

DOCUMENTO 1

ANEJOS A LA MEMORIA

Modernización de la instalación de riego para cultivo de almendro en el término municipal de Turís (Valencia)

Tomás Alcarria Víllora

Valencia, Enero 2017

INDICE

Anejo I: Estudios previos

Anejo II: Cálculo de la evapotranspiración

Anejo III: Diseño agronómico

Anejo IV: Diseño hidráulico de las subunidades

Anejo V: Diseño de la red de transporte

**Anejo VI: Cabezal de riego, valvulería y elementos accesorios de la
red**

Anejo VII: Automatización y control de la instalación

Anejo VIII: Movimiento de tierras

ANEJO I:

ESTUDIOS PREVIOS

INDICE

1. Introducción	1
2. Antecedentes	1
3. Descripción de los cultivos existentes	1
4. Climatología.	2
5. Cartografía básica	3
6. Análisis de suelo	3
7. Agua de riego	3
8. Elección del sistema de RLAF	4
8.1. Introducción.....	4
8.2. Objetivos.....	4
8.3. Solución de RLAF adoptada	5

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestra un resumen de los datos de ET_0 en mm por meses para el periodo 2000-2015	2
Tabla 2. Resumen datos precipitación mensual para los años 2000 al 2015. La precipitación media viene expresada en mm.	3

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación parámetro humedad del suelo entre RLAF y RBF	4
--	---

1. Introducción

En este primer anejo se muestra la información y estudios previos necesarios para la realización del proyecto. Con esta exposición previa será posible realizar el seguimiento adecuado de todos los cálculos que lo componen.

A continuación se describen los resultados de la fase previa de redacción, es decir la recopilación de información y estudios previos necesarios.

2. Antecedentes

En el presente trabajo se ha revisado la red de riego ya existente y se ha tenido en cuenta la topografía, la edafología y las condiciones climáticas en el término municipal de Turís con el fin de modernizar esta red para el cultivo de almendro en un área de 10 has mediante el sistema de riego por goteo.

Es interesante su puesta en producción de esta forma por lo siguiente:

- Buenos precios actuales
- Favorables perspectivas futuras
- Mejoras en técnica de cultivo (marco de plantación, poda, etc.)
- Riegos adecuados mejoran rendimiento del cultivo
- Buen aprovechamiento de los escasos recursos hídricos de la zona

El almendro es un cultivo tradicionalmente de secano, sin embargo, mediante el riego se pueden establecer marcos de plantación más reducidos como en este caso de 7x5, consiguiendo un mejor aprovechamiento del terreno (más densidad de árboles y más porcentaje de terreno). La producción por árbol también aumenta gracias a una buena técnica y marco de plantación adecuado. Hay estadísticas que muestran que la producción de almendra en grano desde los años 90/92 con 1600 kg/ha han llegado a 2000-2500 kg/ha actuales con marcos de plantación más intensivos.

3. Descripción de los cultivos existentes

En la actualidad la totalidad de las parcelas que componen la finca tienen almendro como único cultivo. El patrón utilizado es híbrido entre almendro y melocotonero (GF-677) y la variedad es Guara.

Las principales virtudes de este patrón son: alto vigor, resistencia a condiciones de sequía y a altos contenidos en caliza, buena precocidad de entrada

en producción y elevados potenciales productivos, así como una total compatibilidad con todas las variedades de almendro.

La variedad es auto-fértil de floración tardía. Tiene una producción elevada y un rendimiento medio-alto.

4. Climatología

Los parámetros climáticos utilizados para el estudio bioclimático y cálculo de necesidades hídricas han sido obtenidos de la página web del servicio de riegos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), procedentes de la estaciones meteorológicas que tiene este Instituto en el término municipal de Turís y otra sita en el término municipal de Godelleta, ambas próximas a la zona donde se realiza el presente proyecto.

Estación de Turís:

Periodo analizado: Noviembre 1999- Marzo 2012

Estación de Godelleta:

Periodo analizado: Diciembre 2013- Diciembre 2015

En la Tabla 1 que viene seguidamente se muestra un resumen de los datos de evapotranspiración.

Tabla 1. Muestra un resumen de los datos de ET_0 en mm por meses para el periodo 2000-2015

MES	ET_0	MES	ET_0
ENERO	47,14	JULIO	166,19
FEBRERO	57,22	AGOSTO	146,10
MARZO	88,38	SEPTIEMBRE	101,99
ABRIL	110,38	OCTUBRE	72,21
MAYO	136,18	NOVIEMBRE	48,00
JUNIO	155,65	DICIEMBRE	38,99

A continuación en la Tabla 2 se muestran datos obtenidos de precipitación media mensual para el periodo comprendido entre los años 2000-2015.

Tabla 2. Resumen datos precipitación mensual para los años 2000 al 2015. La precipitación media viene expresada en mm.

MES	Ppcion	MES	Ppcion
ENERO	40,69	JULIO	13,16
FEBRERO	28,45	AGOSTO	7,38
MARZO	58,60	SEPTIEMBRE	41,84
ABRIL	53,79	OCTUBRE	80,54
MAYO	53,08	NOVIEMBRE	42,57
JUNIO	18,22	DICIEMBRE	39,92

Estos datos se muestran con más detalle más adelante en los anejos correspondientes.

5. Cartografía básica

Para el plano de situación (escala 1:42000) se ha utilizado el servicio SIGPAC (Sistema de Identificación de Parcelas Agrícolas) obtenido accediendo a través de la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Para el establecer el emplazamiento de las parcelas (plano escala 1:5000) se ha usado el facilitado por el Ministerio de Hacienda y Función Pública a través de su servicio en página web de cartografía catastral.

La cartografía necesaria para la elaboración del levantamiento topográfico (equidistancia entre curvas de nivel de 5 m) ha sido obtenida del servicio web del Terrasit, dependiente del Instituto Cartográfico Valenciano.

6. Análisis de suelo

Indicar que el almendro se desarrolla bien en suelos de textura franca o franca arenosa de una profundidad media. Estos suelos con buena aireación y de difícil encharcamiento son adecuados, ya que a estos dos factores es sensible el almendro. El suelo que se tiene en parcela es de textura franca. Es un Inceptisol (Xerochrept) del Triásico.

7. Agua de riego

Para la obtención del agua para el riego se dispone de un hidrante propiedad de la Comunidad de Regantes la Turisana. Este hidrante está situado a una cota de 233 m al lado superior derecho de la parcela catastral 715 (véase apartado planos)

y aporta 545 l/min a 6 kg/cm² de presión. El agua viene del depósito Cañamar II (5700 m³). Este depósito es llenado con aguas provienen de tres pozos de la zona de Turis-Alborache-Godelleta.

La conductividad eléctrica a 20°C: 1,2 dS/m. Este nivel de salinidad para el almendro no presupone ningún efecto adverso, si acaso, de tipo muy débil.

8. Elección del sistema de RLAF

8.1. Introducción

La instalación de un sistema de RLAF (Riego Localizado de Alta Frecuencia) en la finca se ha estudiado en este proyecto para un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos limitados de la zona como se ha comentado anteriormente.

Una de las ventajas del RLAF respecto al Riego de Baja Frecuencia (RBF) es que el parámetro humedad de suelo tiene un mejor comportamiento (Figura 1).

