaremos el fertilizante mediante cubas que nos las proporcionaran las casas de fertilizantes. Así abaratamos relativamente el coste de la instalación de la red de riego.

## 6.1 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, como el depósito de fertilizante es móvil (cubeta remolque) se utilizará 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.

## 6.2. CARACTERISTICAS 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: 8Kg/cm2.
- Presión mínima de trabajo: 1kg/cm2.
- Consumo de agua: 3 veces el producto inyectado.
- Peso bruto: 5Kg.

## 6.3 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  $\frac{3}{4}$ ", 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.

## 6.4 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. Éste 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.

## 7. CONTADORES

Como indicamos en el apartado de fertirrigación, para su automatización 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: 10atm.
- Temperatura máxima: 40º 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 1litro, 10litros o 100litros. Las características del emisor son: Carga máxima 2VA, intensidad máxima 50mA y voltaje máximo 28V.

## 8. PROGRAMADORES

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 2500”, capaz de realizar el control de hasta 30 sectores de riego gobernados por 50 programas independientes.

## 9. AUTOMATISMO DE LA RED DE RIEGO

Los Automatismos 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 si 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.

## 10. CASETA DE BOMBEO

Será una caseta prefabricada de hormigón con una superficie de 16 m<sup>2</sup>, con tejado a un agua, y con unas dimensiones de 4 x 4 x 2,34m. Fabricada con panel de 15 cm y aislamiento estará cubierta de hormigón.

La puerta principal es de acero galvanizado de doble capa y unas dimensiones de 2,37x 2,16m. El trasporte y montaje correrá a cargo de la empresa suministradora. Su instalación estará supervisada por el director de obra.

En el interior de esta caseta tendremos todos los elementos necesarios para el bombeo del agua como son filtros, codos, válvulas, etc.

## 11. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS

El bombeo se va a realizar desde la balsa de riego que tenemos dispuesta. La bomba será instalada en el fondo de la balsa a nivel de cota mínima del embalse que es de 279m.

La bomba irá unida al tubo de la tubería primaria con PE, al igual que los de la tubería secundaria.

Al inicio de la tubería primaria después de la bomba irá colocada una válvula de retención. En la caseta de bombeo colocaremos una válvula de mariposa, un filtro de malla y una segunda válvula de mariposa, en ese orden, para que, si hubiera que quitar el filtro alguna vez, se cierren las válvulas de mariposa y no pueda salir el agua de la tubería.

## 12. EQUIPO DE BOMBEO

## 12.1. POTENCIA NECESARIA EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

La bomba es el elemento de la instalación de riego que suministra el caudal requerido a la presión necesaria, para el correcto funcionamiento de los emisores.

La tubería que alimenta al equipo de bombeo procede de la balsa de la explotación. Así pues, la tubería de aspiración de la bomba tiene una longitud aproximada de 5 m, con lo que se consideran despreciables las pérdidas de carga originadas en ella.

Para la tubería de aspiración se adopta PE 100 Ø 90 PN 10

La presión necesaria debe ser la suma de las pérdidas de carga aguas abajo. La presión extra para la limpieza de los goteros se fija en un 50 % de la presión nominal de éstos y se supone que puede coincidir el momento de limpieza de los goteros y filtros, con lo que se obtiene un margen de seguridad amplio.

Las pérdidas de carga en la tubería primaria y secundaria se incrementan en un 20 % para considerar las pérdidas de carga en los codos.

Así se tiene que:

- Pérdidas de carga en la tubería de aspiración: Despreciables
- Pérdidas en el contador: 1 m.c.a
- Pérdidas de carga en válvulas del cabezal de riego: 1,1 m.c.a.
- Pérdidas de carga en el tramo de la primaria más exigente : 3,85 m.c.a
- Pérdidas de carga en la secundaria más exigente: 5,67 m.c.a
- Presión necesaria al inicio de la terciaria más exigente: 13,33 m.c.a
- Presión extra para limpieza de goteros:  $0,5 \times 10 = 5$  m.c.a.

$$H_m = 29,95 \text{ m.c.a.} \approx 30 \text{ m.c.a.}$$

La potencia útil de la bomba viene dada por la siguiente expresión:

$$N_u = \frac{Q \cdot \gamma_{agua} \cdot H_m}{75}$$

donde,

$N_u$  es la potencia útil de la bomba en C.V.