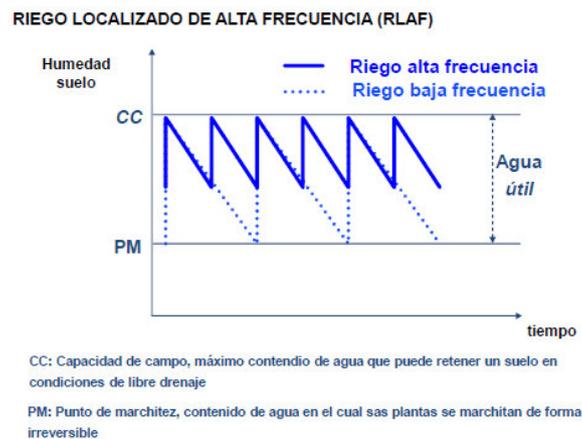


Figura 1. Comparación parámetro humedad del suelo entre RLAF y RBF

8.2. Objetivos

Con un uso moderado de agua se tiene el objetivo de conseguir:

- Desarrollo rápido del árbol a diferencia del seco
- Producción alta, constante y calidad
- Bajo coste de producción
- Diferentes estrategias de riego por goteo como el riego deficitario controlado

8.3. Solución de RLAF adoptada

El sistema de RLAF adoptado dependerá de las características de la finca, la estrategia técnico-productiva y la económico-financiera. Según estas condiciones se ha diseñado el RLAF de forma que:

- Se han diseñado los sectores buscando una similitud cantidad de área y cantidad de agua necesaria
- No es necesaria la instalación de una bomba por tanto no tenemos prácticamente gasto energético
- Los distintos dispositivos eléctricos que forman parte de la instalación tengan un funcionamiento a pilas
- Se ha adoptado con enterramiento de terciarias para que puedan entrar la maquinaria en las parcelas
- Instalación de doble línea de goteros que sean autocompensantes

ANEJO II:

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION

INDICE

1. Evapotranspiración de referencia.....	1
---	----------

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de ET_0 (mm) de los meses de Enero a Junio y periodo de años 2000-2015	1
Tabla 2. Datos de ET_0 (mm) de los meses de Julio a Diciembre. Periodo de años 2000-2015	2
Tabla 3. Muestra un resumen de los datos de ET_0 en mm por meses para el periodo 2000-2015	2

1. Evapotranspiración de referencia

El método de Penman-Montheit es el que se ha utilizado para realizar los cálculos para obtener la evapotranspiración de referencia (ET_0). Esta ha sido extraída de la página web del servicio de riegos del IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias) y sus datos de cálculo proceden de las estaciones meteorológicas de Turís y de Godolleta, ambas próximas a la zona donde se realiza el presente proyecto.

Estación Turís: Periodo analizado: Noviembre 1999- Marzo 2012

Estación Godolleta: Periodo analizado: Diciembre 2013- Diciembre 2015

A continuación se muestran los datos obtenidos de ET_0 en Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1. Datos de ET_0 (mm) de los meses de Enero a Junio y periodo de años 2000-2015

Enero		Febrero		Marzo	
Año	ET_0 total	Año	ET_0 total	Año	ET_0 total
2000	36,11	2000	75,76	2000	87,95
2001	60,39	2001	63,33	2001	124,80
2002	42,13	2002	70,41	2002	83,05
2003	58,29	2003	49,60	2003	75,14
2004	67,10	2004	46,25	2004	72,80
2005	44,54	2005	53,75	2005	83,00
2006	28,72	2006	52,08	2006	106,77
2007	44,85	2007	62,27	2007	101,09
2008	43,69	2008	39,11	2008	109,90
2009	45,93	2009	48,43	2009	79,23
2010	36,85	2010	45,81	2010	70,65
2011	35,34	2011	61,43	2011	65,67
2012	36,99	2012	56,70	2012	85,26
2014	68,88	2014	73,35	2014	98,14
2015	57,32	2015	60,00	2015	82,20
Promedio mes	47,14	Promedio mes	57,22	Promedio mes	88,38

Abril		Mayo		Junio	
Año	ET_0 total	Año	ET_0 total	Año	ET_0 total
2000	127,14	2000	135,88	2000	160,71
2001	128,23	2001	134,75	2001	169,83
2002	101,84	2002	134,35	2002	156,05
2003	113,01	2003	133,18	2003	157,80
2004	105,99	2004	120,39	2004	153,10
2005	120,65	2005	141,31	2005	165,37
2006	111,39	2006	129,50	2006	147,64
2007	71,38	2007	157,26	2007	161,30
2008	129,05	2008	114,29	2008	144,52
2009	108,53	2009	140,70	2009	165,45
2010	90,13	2010	143,42	2010	143,48
2011	94,86	2011	115,32	2011	130,08
2014	138,04	2014	144,35	2014	159,68
2015	105,03	2015	161,84	2015	164,14
Promedio mes	110,38	Promedio mes	136,18	Promedio mes	155,65

ANEJO II: Cálculo de la Evapotranspiración

Tabla 2. Datos de ET_0 (mm) de los meses de Julio a Diciembre. Periodo de años 2000-2015

Julio		Agosto		Septiembre	
Año	ET_0 total	Año	ET_0 total	Año	ET_0 total
2000	181,54	2000	155,46	2000	118,55
2001	172,05	2001	147,03	2001	94,51
2002	157,59	2002	124,07	2002	99,74
2003	173,70	2003	158,96	2003	92,68
2004	152,72	2004	161,28	2004	90,09
2005	161,39	2005	135,82	2005	109,82
2006	171,35	2006	153,53	2006	108,77
2007	171,07	2007	137,22	2007	92,16
2008	157,51	2008	139,29	2008	94,57
2009	168,04	2009	145,63	2009	91,53
2010	165,01	2010	144,98	2010	103,53
2011	148,08	2011	142,57	2011	108,35
2014	173,64	2014	155,35	2014	116,49
2015	172,99	2015	144,22	2015	107,07
Promedio mes	166,19	Promedio mes	146,10	Promedio mes	101,99

Octubre		Noviembre		Diciembre	
Año	ET_0 total	Año	ET_0 total	Año	ET_0 total
2000	82,43	1999	49,52	1999	50,93
2001	73,57	2000	65,08	2000	49,80
2002	80,58	2001	44,51	2001	33,47
2003	64,78	2002	62,88	2002	47,87
2004	85,97	2003	42,71	2003	44,81
2005	67,77	2004	43,77	2004	39,60
2006	80,00	2005	42,71	2005	37,25
2007	58,93	2006	41,97	2006	38,77
2008	52,41	2007	37,46	2007	36,73
2009	68,70	2008	41,34	2008	31,38
2010	70,07	2009	55,45	2009	36,10
2011	64,36	2010	55,39	2010	34,16
2014	92,01	2011	34,70	2011	26,26
2015	69,38	2014	52,28	2013	42,42
		2015	50,24	2014	39,79
Promedio mes	72,21	Promedio mes	48,00	Promedio mes	38,99

A continuación en la Tabla 3 se muestra un resumen de los datos de ET_0 .

Tabla 3. Muestra un resumen de los datos de ET_0 en mm por meses para el periodo 2000-2015

MES	ET_0	MES	ET_0
ENERO	47,14	JULIO	166,19
FEBRERO	57,22	AGOSTO	146,10
MARZO	88,38	SEPTIEMBRE	101,99
ABRIL	110,38	OCTUBRE	72,21
MAYO	136,18	NOVIEMBRE	48,00
JUNIO	155,65	DICIEMBRE	38,99

ANEJO III: DISEÑO AGRONÓMICO

INDICE

1. Cultivo y marco de plantación	1
1.1. Elección Kc y Pe:	1
1.1.1. Coeficiente de corrección de cultivo.	1
1.1.2. Precipitación efectiva	1
1.2. Corrección de la ET₀: efecto de la localización	2
1.3. Corrección por variación climática.....	3
1.4. Necesidades netas de riego	3
1.5. Necesidades de riego totales.....	5
1.5.1. Introducción	5
1.5.2. Uso de aguas salinas	5
1.5.3. Pérdidas por percolación profunda: Eficiencia de aplicación.....	5
1.5.4. Uniformidad de emisión	6
1.5.5. Resultados	6
2. Determinación de la dosis, de número de emisores y separación entre los mismos, de la frecuencia y tiempo de riego. ..	7
2.1. Número de emisores y separación entre los mismos.	7
2.1.1. Selección del emisor: caudal nominal.....	7
2.1.2. Diámetro, área mojada de emisor y porcentaje mínimo de superficie mojada	8
2.1.3. Número de emisores por planta y separación.....	9
2.2. Tiempo de riego e intervalo máximo en periodo de máximas necesidades.....	11
2.3. Cálculo del caudal requerido por unidad de superficie.....	12
2.4. Número de sectores	13
2.5. Tiempo de riego para la explotación en el periodo de máximas necesidades.....	13

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestra la media de valores de Kc para cada mes	1
Tabla 2. Resumen datos precipitación mensual para los años 2000 al 2015. La precipitación media viene expresada en mm.	2
Tabla 3. Resultados de precipitación efectiva mensuales en mm para los años 2000-2015	2
Tabla 4. Muestra los 4 valores obtenidos de K1	3
Tabla 5. Resultados obtenidos de necesidades de riego netas mensuales	4
Tabla 6. Se muestran valores de eficiencia de aplicación en función del clima, profundidad radicular y textura de suelo.....	6
Tabla 7. Resumen de resultados de valores para los distintos parámetros.....	6
Tabla 8. Muestra valores adoptados y obtenidos para los diferentes parámetros y las necesidades totales de riego obtenidas.....	7
Tabla 9. Caudal nominal (qe) de los emisores seleccionados.	8
Tabla 10. Resultados obtenidos de diámetro mojado y área mojada para los distintos emisores seleccionados.	8
Tabla 11. Se indica marco de plantación, porcentaje de área mojada y número de emisores obtenidos para cada tipo de emisor.	9
Tabla 12. Resultados obtenidos de separación entre emisores.	10
Tabla 13. Separaciones normalizadas y porcentajes de solape finales. La separación entre emisores normalizada de cada marca viene expresada en metros.....	10
Tabla 14. Especificaciones técnicas emisor elegido.....	11
Tabla 15. Intervalos y tiempos de riego para cada mes.	12

1. Cultivo y marco de plantación

1.1. Elección Kc y Pe:

1.1.1. Coeficiente de corrección de cultivo.

El coeficiente de corrección de cultivo (Kc) considera los requerimientos de agua de la propia especie y ajusta el ciclo vegetativo en el que se encuentra.

Los datos de Kc han sido extraídos del programa de asesoramiento en riego localizado (parlocv1_6) desarrollado por el IVIA y se muestran en la Tabla 1 que viene a continuación.

Tabla 1. Muestra la media de valores de Kc para cada mes

MES	Kc	MES	Kc
ENERO	0,00	JULIO	0,50
FEBRERO	0,01	AGOSTO	0,61
MARZO	0,24	SEPTIEMBRE	0,42
ABRIL	0,28	OCTUBRE	0,36
MAYO	0,33	NOVIEMBRE	0,00
JUNIO	0,37	DICIEMBRE	0,00

1.1.2. Precipitación efectiva

Los datos de precipitación media mensual (Ppcion) para cada año han sido obtenidos de la página web del servicio de riegos del IVIA, procedentes de la estaciones meteorológicas de Turís y de Godelleta ambas próximas a la zona donde se realiza el presente proyecto.

Estación de Turís:

Periodo analizado: Noviembre 1999- Marzo 2012

Estación de Godelleta:

Periodo analizado: Diciembre 2013- Diciembre 2015

Con estos datos de precipitación media mensual se han calculado las medias para el periodo comprendido entre los años 2000-2015. A continuación en la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2. Resumen datos precipitación mensual para los años 2000 al 2015. La precipitación media viene expresada en mm.

MES	Ppcion	MES	Ppcion
ENERO	40,69	JULIO	13,16
FEBRERO	28,45	AGOSTO	7,38
MARZO	58,60	SEPTIEMBRE	41,84
ABRIL	53,79	OCTUBRE	80,54
MAYO	53,08	NOVIEMBRE	42,57
JUNIO	18,22	DICIEMBRE	39,92

La precipitación efectiva (Pe) se calcula en función de la precipitación media para cada mes mediante las siguientes fórmulas aproximadas:

Si $P \leq 75$ mm/mes entonces: $10 - P \cdot 0,6 = Pe$

Si $P > 75$ mm/mes entonces: $25 - 0,8P = Pe$

Los resultados obtenidos de precipitación efectiva se reflejan en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de precipitación efectiva mensuales en mm para los años 2000-2015

MES	Pe	MES	Pe
ENERO	14,42	JULIO	0,00
FEBRERO	7,07	AGOSTO	0,00
MARZO	25,16	SEPTIEMBRE	15,10
ABRIL	22,28	OCTUBRE	39,43
MAYO	21,85	NOVIEMBRE	15,54
JUNIO	0,93	DICIEMBRE	13,95

1.2. Corrección de la ET_0 : efecto de la localización

Para los sistemas de riego a instalar el efecto de localización y alta frecuencia va a afectar a la evapotranspiración de cultivo y viene condicionado por el porcentaje de área sombreada (A_s). El área sombreada se ha calculado a partir del margen de plantación $a \cdot b$ y el diámetro sombra (Da)

$$A_s = \frac{\pi \cdot Da^2}{4a \cdot b}$$

$a \cdot b = 35 \text{ m}^2$; $Da = 4 \text{ m}$ y se obtiene un valor de **$A_s = 0,36$**

El coeficiente corrector por localización (K1) se obtiene del siguiente modo:

$$\text{Keller } K_L = 0,75As + 0,15$$

$$\text{Decroix } K_L = As + 0,1$$

$$\text{Hoare } K_L = 0,5As + 0,5$$

$$\text{Aljibury } K_L = 1,34As$$

En la Tabla 4 que viene a continuación se muestran los resultados obtenidos para K1.

Tabla 4. Muestra los 4 valores obtenidos de K1

K1	0,47
Aljibury	0,48
Decroix	0,46
Hoare	0,68
Keller	0,46

Como se ve en la Tabla 4, se han calculado 4 valores, desecho los valores extremos y de los centrales hallo la media obteniendo un **K1 = 0,47**

1.3. Corrección por variación climática

Se estableció un aumento las necesidades hídricas de un 20% por la variación que pueda ver de unos años a otros ya que estoy trabajando con valores medios, por tanto establezco una corrección por variación climática (K2) de **1,2**.

1.4. Necesidades netas de riego

En primer lugar se ha calculado la evapotranspiración de cultivo (ETc) del siguiente modo:

$$ETc = Kc \cdot ET_0 \quad (ETc: \text{mm/mes})$$

Seguidamente se ha operado realizando las correcciones con los coeficientes establecidos anteriormente, hallando la evapotranspiración corregida para el riego localizado (ETrl) del siguiente modo:

$$ETrl = K1 \cdot K2 \cdot ETc \quad (ETrl: \text{mm/mes})$$

Las necesidades de riego netas (NRn) vienen dadas por la siguiente expresión:

$$NRn = ETrl - Pe - \Delta c - \Delta W \quad (NRn: \text{mm/mes})$$

Siendo:

Δc : Intercambio con la capa freática, en mm/día.

ΔW : Variación de humedad del suelo entre dos riegos consecutivos, en mm/día.

En nuestra zona tanto el intercambio con la capa freática como la variación de humedad del suelo entre dos riegos consecutivos se consideran despreciables y especialmente para el período de máximas necesidades hídricas (Agosto), quedando:

$$NRn = ETrl - Pe$$

En la siguiente Tabla 5 se muestran resultados de las necesidades de riego netas.

Tabla 5. Resultados obtenidos de necesidades de riego netas mensuales

MES	Dias/Mes	ETc (mm/mes)	Etrl (mm/mes)	Pe (mm/mes)	NRn (mm/mes)	NRn (mm/dia)
ENERO	31	0,00	0,00	14,42	0,00	0,00
FEBRERO	28	0,57	0,32	7,07	0,00	0,00
MARZO	31	21,21	11,96	25,16	0,00	0,00
ABRIL	30	30,91	17,43	22,28	0,00	0,00
MAYO	31	44,94	25,35	21,85	3,50	0,11
JUNIO	30	57,59	32,49	0,93	31,55	1,05
JULIO	31	83,10	46,87	0,00	46,87	1,51
AGOSTO	31	89,12	50,27	0,00	50,27	1,62
SEPTIEMBRE	30	42,84	24,16	15,10	9,06	0,30
OCTUBRE	31	26,00	14,66	39,43	0,00	0,00
NOVIEMBRE	30	0,00	0,00	15,54	0,00	0,00
DICIEMBRE	31	0,00	0,00	13,95	0,00	0,00

Tal como se observa en la Tabla 5 el mes de con máximas necesidades netas de riego es Agosto.