$Q$  es el caudal a bombear en  $\text{m}^3/\text{sg}$

$\gamma_{agua}$  es la densidad del fluido en  $\text{Kg/m}^3$

$H_m$  es la altura manométrica a elevar, en m.c.a

$$N_u = \frac{0,0070 \cdot 1000 \cdot 30}{75}$$

$$N_u = 2,83 \text{ C.V.}$$

La potencia que debe tener el motor de accionamiento de la bomba se calcula como:

$$N_{motor} = \frac{N_u}{\eta_g}$$

donde,

$N_{motor}$  es la potencia necesaria en el motor de accionamiento

$\eta_g$  es el rendimiento del motor bomba

Si se toma  $\eta_g = 0,6$  se obtiene una potencia del motor:

$$N_{motor} = \frac{2,83}{0,6} = 4,71 \text{ CV}$$

Para que el motor de accionamiento deje disponible una potencia en el eje de la bomba ( $N_{eje}$ ) igual a la calculada anteriormente es necesario que absorba una potencia eléctrica superior de manera que se compensen los rozamientos mecánicos y las pérdidas eléctricas en ese motor. Esos rozamientos y pérdidas se evalúan a través del rendimiento del motor de tal manera que la potencia del motor se calcula con la siguiente fórmula:

$$N_{motor} = \frac{N_{eje}}{\eta_m} = \frac{2,83}{0,70} = 4,04\text{CV}$$

Donde:

$N_{motor}$  = potencia del motor (CV)

$N_{eje}$  = potencia en el eje de la bomba (CV)

$\eta_m$  = rendimiento de motor (%)

Por lo tanto la potencia del motor será 4,04CV

Para cubrir las necesidades totales de la instalación, se necesita un equipo de bombeo, constituido una bomba vertical sumergible modelo S36-4.

## 12.2. ESTUDIO DE LA CAVITACIÓN

### 12.2.1 CÁLCULO DE LA ALTURA NETA DE ASPIRACIÓN (NPSH(A))

Para realizar este cálculo se necesita conocer la temperatura máxima a la que se estima puede funcionar la bomba en servicio normal, se estima en 10º C.

Se calcula el NPSH(A) en la elevación: Y

$$NPSH(A) = (P_{atm} / Y) - H_a - h_a - h_v - h_t$$

Donde:

$(Patm / Z)$  = Presión atmosférica absoluta a nivel del mar, en mca.

$Ha$  = Altura geométrica de aspiración, en m.

$ha$  = Pérdidas de carga totales en aspiración, en mca.

$hv$  = Presión a la que se produce la evaporación del agua considerando la temperatura ambiente a la que funcionará la bomba.

$ht$  = Reducción de la presión atmosférica absoluta debido a la altitud sobre el nivel del mar.

$Ha$  en nuestro caso siempre será un valor positivo o cero en el peor de los casos, es decir las bombas están en carga. Así pues:

$$NPSH(A) = 10 - 0 - 2 - 0,5 - 0 = 7,5 \text{ mca.}$$

No existe cavitación en el caso de que  $NPSH(A) > NPSHr$ .

En nuestro caso ( $NPSH(A) = 7,5 \text{ mca}$ )  $>$  ( $NPSHr = 6,20$ ). Con lo cual no existe cavitación.

## 12.3. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE EN LA INSTALACIÓN DE BOMBEO

Con la parada del grupo de impulsión y el cierre violento de válvulas se produce en la tubería primaria una sobrepresión denominada golpe de ariete. Para compensar esta sobrepresión deben dimensionarse mecanismos que lo amortigüen e instalar en lo posible elementos singulares que reduzcan la producción del mismo como pueden ser válvulas de cierre lento.

### 12.3.1. CÁLCULO DEL TIEMPO DE PARADA DE LA BOMBA

La expresión de E. Mendiluce nos define el tiempo de parada de la bomba (T) de la siguiente manera:

$$T = \frac{K \cdot L \cdot V}{g \cdot Hme} + C$$

Donde:

K = Coeficiente de ajuste que depende de la longitud de la tubería de impulsión. En este caso 2.

C = Coeficiente de ajuste que depende de la pendiente hidráulica de la impulsión. En este caso 0,5.

V = Velocidad del agua, en m/s.

L = Longitud de la tubería de impulsión, en m.

g = Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>.

Hme = Altura manométrica de impulsión, en m.