1.5. Necesidades de riego totales

1.5.1. Introducción

Para el cálculo de las necesidades totales de riego (NTr) es necesario tener en cuenta, la salinidad de agua de riego, la eficiencia de riego o eficiencia de aplicación (EA) del sistema adoptado y la idoneidad técnica del mismo reflejada por la uniformidad de emisión (UE). El volumen de agua a aplicar y que nos proporcionará las necesidades totales de riego será el máximo de las siguientes expresiones:

$$NT_{rLR} = \frac{NRn}{UE \cdot (1-LR)} \quad (NT_{rLR}: \text{mm/mes})$$

$$NT_{rEA} = \frac{NRn}{UE \cdot EA} \quad (NT_{rEA}: \text{mm/mes})$$

1.5.2. Uso de aguas salinas

Siendo, LR la fracción de lavado para este caso de riego de alta frecuencia viene dada por:

$$LR = \frac{CE_w}{2 \cdot CE_{es}}$$

Los términos CE_w y CE_{es} son la conductividad del agua de riego en dS/m y la conductividad del extracto de saturación del suelo para que se produzca mermas del 100% en el cultivo en dS/m respectivamente.

1.5.3. Pérdidas por percolación profunda: Eficiencia de aplicación.

En la Tabla 6 se indica los valores que se pueden tomar para la eficiencia de aplicación (EA).

Tabla 6. Se muestran valores de eficiencia de aplicación en función del clima, profundidad radicular y textura de suelo.

CLIMAS ARIDOS				
Profundidad Radicular (cm)	TEXTURA			
	Gravosa	Gruesa	Media	Fina
< 75 cm	0.85	0.90	0.95	0.95
75 a 150 cm	0.90	0.90	0.95	0.95
> 150 cm	0.95	0.95	1.00	1.00
CLIMAS HUMEDOS				
Profundidad Radicular (cm)	TEXTURA			
	Gravosa	Gruesa	Media	Fina
< 75 cm	0.65	0.75	0.85	0.90
75 a 150 cm	0.75	0.80	0.90	0.95
> 150 cm	0.85	0.90	0.95	1.00

Como estamos en clima semiárido, siendo la profundidad radicular de 1,0-2,0 m según un estudio de la FAO (Riego y drenajes. Nº56) y la textura del suelo es de tipo medio, se ha tomado una eficiencia de aplicación de 0,95.

1.5.4. Uniformidad de emisión

La uniformidad de emisión (UE) se ha tomado de 0,9 ya que es cultivo permanente, con pequeña pendiente, uniforme y espaciado más de 4 metros (valor extraído de Montalvo, Teodoro; Riego Localizado: Diseño de Instalaciones)

Tabla 7. Resumen de resultados de valores para los distintos parámetros.

EA	Cew(dS/m)	Cees (dS/m)	1-LR	UE
0,95	1,30	7,50	0,91	0,90

1.5.5. Resultados

A continuación en la Tabla 8 se muestran los resultados obtenidos de las necesidades totales de riego por meses.

Tabla 8. Muestra valores adoptados y obtenidos para los diferentes parámetros y las necesidades totales de riego obtenidas.

MES	Dias/Mes	NRn (mm/mes)	EA	1-LR	UE	NTr (mm/mes)	NTr (mm/día)
ENERO	31	0,00	0,95	0,91	0,90	0,00	0,000
FEBRERO	28	0,00	0,95	0,91	0,90	0,00	0,000
MARZO	31	0,00	0,95	0,91	0,90	0,00	0,000
ABRIL	30	0,00	0,95	0,91	0,90	0,00	0,000
MAYO	31	3,50	0,95	0,91	0,90	4,26	0,137
JUNIO	30	31,55	0,95	0,91	0,90	38,39	1,280
JULIO	31	46,87	0,95	0,91	0,90	57,02	1,839
AGOSTO	31	50,27	0,95	0,91	0,90	61,16	1,973
SEPTIEMBRE	30	9,06	0,95	0,91	0,90	11,02	0,367
OCTUBRE	31	0,00	0,95	0,91	0,90	0,00	0,000
NOVIEMBRE	30	0,00	0,95	0,91	0,90	0,00	0,000
DICIEMBRE	31	0,00	0,95	0,91	0,90	0,00	0,000

Los requerimientos brutos de agua estimados para el cultivo establecido para el mes de máximas necesidades (Agosto) serán:

$$NTr = 1,973 \text{ mm/día} = 1,973 \text{ l/m}^2/\text{día}$$

2. Determinación de la dosis, de número de emisores y separación entre los mismos, de la frecuencia y tiempo de riego.

2.1. Número de emisores y separación entre los mismos.

Para el cálculo del número de emisores y la separación entre ellos se tienen que obtener los siguientes parámetros:

Caudal nominal del emisor, diámetro mojado, área mojada y el porcentaje mínimo de superficie mojada.

2.1.1. Selección del emisor: caudal nominal

Se han seleccionado goteros integrados autocompensantes y se han estudiado las marcas Uniram (mod.RC17012), Tiram (mod.16012) y Azud Premier PC (mod.16). Se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Caudal nominal (qe) de los emisores seleccionados.

Abreviatura	Caudal (l/h)	Marca
qe1	1,00	AZUD, UNIRAM
qe2	1,05	TIRAM
qe3	1,60	AZUD, UNIRAM, TIRAM
qe4	2,10	TIRAM
qe5	2,30	AZUD, UNIRAM
qe6	3,00	AZUD
qe7	3,50	AZUD, UNIRAM
qe8	4,20	TIRAM
qe9	8,40	TIRAM

2.1.2. Diámetro, área mojada de emisor y porcentaje mínimo de superficie mojada

El diámetro mojado (Dm) por emisor para textura franca según las propuestas de Karmeli, Peri y Todes (1985):

Textura gruesa (arenoso): $D_m = 0,30 + 0,12q$

Textura media: $D_m = 0,70 + 0,11q$

Textura fina (arcilloso): $D_m = 1,20 + 0,10q$

Diámetro en metros y q en litros/hora

El tipo de suelo del área en la que se está realizando el presente proyecto se puede considerar como textura media.

El área mojada de emisor (Am) viene dada por la siguiente expresión:

$$A_m = \frac{\pi \cdot D_m^2}{2}$$

Tabla 10. Resultados obtenidos de diámetro mojado y área mojada para los distintos emisores seleccionados.

	Dm (m)	Am (m ²)
qe1	0,81	0,52
qe2	0,82	0,52
qe3	0,88	0,60
qe4	0,93	0,68
qe5	0,95	0,71
qe6	1,03	0,83
qe7	1,09	0,92
qe8	1,16	1,06
qe9	1,62	2,07

Se adopta un porcentaje mínimo de superficie mojada (P) de 33% por ser cultivo leñoso (Hernández).

2.1.3. Número de emisores por planta y separación

El número de emisores por planta (n_e), para cultivos leñosos viene dado por la siguiente expresión:

$$n_e \geq \frac{a \cdot b \cdot P}{100 \cdot A_m}$$

En la Tabla 11 que viene a continuación se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 11. Indica marco de plantación, porcentaje de área mojada y número de emisores obtenidos para cada tipo de emisor.

$a \cdot b$ (m ²)	P (%)	n_e	
35	33	qe1	23
		qe2	23
		qe3	20
		qe4	17
		qe5	17
		qe6	14
		qe7	13
		qe8	11
		qe9	6

La separación mínima (S_e) entre emisores viene dada por la siguiente expresión:

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

Siendo:

$$r = D_m/2$$

a: solape mínimo entre bulbos de los emisores (10-20%)

Estableciendo un solape de un 15% se obtienen los siguientes resultados de separación entre emisores indicados en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados obtenidos de separación entre emisores.

a(%)	15
	Se(m)
qe1	0,749
qe2	0,754
qe3	0,810
qe4	0,861
qe5	0,882
qe6	0,953
qe7	1,004
qe8	1,075
qe9	1,502

Posteriormente se ha realizado el adaptado estos resultados teóricos a los valores que tenemos comerciales para cada fabricante y se han obtenido los resultados mostrados en la Tabla 13.