Por lo que:

$$T = \frac{K \cdot L \cdot V}{g \cdot Hme} + C = \frac{2 \cdot 5 \cdot 1,40}{9,81 \cdot 30} + 0,5 = 0,53s$$

### 12.3.2. CÁLCULO DE LA CELERIDAD DE ONDA Y DE LA LONGITUD CRÍTICA

Con la siguiente expresión definimos la celeridad de la onda y la velocidad a la cual se propaga:

$$a = \sqrt{\frac{9900}{48,3 + K \frac{D}{e}}}$$

Donde:

a = celeridad de la onda (m/s)

D = Diámetro interior del tubo, en mm

e = Espesor del tubo, en mm

K = Coeficiente que depende del material de la tubería, para este caso

K = 111,11

Por lo que:

$$a = \sqrt{\frac{9900}{48,3 + 111,11 \frac{79,20}{11,9}}} = 352,72 \text{ m/s}$$

Si se cumple que  $T < 2L / a$ , siendo L la longitud de la tubería en m, se trata de un cierre rápido y se utiliza la fórmula de Allievi. Mientras que si  $T > 2L / a$  se trata de un cierre lento por lo que se utiliza la fórmula de Michaud. En nuestro caso se usará esta última formula, que viene dada por la siguiente expresión:

$$L_c = \frac{(a \cdot T)}{2} = \frac{352,72 \cdot 0,53}{2} = 93,47 \text{ m}$$

Se trata pues de una impulsión corta, ya que la longitud de la primaria es menor que la longitud crítica.

### 12.3.3. CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN DEBIDA AL GOLPE DE ARIETE

Utilizamos la fórmula de Michaud:

$$AH = \frac{(2 \cdot L \cdot V)}{g \cdot T} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 1,40}{9,81 \cdot 0,53} = 2,69 \text{ m}$$

Donde:

L = Longitud de la tubería de impulsión, en m

V = Velocidad del agua, en m/s

T = Tiempo de parada de la bomba

g = Aceleración de la gravedad = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Con lo cual la presión máxima que se produce en la tubería cuando se para la bomba es de:

$$P_{max} = H_{me} + DH = 30 + 2,69 = 32,69 \text{ m.c.a.}$$

#### **12.3.4. ELECCIÓN DEL TIMBRAJE**

La válvula de retención se sitúa al inicio de la tubería primaria por ello la presión estática máxima coincide con la diferencia de cota que ha de vencer la bomba. Disponiendo de un timbraje de 1MPa será más que suficiente para que no hubiera problemas causados por un exceso de presión dado que la presión máxima que se produce en la tubería cuando se paren las bombas es de 32,69mca.

#### **12.3.5. ABSORCIÓN DEL GOLPE DE ARIETE**

Colocaremos una válvula de retención de 90mm de diámetro de disco partido de PN6 en el comienzo de la tubería primaria a la salida de la bomba.

De esta manera protegeremos la conducción contra las posibles sobrepresiones de una manera fácil y económica y minimizamos el golpe de ariete, aunque en nuestro caso es mínimo.

### **13. GRUPO ELÉCTROGENO**

Tanto la bomba sumergida, la bomba inyectora como el programador de riego vienen alimentados por un grupo electrógeno que necesitará la siguiente potencia:

- Grupo electrobomba: 2,97Kw
- Bomba inyectora: 0,59Kw
- Programador de riego: 0,12Kw
- Total potencia necesaria: 3,68Kw.

Potencia necesaria grupo electrógeno:

$$N_n = N_u / M_g$$
$$3,68 / 0,8 = 4,6Kw$$

Se instalará un grupo electrógeno de gasoil que tenga una potencia de 6Kw (6,6 Kva).



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO XV: ESTUDIO DE VIABILIDAD  
ECONÓMICA**

## ÍNDICE ANEJO XV

### ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	1
3. VIDA ÚTIL .....	2
3.1. VIDA ÚTIL DE LA PLANTACIÓN .....	2
3.2. VIDA ÚTIL DE LOS ELEMENTOS DE LA PLANTACIÓN .....	2
4. COSTES DE EXPLOTACIÓN .....	3
4.1 COSTES ORDINARIOS .....	3
4.2 COSTES EXTRAORDINARIOS .....	4
5. INGRESOS DE EXPLOTACIÓN .....	6
5.1. INGRESOS ORDINARIOS .....	6
5.2. INGRESOS EXTRAORDINARIOS .....	8
6. ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN .....	9
6.1. CONSIDERACIONES PREVIAS .....	9
6.2. ESTUDIO DE RENTABILIDAD.....	9
7. CONCLUSIONES.....	12
7.1. VAN .....	12
7.2. TIR.....	12
7.3. PAY-BACK.....	13

## ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

### 1. INTRODUCCIÓN

Con el objeto de analizar si este proyecto es viable económicamente, se determinan varias variables económicas que reflejarán si la inversión es rentable.