Tabla 13. Separaciones normalizadas y porcentajes de solape finales. La separación entre emisores normalizada de cada marca viene expresada en metros.

Se teorica	Horquilla separación entre emisores real según marca						
	Uniram		Tiran		Azud Premier PC		
0,749	0,70	0,80	-	-	0,60	0,75	-
0,754	-	-	0,70	0,80	-	-	-
0,810	0,80	0,90	0,80	0,90	0,75	1,00	-
0,861	-	-	0,80	0,90	-	-	-
0,882	0,80	0,90	-	-	0,75	1,00	-
0,953	-	-	-	-	0,75	1,00	1,25
1,004	0,90	1,00	-	-	1,00	1,25	-
1,075	-	-	0,90	1,00	-	-	-
1,502	-	-	0,90	1,00	-	-	-
	Solape real obtenido según marca						
	Uniram		Tiran		Azud Premier PC		
qe1	27,16	2,47	-	-	51,85	14,81	-
qe2	-	-	28,33	3,80	-	-	-
qe3	17,35	-5,48	17,35	-5,48	28,77	-28,31	-
qe4	-	-	28,14	6,66	-	-	-
qe5	32,11	11,12	-	-	42,60	-9,86	-
qe6	-	-	-	-	54,37	5,83	-42,72
qe7	34,10	15,67	-	-	15,67	-30,41	-
qe8	-	-	45,09	27,88	-	-	-
qe9	-	-	89,16	76,85	-	-	-

Como se observa en la Tabla 13 solo se cumple que los valores estén entre 10 y 20% (15,67%) para **qe7** que es el gotero de **3,5 l/h** (Azud y Uniram, me quedo con Azud premier PC) a una distancia de **1 m** de separación entre emisores.

En la Tabla 14 se indican las especificaciones del emisor elegido.

Tabla 14. Especificaciones técnicas emisor elegido.

Modelo AZUD PREMIER PC		AZUD PREMIER PC 16				
		1.0L	1.6L	2.3L	3.0L	3.5L
Caudal nominal	l/h gph	1.00 0.26	1.60 0.42	2.30 0.61	3.00 0.79	3.50 0.92
Diámetro interior	mm in	13.70 0.54				
Espesor nominal	mm in	0.9 0.035		1.0 0.039		1.1 0.043
Presión máxima	bar psi	4.0 58		4.0 58		4.0 58

Ecuación característica AZUD PREMIER $q = K \cdot h^x$		Presión de trabajo
q (l/h) - h (mca)	q (gph) - h (psi)	bar psi
$q = 3.50 \cdot h^2$	$q = 0.92 \cdot h^2$	0.5 - 4.0 7 - 58 psi

Longitud de ramal (m)*	
Separación de emisores (m)*	
Modelo	1.00 m 39" (m) (feet)
16 3.5 L	211 692

El número de emisores reales vendrá dado por el cociente de la separación de árboles entre la separación real entre emisores.

Número de emisores por árbol y lateral: **5 = 5/1**

Laterales por árbol: 2

Número total de emisores por árbol: **10**

2.2. Tiempo de riego e intervalo máximo en periodo de máximas necesidades.

Adopto un intervalo en periodo de máximas necesidades de 1 día. El tiempo de riego se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{N_{Tr} \cdot I}{n_e \cdot q_e}$$

Siendo:

T: Tiempo de riego (horas)

I: Intervalo de riego (días)

NTr: Necesidades totales de riego (l/árbol/día)

n_e: Número de emisores por árbol.

q_e: Caudal nominal del emisor (l/h)

En la Tabla 15 que viene a continuación se indican los resultados de planificación anual con el tiempo de riego e intervalo.

Tabla 15. Intervalos y tiempos de riego para cada mes.

MES	I(días)	T(h)
ENERO	1,0	0,0
FEBRERO	1,0	0,0
MARZO	1,0	0,0
ABRIL	1,0	0,0
MAYO	1,2	0,5
JUNIO	1,0	1,3
JULIO	1,0	1,8
AGOSTO	1,0	2,0
SEPTIEMBRE	1,4	1,7
OCTUBRE	1,0	0,0
NOVIEMBRE	1,0	0,0
DICIEMBRE	1,0	0,0

Según se observa de la Tabla 15, el tiempo de riego para el periodo de máximas necesidades es Agosto con **2,0 horas**.

2.3. Cálculo del caudal requerido por unidad de superficie

Se tiene una superficie regable de 10 Ha y para calcular el caudal requerido (Q_{requerido}) se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{requerido}} = \frac{n_e \cdot q_e \cdot S}{a \cdot b}$$

Siendo:

S: Superficie regable (m²)

a · b: Marco de plantación (m²)

El caudal requerido obtenido es de **27,78 l/s**

2.4. Número de sectores

El número de sectores (NS) se ha calculado del siguiente modo:

$$NS \geq \text{ENTERO } [Q_{\text{requerido}}/Q_{\text{disponible}}]$$

El caudal disponible ($Q_{\text{disponible}}$) es de **9,08 l/s**, por lo que se ha obtenido que hay que plantear **4 sectores**.

2.5. Tiempo de riego para la explotación en el periodo de máximas necesidades.

Para el mes de máximas necesidades el tiempo de riego diario para completar las 10 ha sería el siguiente:

$$\underline{4 \text{ sectores/día} \cdot 2 \text{ horas/sector} = 8 \text{ horas/día}}$$

ANEJO IV:

DISEÑO HIDRAULICO DE LAS SUBUNIDADES
DE RIEGO

INDICE

1. Introducción	1
2. Parcelas: Organización y regularización.....	1
3. Características técnicas de los materiales empleados	3
3.1. Emisores	3
3.2. Conducciones.	3
4. Dimensionado: Restricciones de presión y pérdidas de carga. ...	3
4.1. Variación máxima de presión admisible en la subunidad.....	3
4.2. Pérdidas de carga en laterales	4
4.2.1. Consideraciones y parámetros previos	4
4.2.2. Cálculo de la pérdida de carga	5
4.3. Pérdidas de carga en terciarias	6
4.3.1. Consideraciones y parámetros previos	6
4.3.2. Diámetro mínimo teórico.....	7
4.4. Presión necesaria al inicio de la tubería	8
4.4.1. Laterales.....	8
4.4.2. Subunidad.....	8
5. Resolución informática de las subunidades de riego: Cálculo de subunidades con KS2004.....	9
5.1. Resultados de las subunidades.....	9
5.1.1. Resumen de los resultados obtenidos	9
5.1.2. Resultados subunidad 1.1.....	10
5.1.3. Resultados subunidad 1.2.....	13
5.1.4. Resultados subunidad 2.1.....	15
5.1.5. Resultados subunidad 2.2.....	17
5.1.6. Resultados subunidad 3	19
5.1.7. Resultados subunidad 4	21
5.1.8. Resultados subunidad 5	23
5.1.9. Resultados subunidad 6	25
5.1.10. Resultados subunidad 7	27
5.1.11. Resultados subunidad 8	29
5.1.12. Resultados subunidad 9	31
5.1.13. Resultados subunidad 10	33
5.1.14. Resultados subunidad 11	35
5.1.15. Resultados subunidad 12	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestra datos de identificación de las distintas parcelas que integran este proyecto	2
Tabla 2. Muestra la identificación de las distintas subunidades y sus dimensiones..	2
Tabla 3. Valores de F si el valor del exponente de la fórmula de carga (m) es 1,75 (Blasius).....	4
Tabla 4. Resumen de resultados de las subunidades	9

1. Introducción

Al hablar de diseño hay que considerar dos fases diferenciadas pero a su vez interrelacionadas:

- **Diseño de subunidades:** Consiste en definir la geometría y dimensiones que deben tener estas para cubrir totalmente la zona regable. Para ello será necesario realizar unos cálculos previos que permitan determinar las longitudes máximas de laterales y terciarias.
- **Dimensionado de subunidades:** Definida la geometría y dimensiones en el dimensionado se obtienen los diámetros de lateral y terciaria adecuados para garantizar una determinada uniformidad de emisión, así como el cálculo de los caudales y presiones requeridos en origen.