De esta forma se calcula el VAN ó Valor Actual Neto, el TIR ó Tasa Interna de Rentabilidad y el Plazo de recuperación ó Pay-Back.

El VAN establece que una inversión es rentable y viable cuando es mayor de cero. El TIR es el tipo de interés que hace el VAN de una inversión sea igual a cero, dando las unidades monetarias que se ganan por cada unidad monetaria invertida y año. Si el tipo de interés unitario que resulta del cálculo del TIR es mayor al tipo de interés, la inversión es rentable.

El Pay-Back indica el tiempo, expresado en años, que tarda en recuperarse el pago de la inversión.

Para calcular estos índices, se considera una vida útil de la inversión de 20 años, sobre la cual se define la corriente de pagos y cobros de la plantación.

### 2. SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, las parcelas que forman parte del proyecto están dedicadas al cultivo de una pradera mixta de gramíneas y leguminosas, obteniéndose sólo un corte anual de hierba.

La explotación de los frambuesos se llevará de forma familiar tan como se describe en el primer anejo.

## 3. VIDA ÚTIL

### 3.1. VIDA ÚTIL DE LA PLANTACIÓN

La vida útil de la plantación es de 20 años. Se puede dividir la vida útil de la plantación en:

- Año 0: Implantación y puesta en marcha del proyecto
- Años 1 y 2: Período en que la producción es mínima
- Años 3 a 7: Período en que la producción aumenta de forma progresiva cada año
- Años 8 a 14: Plena producción
- Años 15 a 20: Período en que la producción desciende.

La plantación se arrancará el año 20, cuando comienza el período decreciente de la producción y los ingresos de la plantación decrecerían.

### 3.2. VIDA ÚTIL DE LOS ELEMENTOS DE LA PLANTACIÓN

A lo largo de la vida de la plantación será necesario, reemplazar algunos de los equipos utilizados en la plantación que se sitúan a la intemperie, bajo la acción de los agentes atmosféricos.

En la tabla 1, se indican los elementos que requerirán su reemplazo, su vida útil, en años, el valor de adquisición y su valor residual respecto al de adquisición.

Al finalizar su vida útil, la venta de estos equipos supondrá un cobro extraordinario, mientras que su renovación será un pago extraordinario.

Tabla 1: Equipos que requieren de su renovación

EQUIPO	VIDA ÚTIL	VALOR ADQUISICIÓN	VALOR RESIDUAL
LATERALES DE RIEGO	20	15.089,52 €	5%
EQUIPO DE BOMBEO Y ELEMENTOS SINGULARES	20	7369,47 €	0%
IMPERMEABILIZACION Balsa	20	13.273,40 €	20%
CASETA DE RIEGO	25	3430,33 €	20%
ELEMENTOS DE APOYO	30	3139,57€	10%

## 4. COSTES DE EXPLOTACIÓN

En los costes de explotación se diferencian los costes ordinarios originados por el cultivo de los arbustos implantados, y los costes extraordinarios, debido a la renovación de alguno de los elementos de la inversión.

### 4.1 COSTES ORDINARIOS

Los costes ordinarios anuales en el año 0 serán los correspondientes a la ejecución del proyecto mas la plantación, 594.810,17 €.

A partir del año 1 y hasta el 20 los costes serán los siguientes:

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	COSTE
CONSUMO GASOIL			2000 €
<u>FERTILIZANTES</u>			
AZUFRE 98 %	434 kg/ha	0,30 €/kg	1595 €
N-P-K	600 kg/ha	0,50 €/kg	3675 €
SULFATO MAGNÉSICO	420 kg/ha	0,40 €/kg	2058 €
COSTES MAQUINARIA			
TRACTOR+ABONADORA	0,27 h	30 €/h	97,20 €
		<b>TOTAL</b>	<b>9425,20 €</b>

Además, aunque se trata de una explotación familiar habrá que contar con la contratación de peones eventuales para la recolección, estimados en 2 por cada unidad y con una duración eventual de dos meses.

Año 1-20

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	COSTE
MANO DE OBRA	JORNADAS	56€/ Jornada de 8h	37632€

## 4.2 COSTES EXTRAORDINARIOS

Los costes extraordinarios a lo largo de la vida de la plantación se recogen en las siguientes tablas.

Costes extraordinarios. Año 1

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	COSTE
ADQUISICIÓN COLMENAS	24 COLMENAS	42 €/COLMENA	1008€
ADQUISICIÓN TIJERAS DE PODA	12 UD	38 €/UD	456 €

ADQUISICIÓN MOTOGUADAÑA 1Kw	3 UD	461 €/UD	1383 €
ADQUISICIÓN EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	7 EQUIPO DE TRABAJO	23013,5 €/EQUIPO	1613,5 €
<b>TOTAL</b>			<b>4460,5 €</b>

### Costes extraordinarios. Año 13

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	COSTE
RENOVACIÓN EQUIPO DE TRABAJO	7 UD	230,5 €/UD	16130,5 €
<b>TOTAL</b>			<b>16130,5 €</b>

## 5. INGRESOS DE EXPLOTACIÓN

### 5.1. INGRESOS ORDINARIOS

Los ingresos ordinarios de la plantación provendrán de la venta de fruta, que será vendida directamente desde la explotación para industrias alimenticias de la zona, o a través de envases para comercios de la zona:

La producción neta media que se establece para el frambueso en plena producción es de 2 kg/planta. La producción, durante los primeros siete años se estima en un porcentaje respecto al período de plena producción, tal como se recoge en la siguiente tabla:

AÑO	PRODUCCIÓN
1	2%
2	10%
3	25%
4	35%
5	45%
6	55%
7	65%
8-14	95%
15-20	75%

Recordando que el número de plantas existentes es de 72.418, la producción neta total que se puede obtener en la plantación cada año es la siguiente:

AÑO	Kg FRAMBUESA
1	2896,72
2	14.483,6
3	36.209
4	50.692,6
5	65.176,2
6	76.659,8
7	94.143,4
8 a 14	144.836
15 a 20	101.385

En la producción neta por planta, ya se han descontado las posibles pérdidas causadas por agentes atmosféricos, enfermedades, plagas y ataques de aves.

Se considera, que un 70% de la producción es recogida directamente por la industria láctea y de mermeladas de la zona, el 25% es distribuida directamente en los comercios. El 5% restante engloba las pérdidas durante la manipulación de los frutos.

El precio de venta desde parcela se fija en 2,30€/Kg, mientras que para la distribución directa es de 2,70€/Kg.

Los ingresos anuales son los siguientes:

AÑO	INGRESOS TOTALES
1	7.140,41 €
2	35.702,07 €
3	89.255,19 €
4	124.957,26 €
5	160.659,33 €
6	188.966,41 €
7	232.063,48 €
8 a 15	306.532,61 €
15 a 20	249.914,52 €

## 5.2. INGRESOS EXTRAORDINARIOS

Los ingresos extraordinarios tienen su origen en la venta de los elementos de la plantación al cumplir su vida útil o al final de la vida de la plantación. Se recogen en la siguiente tabla:

Ingresos extraordinarios. Año 20

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO	INGRESO
VENTA CASETA DE RIEGO			686,10 €
VENTA IMPERMEABILIZACIÓN			2654,68 €
VENTA LATERALES DE RIEGO			754,48 €
VENTA ELEMENTOS DE APOYO			319,36 €
		<b>TOTAL</b>	<b>4414,62 €</b>

## 6. ESTUDIO DE RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN

### 6.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

El presupuesto total de la inversión asciende a 568.551,44 €.

Los beneficios anuales serán los calculados anteriormente y serán fijos. No se tendrá en cuenta el factor que juega la inflación.

Se considerará el valor residual de los elementos de la plantación, calculado anteriormente. El coste de mano de obra se complementa con la ayuda familiar del promotor.

La vida útil de la plantación es de 20 años

Se realiza el estudio, considerando que se obtiene un crédito de 450.000 € a 15 años y a un tipo de interés del 9% anual.

Con lo expuesto anteriormente se realiza el estudio de rentabilidad económica.