Dicho lo anterior, teniendo en cuenta para ello los cálculos realizados en el anejo correspondiente al diseño agronómico, se procede a realizar el diseño hidráulico.

2. Parcelas: Organización y regularización

Las parcelas se han dividido en diferentes subunidades de riego teniendo en cuenta lo siguiente:

- Características topográficas
- Perspectiva de la forma de sectorizar
- Perspectiva del diseño de la red de riego
- Utilización de instalaciones preexistentes

Como las parcelas tienen una geometría bastante regular se ha intentado aprovecharlo y acentuarlo buscando la geometría cuadrada o rectangular de las subunidades para poder proceder con más facilidad al diseño e instalación del sistema de riego localizado.

Las parcelas se identifican y describen en la Tabla 1 que se expone a continuación.

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego

Tabla 1. Muestra datos de identificación de las distintas parcelas que integran este proyecto

Catastro	Parcela	Cultivo	Area (Hg)	Area (m ²)
657	1	Almedro seco	19,03	15816
656	2	Almedro seco	14,21	11806
718	3	Almedro seco	12,50	10387
717	4	Almedro seco	10,27	8536
716	5	Almedro seco	5,06	4208
715	6	Almedro seco	7,70	6398
712	7	Almedro seco	4,08	3388
713	8	Almedro seco	2,40	1994
714	9	Almedro seco	2,45	2039
719	10	Almedro seco	5,35	4443
705	11	Almedro seco	4,39	3648
711	12	Almedro seco	7,12	5913
655	13	Almedro seco	16,63	13822
710	14	Almedro seco	5,62	4672
		<u>Total</u>	<u>116,81</u>	<u>97070</u>

A continuación se ha incluido la Tabla 2 con la identificación de las subunidades en que se ha distribuido el terreno y una previsión de sectorización.

Tabla 2. Muestra la identificación de las distintas subunidades y sus dimensiones

Prevision sectorización	Subunidad	Parcela	Area (Hg)	Area (m ²)
Sector 1	1.1	1	11,25	9345
	1.2	1	7,79	6471
	2.1	2	5,23	4343
	2.2	2	8,98	7463
Sector 2	3	3	12,50	10387
	4	4	10,27	8536
	5	5	5,06	4208
Sector 3	6	6	7,70	6398
	7	7, 8, 9	8,93	7421
	8	10	5,35	4443
	9	11	4,39	3648
Sector 4	10	12 y 13	16,94	14080
	11	13	6,81	5655
	12	14	5,62	4672
		<u>Total</u>	<u>116,81</u>	<u>97070</u>

3. Características técnicas de los materiales empleados

3.1. Emisores

Como el terreno en donde se circunscribe este proyecto no tiene una topografía uniforme se ha optado por un gotero plano auto-compensante integrado de las características expuestas en la tabla 14 del anejo III.

3.2. Conducciones

Tras el estudio de alternativas posibles para los caudales demandados en las subunidades, y teniendo en cuenta que estas irán a la intemperie, se ha considerado que el material idóneo para las subunidades será el PE-40 tanto para terciarias como para laterales.

4. Dimensionado: Restricciones de presión y pérdidas de carga

4.1. Variación máxima de presión admisible en la subunidad

Como se ha elegido un emisor auto-compensante el exponente de descarga es cero o muy cercano a cero.

Para el cálculo de la tolerancia máxima a las presiones:

Todos los goteros auto-compensantes lo son dentro de un rango efectivo de presiones, por tanto, teóricamente la máxima diferencia de presión admisible en la subunidad (ΔH_s) vendría dada por:

$$\Delta H_s = H_{\max} - H_{\min} \text{ (}\Delta H_s\text{: en m.c.a.)}$$

Siendo:

H_{\max} : Máxima presión de funcionamiento del emisor, en m.c.a.

H_{\min} : Mínima presión de funcionamiento del emisor, en m.c.a.

Como el emisor tiene una presión de trabajo de 0,5 a 4,0 bar. Por tanto, se obtiene que $\Delta H = 3,5 \text{ bar} \approx 35 \text{ m.c.a.}$

En la práctica este intervalo de variación debe reducirse por varios motivos, siendo entre ellos, la no correspondencia del caudal arrojado con el valor nominal

por debajo de la presión mínima o también un aumento de costes energéticos al trabajarse a una elevada presión. Por esto se ha establecido una $\Delta H_s = 22 \text{ m.c.a.}$

Se adoptó una presión de servicio $H = 10 \text{ m.c.a.}$ para un correcto funcionamiento de los emisores.

La máxima diferencia de la variación presión admisible debe repartirse entre lateral y terciaria. En general, a efectos prácticos, se podría tomar que toda la diferencia de presión admisible se produce en el lateral.

4.2. Pérdidas de carga en laterales

Consideraciones y parámetros previos

Se ha establecido en el dimensionado de los laterales dos posibles diámetros a utilizar:

DN16 con un diámetro interior (D_i) de 11,4 mm

DN20 con un diámetro interior de 15,4 mm

Siendo la distancia al primer emisor (S_0) al comienzo de la tubería, distinta a la separación entre emisores (S), la longitud del lateral (L_l) viene dado por:

$$L_l = S_0 + (n - 1) \cdot S \quad (L_l: \text{ en metros})$$

Siendo:

n: Número de emisores del lateral

A continuación se extrae de la Tabla 3 el valor del parámetro F (Factor de Christiansen)

Tabla 3. Valores de F si el valor del exponente de la fórmula de carga (m) es 1,75 (Blasius)

n	F	n	F	n	F
1	1	12	0.406	26	0.383
2	0.650	13	0.403	28	0.382
3	0.546	14	0.400	30	0.380
4	0.497	15	0.397	32	0.379
5	0.469	16	0.395	35	0.378
6	0.451	17	0.393	40	0.376
7	0.438	18	0.392	50	0.374
8	0.428	19	0.390	60	0.372
9	0.421	20	0.389	80	0.370
10	0.415	22	0.387	100	0.367
11	0.410	24	0.385	∞	0.367

n: Número de emisores o laterales

El valor del factor de Christiansen generalizado se ha calculado de la siguiente manera:

$$F_r = \frac{r + n \cdot F - 1}{r + n - 1}$$

Siendo:

$$r = S_0/S$$

Cálculo de la pérdida de carga

Se ha realizado el cálculo de la pérdida de carga de los laterales para las subunidades estando los emisores equidistantes en los laterales, con una distancia inicial al primer emisor distinta a la separación entre los mismos. Esto se ha efectuado mediante la siguiente expresión:

$$h_l = C \cdot (L_l + n \cdot L_e) \cdot F_r \cdot \frac{Q_l^{1,75}}{D_{il}^{4,75}}$$

Siendo:

h_l : Pérdida de carga en el lateral (m.c.a.)

C: Coeficiente que está en función de la temperatura

L_l : Longitud del lateral

n: Número de emisores del lateral

L_e : Longitud equivalente del emisor

Q_l : Caudal para el lateral (l/h)

D_{il} : Diámetro interno del lateral (mm)

F_r : Factor de Christiansen generalizado del lateral

Del resultado obtenido para la pérdida de carga y teniendo en cuenta la presión que tiene que soportar se deriva la elección del diámetro nominal a utilizar.