## 6.2. ESTUDIO DE RENTABILIDAD

- FLUJO DESTRUIDO: Valor numérico que corresponde a los ingresos percibidos antes de la ejecución del proyecto.
- COBROS ORDINARIOS: Valor numérico que corresponde a los ingresos que conlleva la actividad de la explotación.
- COBROS EXTRAORDINARIOS: Valor numérico que corresponde a los ingresos extraordinarios.
- PAGOS ORDINARIOS: Valor numérico que corresponden a los costos que conlleva la plantación.
- PAGOS EXTRAORDINARIOS: Valor numérico de los costos extraordinarios.
- PAGOS FINANCIEROS: Valor que corresponde a la suma del capital anual a devolver más los intereses correspondientes al capital por devolver.

Con estos datos, y mediante una hoja de cálculo, se calculan los flujos de caja que se originan cada año, teniendo en cuenta los cobros como los pagos que se originan de la plantación.

### Flujos de caja anuales

AÑO	COBRO ORDINARIOS	COBRO EXTRAORDINARIOS	COBRO FINANCIEROS	PAGO ORDINARIOS	PAGO EXTRAORDINARIOS	PAGO FINANCIEROS	PAGO INVERSIÓN	FLUJO CAJA
0			450.000				594.810	-144.810
1	7.140,41			47.057	4461		58.029	-102.406
2	35.702,07			47.057		58.029		-69.384
3	89.255,19			47.057		58.029		-15.831
4	124.957,26			47.057		58.029		19.871
5	160.659,33			47.057		58.029		55.573
6	188.966,41			47.057		58.029		83.880
7	232.063,48			47.057		58.029		126.977
8	306.532,61			47.057		58.029		201.447
9	306.532,61			47.057		58.029		201.447
10	306.532,61			47.057		58.029		201.447
11	306.532,61			47.057		58.029		201.447
12	306.532,61			47.057		58.029		201.447
13	306.532,61			47.057	16.131	58.029		185.317
14	306.532,61			47.057		58.029		201.447
15	249.914,52			47.057		58.029		144.829
16	249.914,52			47.057				202.858
17	249.914,52			47.057				202.858
18	249.914,52			47.057				202.858
19	249.914,52			47.057				202.858
20	249.914,52	4415		47.057				207.272

## 7. CONCLUSIONES

### 7.1. VAN

El Valor Actual Neto, es un indicador de rentabilidad absoluta. Es el sumatorio de todos los flujos de caja ordinarios actualizados esperados, y determina el valor actualizado de todos los rendimientos generados por el proyecto. A mayor valor de VAN más rentable será la inversión.

La expresión de este indicador es:

$$VAN = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+r)^j}$$

donde,

$R_j$  es el flujo de caja originado por la inversión en el año  $j$

$N$  es el número de años de vida útil de la inversión

$r$  es el tipo de actualización

Tras realizar los cálculos correspondientes con la hoja de cálculo, se obtiene un **VAN de 666.820,32 €.**

En general, cuando el VAN es mayor que cero, el proyecto es viable, es decir que la inversión es rentable y se puede acometer.

### 7.2. TIR

La Tasa Interna de Rentabilidad se conoce también con el nombre de tasa de retorno y se define como la tasa de actualización para que el VAN toma el valor de cero.

Su expresión es:

$$VAN = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+r')^j} = 0$$

donde,

VAN es el Valor Actual Neto, calculado para la inversión

$R_j$  es el flujo de caja originado por la inversión en el año  $j$

$r'$  es la Tasa Interna de Rentabilidad, en tanto por uno.

El TIR obtenido es del **21,75%** que al ser superior al tipo de interés considerado (7%), nos indica que la inversión es rentable.

### 7.3. PAY-BACK

Se mide con este criterio el período de tiempo ( $h$ ), expresado en años, que se espera transcurra desde el momento en que se inicia la inversión hasta que se verifique que la suma de los flujos de caja actualizados coincide con el pago de la inversión. Es, por tanto, el tiempo que tarda en recuperarse el pago de la inversión.

Para su cálculo se suman los flujos de caja, previamente actualizados, de los  $h$  años, en los que se verifica:

$$\sum_{j=1}^h \frac{R_j}{(1+r)^j} \geq \text{Esfuerzo inversor}$$

donde,

$h$  es el año que se denomina plazo de recuperación de la inversión o Pay-Back

Realizados los cálculos, se obtiene un **plazo de recuperación de 9 años** para esta inversión.

Efectuado el estudio de viabilidad económica, se concluye que la **inversión es económicamente rentable**.



## **Proyecto Fin de Carrera**

**Proyecto de una plantación de  
Frambuesos en Boltaña (Huesca)**

**ANEJO XVI: BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

ALLEN, R.G. *et al.* (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper, 56. Rome.

ASIDER (2001) Plantación de frambuesas, arándanos y limoncillos. Predicar con el ejemplo. *Actualidad Leader*, 15, Septiembre 2001

BOUNOUS, G. (1996) *PICCOLI FRUITI: Lamponi-Rovi-Ribes e Uva Spinac-Mirtilli*. Edizioni Agricole. Bologna. Italia.

CALAVERA, J (2000) *Muros de contención y Muros de Sótano*. 3<sup>a</sup> edición. INTEMAC. Madrid

CÁNOVAS CUENCA, J. (1990) *Calidad agronómica de las aguas de riego*. Mundi-Prensa; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

CARCELÉN, E. GARCÍA, J. RODRÍGUEZ, J. A. (1994). Posibilidades de cultivo de los pequeños frutos en las sierras interiores de Galicia. *Agricultura. Revista Agropecuaria*, 743, 487-492.

CARCELÉN FERNÁNDEZ, E. (1998) *Sistema agroalimentario de los pequeños frutos. Frambuesa, zarzamora, arándanos y grosella*. [ ref. de 24 septiembre 2004] Disponible en web: <<http://agrobyte.lugo.usc.es>>

CARCELÉN FERNÁNDEZ, E.; GARCIA BERRIOS, J.; BARRASA RIOJA, M.; GOMEZ FOLGUEIRA, M.; PEREIRA GONZALEZ, J. M.; MENDEZ LOPEZ, A. X.; PIÑEIRO SOTO, A. (1998) *Frutales arbustivos. Explotaciones en pequeñas parcelas*

CARCELÉN, E. (1998). El frambueso: Binomio Vegetación-Fructificación. *Fruticultura Profesional*, 97, 55-64.

CARCELÉN, E (1999). Explotaciones de pequeños frutos. *Fruticultura Profesional*, **106**, 19-24.

CARCELÉN, E. (1999). Comportamiento del frambueso en plantación experimental: producción y periodo productivo. ITEA, Vol. **95V Nº .1**, 7-20.

CARCELÉN, E. (2000). El grosellero: Vegetación, Fructificación y Poda. *Fruticultura Profesional*, **111**, 42-49

CARCELÉN, E.; GARCÍA, J. (2000). Características de los laterales fructíferos en frambueso “no remontante”. ITEA, Vol. **96V Nº .2**, 116-123.

CASTILLO RODRÍGUEZ, M.; ANTEQUERA LUENGO, F. (1988) El cultivo del frambueso rebrotante. Dirección General de Investigación y Extensión Agrarias. Centro de Información y Documentación Agraria. Sevilla. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Colección Divulgación HD 7/88

CASTROVIEJO, S et al.-Eds- (1986-00) *Flora Ibérica*: Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Real Jardín Botánico Madrid. CSIC. 9 vols. Madrid.

COQUE FUERTES, M.; DÍAZ HERNÁNDEZ, M. B.; CIORDIA ARA, M.; GARCÍA RUBIO, J.C. (1994) *El cultivo del frambueso y la zarzamora*. Instituto de Experimentación Agraria. Consejería de Medio Rural y Pesca. Principado de Asturias.

COQUE FUERTES, M.; FUEYO OLMO, M. G. (1985) *El grosellero*. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Núm. 15/85 HD.

COQUE FUERTES, M; DÍAZ HERNÁNDEZ, M. B.; IGLESIAS JACOME, G. (1993) *El Arándano*. Consejería de Medio Rural y Pesca, Principado de Asturias. Caja de Ahorros de Asturias.

COQUE, M.; DÍAZ, M. B. (1996). *Poda de frutales y técnicas de propagación y plantación* MAPA-Mundi Prensa.

COQUE, M.; DÍAZ, M. B.; CIORDIA, M.; GARCÍA, J.C. (1993) *Estudio varietal del frambueso en Asturias*. II Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Tomo I.

COQUE, M; DÍAZ, M. B. (1991).Comportamiento de variedades de grosellero en el Norte de España. *Fruticultura Profesional*, **39**, 5-14.