4.3. Pérdidas de carga en terciarias

Consideraciones y parámetros previos

El sobrante de la variación de la presión admisible en la subunidad, después del dimensionado lateral se utiliza para el dimensionado de la terciaria. La máxima variación que se produce en el lateral (ΔH_l) viene dada por:

$$\Delta H_l = \Delta h_l + Z_l \quad (\Delta H: \text{m.c.a.})$$

Siendo:

Δh_l : Pérdida de carga admisible del lateral Z_l : Desnivel del lateral (m)

La máxima diferencia de presión en la terciaria (ΔH_t) se obtiene como diferencia de la total (subunidad: ΔH_s) y la producida en el lateral. Dada por la ecuación:

$$\Delta H_t = \Delta H_s - \Delta H_l \quad (\Delta H_t: \text{m.c.a.})$$

Conocido el desnivel de la terciaria (Z_t), la pérdida admisible en la terciaria es:

$$\Delta h_t = \Delta H_t + Z_t \quad (\Delta h_t: \text{m.c.a.})$$

La longitud de la terciaria con servicio en ruta y distribución del caudal en grupos de derivaciones con separación uniforme viene dada por:

$$L_t = (L_0 - L_g) + N_2 \cdot N_1 \cdot L_e + (L_g - L_e) \cdot N_2$$

Siendo:

L_t : Longitud de la terciaria (m)

L_0 : Distancia del primer lateral al comienzo de la tubería (m)

L_g : Separación entre grupo de laterales (m)

N_2 : Número de grupos de laterales

N_1 : Número de laterales por grupo

L_e : Separación entre laterales del mismo grupo (m)

El factor de Christiansen generalizado para la terciaria en este caso viene dado por:

$$F_d = \frac{L_e \cdot N \cdot F(m, N) + (L_g - L_e) \cdot N_2 \cdot F(m, N_2) + (L_0 - L_g)}{L}$$

Siendo:

N: número de total de laterales de la terciaria

El caudal para el tramo de terciaria considerado será el resultado de multiplicar el número de laterales por el caudal necesario en la cabeza del lateral.

Diámetro mínimo teórico

El diámetro mínimo teórico debe ser compatible con la restricción de pérdidas de carga impuesta y se ha calculado mediante la siguiente ecuación:

$$D_{it} = \left[\frac{K_m \cdot C \cdot L_t \cdot F_d \cdot Q_t^{1,75}}{h_t} \right]^{\frac{1}{4,75}}$$

Siendo:

D_{it} : Diámetro interior mínimo teórico para el tramo de terciaria

K_m : Coeficiente mayorante por pérdidas localizadas

C: Coeficiente que está en función de la temperatura

L_t : Longitud de la terciaria

Q_t : Caudal del tramo de terciaria considerado.

h_t : Pérdida de carga en el tramo de terciaria

F_d : Factor de Christiansen generalizado para la terciaria

Una vez se ha obtenido el diámetro mínimo teórico se ha realizado la elección del diámetro comercial inmediato superior.

A continuación se ha comprobado que la pérdida de carga calculada para el diámetro comercial es igual o inferior a la admisible.

4.4. Presión necesaria al inicio de la tubería

Laterales

El cálculo de la presión necesaria al inicio del lateral (P_{0L}/γ) se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{P_{0L}}{\gamma} = \frac{\bar{P}}{\gamma} + \beta \cdot h_l + \alpha \cdot Z_l$$

Siendo:

\bar{P}/γ : Presión media en la tubería considerada (m.c.a.)

α, β : coeficientes adimensionales

Z_l : desnivel del lateral (m)

Al ser el número de emisores elevado (superior a 20), se ha establecido que:

$$\alpha = 0,5 ; \beta = (m + 1) / (m + 2)$$

Siendo m el exponente de la fórmula de la pérdida de carga

Subunidad

El cálculo de la presión necesaria en la terciaria al inicio de la subunidad (P_{0S}/γ) viene dado por la expresión:

$$\frac{P_{0S}}{\gamma} = \frac{P_{0L}}{\gamma} + \beta_d \cdot h_t + \alpha \cdot Z_t$$

Los coeficientes adimensionales α y β_d vienen definidos por:

$$\alpha = \frac{L_t + L_0}{2L_t} ; \beta_d = \frac{r_0 + \beta \cdot n \cdot F - 1}{r_0 + n \cdot F - 1} ;$$

Siendo:

n: número de laterales

Z_t : desnivel de la terciaria (m) $r_0 = L_0/L_e$

5. Resolución informática de las subunidades de riego: Cálculo de subunidades con KS2004

Para el cálculo de las subunidades nos apoyamos en el paquete informático elaborado por la unidad docente de Ingeniería Rural de la Universidad Politécnica de Valencia, KS2004

5.1. Resultados de las subunidades

Resumen de los resultados obtenidos

En la Tabla 4, se recogen los resultados obtenidos:

Tabla 4. Resumen de resultados de las subunidades

Subunidad	Parcela	Qs (l/h)	H ₀	TERCIARIA		LATERAL		Nº emisores
				DN (mm)	L (m)	DN (mm)	L (m)	
1.1.	1	8694	29,20	40	61,5	16	2520	2484
1.2.	1	6174	22,07	40	47,5	16	1792	1764
2.1.	2	4200	18,15	40	33,5	16	1220	1200
2.2.	2	8453	24,72	40	74,5	16	2457	2415
3	3	9737	30,06	40	89,5	16	2834	2782
4	4	6916	19,21	40	89,5	16	2028	1976
5	5	3920	14,81	40	47,5	16	1148	1120
6	6	5670	15,89	40	61,5	16	1656	1620
7	7, 8 y 9	6580	13,91	40	68,5	16	1960	1880
8	10	3850	12,03	40	68,5	16	1140	1100
9	11	3024	10,61	40	61,5	16	900	864
10	12 y 13	14175	30,38	50	103,5	16	4110	4050
11	13	5936	16,45	40	110,5	16	1760	1696
12	14	4200	12,16	40	54,5	16	1232	1200

H₀: Presión al inicio de la subunidad expresada en m.c.a.

Resultados subunidad 1.1

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 1.1.
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	8.694
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	29,2

Datos del emisor elegido

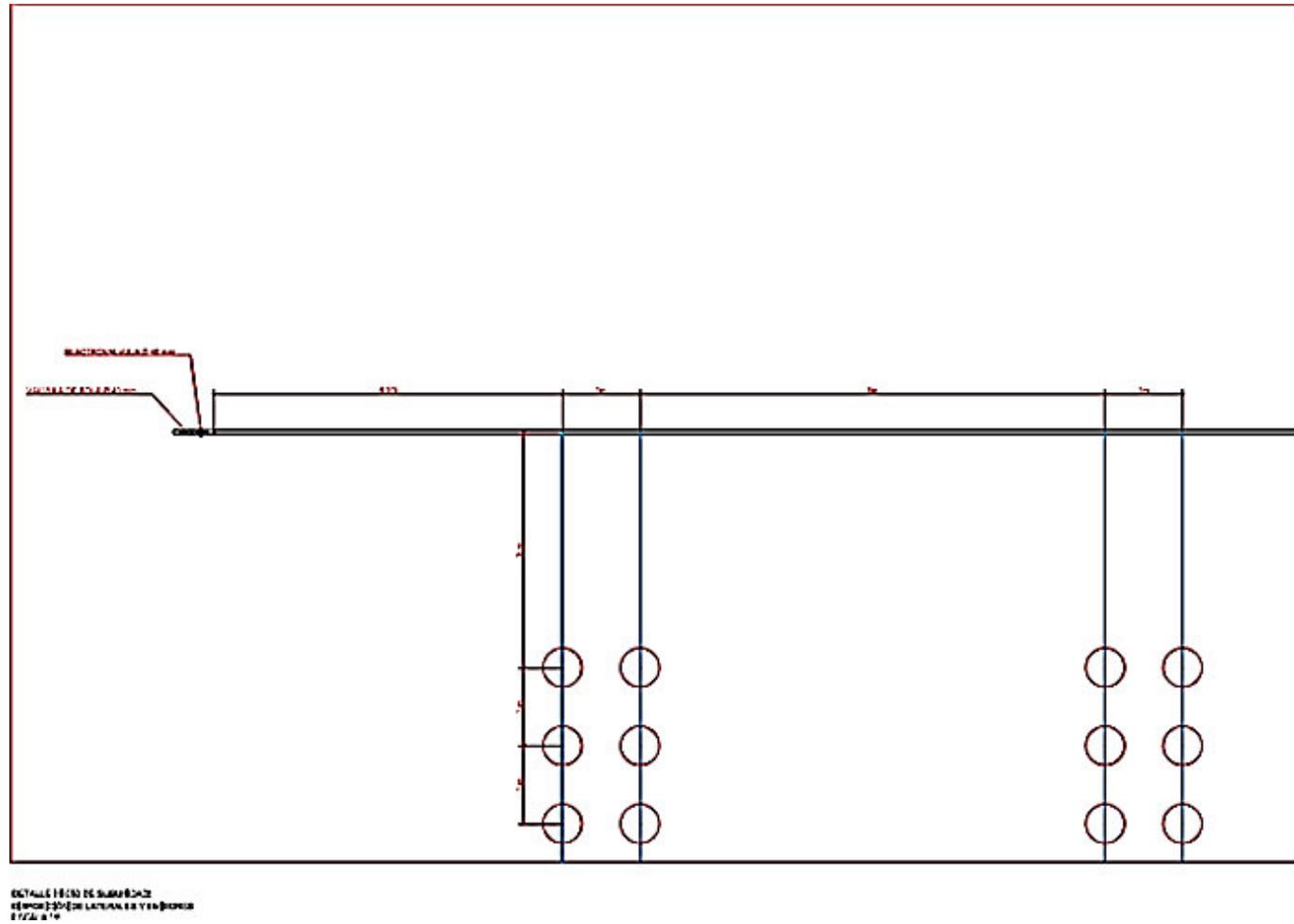
Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	2484
Coste emisores:	0,00 €