DE LA VEGA PÉREZ, M.R. (1990) *El Grosellero*. INORDE. Orense.

ECK, P.; CHILDEERS, N.F. (1966) *Blueberry Culture*. New Brunswick, New Jersey. Rutgers University Press.

FACI GONZÁLEZ, J. M. (1992) *Contribución a la medida y cálculo de la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) en Aragón* Institución Fernando el Católico. Zaragoza.

FACI GONZÁLEZ, J. M; MARTÍNEZ COB A. (1991) *Cálculo de la evapotranspiración de referencia en Aragón* Serie de Estudios Agrarios, DGA. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Zaragoza.

FUENTES YAGÜE, J. L. (2003) *Técnicas de Riego* Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

FUENTES YAGÜE, J.L (1999) *El suelo y los fertilizantes* Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

GIAMBANCO, H. (2001) Control de calidad en frambuesa. *Revista Horticultura*, **153**, 46-49.

GIL-ALBERT, F. (1997). Alternativas frutales. *Fruticultura Profesional*, **87**, 24-30

GONZÁLEZ TAMAYO, M<sup>a</sup> C. (1993) "Plantación de arándano (5,6 ha) con riego localizado en Prámaro (Asturias)". Proyecto Fin de Carrera, ETSEA. Universitat de Lleida.

HIDALGO FÉRNANDEZ-CANO, L; HIDALGO TOGORES, J. (2001) *Ingeniería y Mecanización Vitícola*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

LANTIN, B. (1988) Le mirtillier arbustif. *L'Arboriculture frutière*. 412. 21-24

MANSILLA VÁZQUEZ, J. P.; PINTOS VARELA, C; ABELLEIRA, A. (1990). *Problemática Fitosanitaria en Plantaciones Experimentales de Ribes sp.* en Galicia. I Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas.

MARTÍNEZ COB, A.; FACI GONZÁLEZ, J. M.; BERCERO BERCERO, A. (1998). *Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón* Institución Fernando el Católico. Excma. Diputación de Zaragoza. Zaragoza.

MONTALVO LÓPEZ, T. (2005) *Riego localizado-Diseño de Instalaciones*. Ediciones VJ. Valencia

NUEZ, F; LLÁCER, G. -Coord.- (2001) *La Horticultura Española*. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (SECH). España.

PIZARRO; F (1987) *Riegos localizados de Alta Frecuencia*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid

PLAGIETA, R. (1986) *El frambueso*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

RIGUEIRO, A.; ROMERO, R.; FÉRNANDEZ, J. L. (1991) *Avance de los primeros resultados acerca del control de brotes de frambueso y malas hierbas en cultivos de Rubus idaeus L. en Galicia*. Actas de la Reunión 1991 de la Sociedad Española de Malherbología: 231-237.

RIVAS MARTÍNEZ, S.; RIVAS GONZÁLEZ, T. E.; FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, F; IZCO, J.; LOIDI, J.; LOUSA, M.; PENAS MERINO, A., (2002). Vascular plant communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica*, **15 (1) y (2)**, 5-922.

ROMERO, R; RIGUEIRO, A; FERNÁNDEZ, J. L. (1991) *Extracción de nutrientes por especies invasoras no deseadas en cultivos de frambueso (Rubus idaeus L.) en Galicia*. Actas de la Reunión de 1991 de la Sociedad Española de Malherbología: 87-91.

ROMERO, R; FERNÁNDEZ, J. L.; RIGUEIRO, A. (1995). *Aplicación de coberturas de corteza de pino para controlar malas hierbas y rebrotes en plantaciones de frambueso: influencia del espesor y efectos sobre el suelo*. Sociedad Española de Malherbología: Actas. Congreso 1995

ROMERO, R.; FERNÁNDEZ, J. L.; RIGUEIRO, R. (1997) *Métodos alternativos al control de malas hierbas y rebrotes de frambueso en cultivos de Rubus idaeus en Galicia*. Sociedad Española de Malherbología: Actas Congreso 1997.

SAN MIGUEL, A. (2001) *Pastos naturales españoles. Caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid

<<http://www.agroinformacion.com>> [Consulta: 12 enero 2013]

<<http://www.infoagro.com>> [Consulta: 12 enero 2013]

<<http://frutas.consumer.es>> [Consulta: enero 2013]

<<http://www.efa-dip.org>> [Consulta: 12 enero 2013]