Resultados Laterales

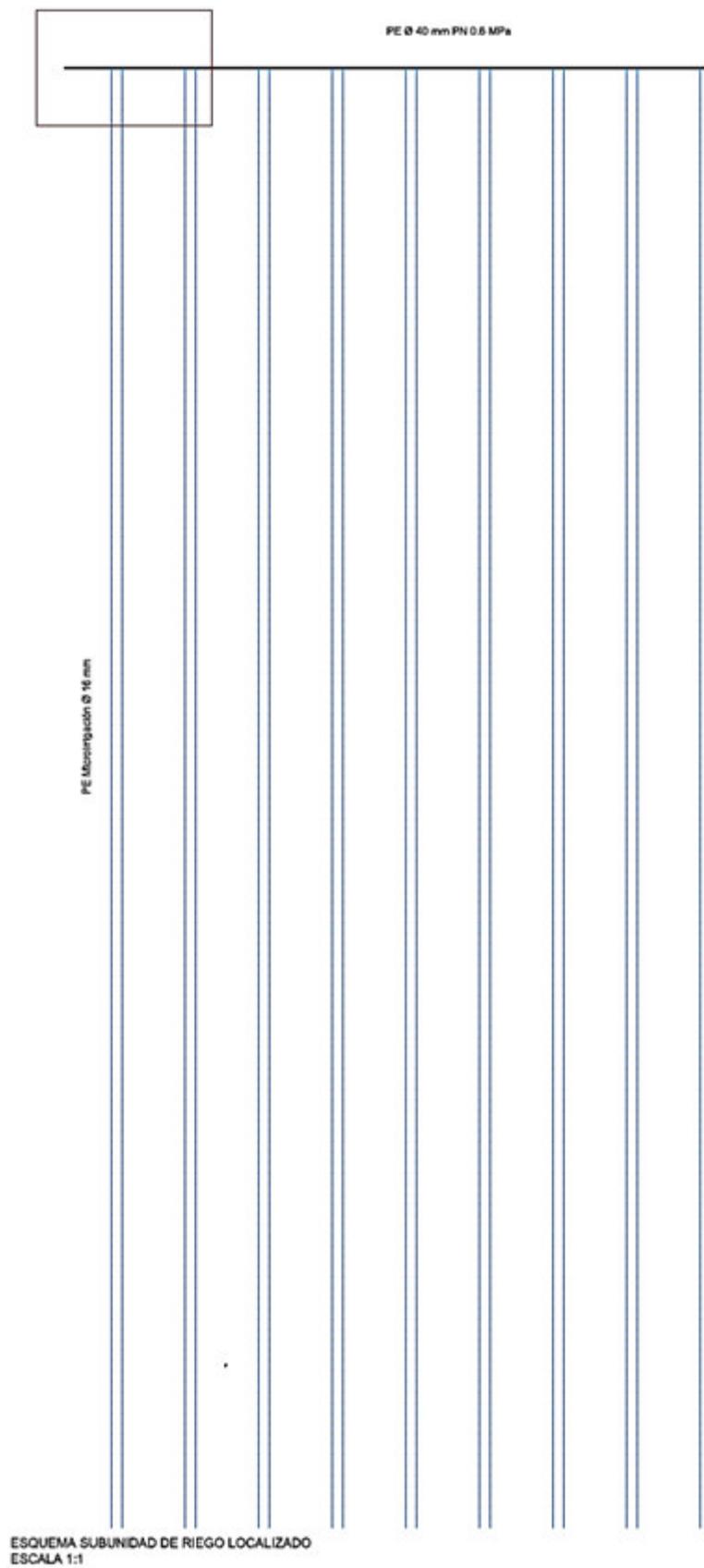
Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	2.520,00
Coste laterales:	1.083,60 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	61,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	81,18 €
COSTE TOTAL:	1.164,78 €



ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



Resultados subunidad 1.2

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 1.2
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	6.174
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	22,07

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	1764
Coste emisores:	0,00 €

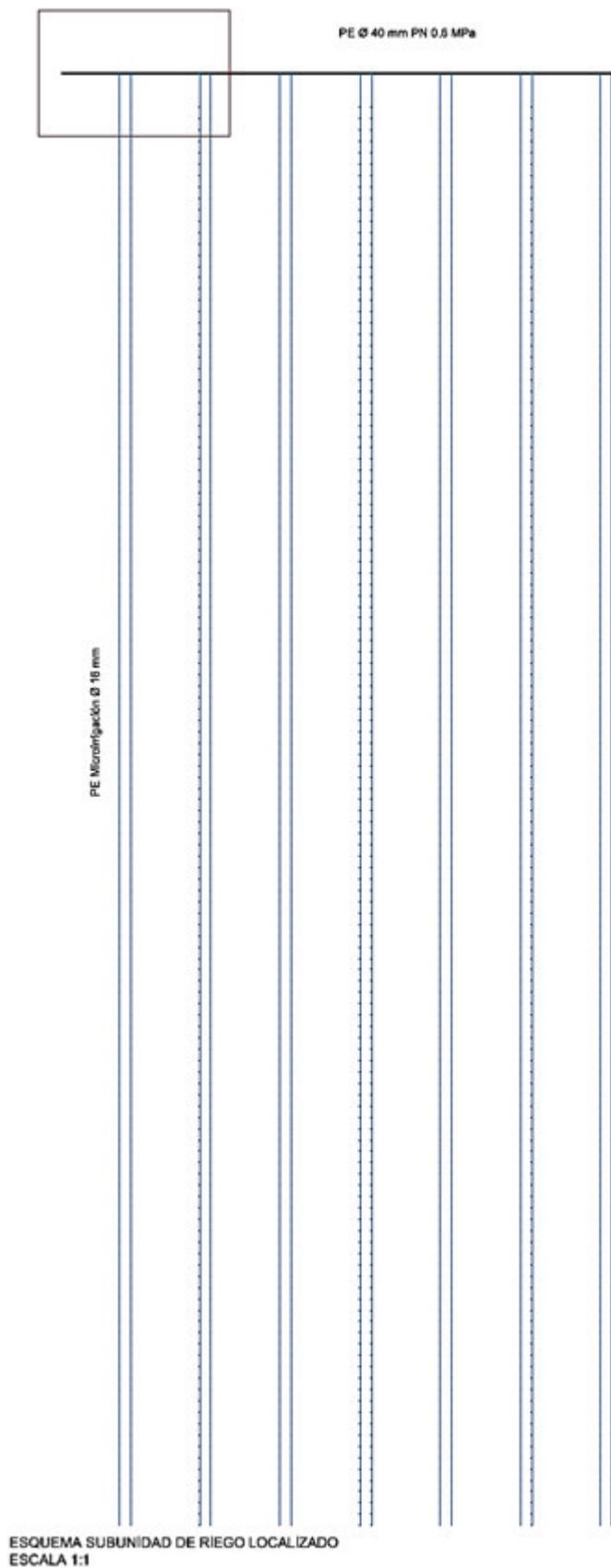
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	1.792,00
Coste laterales:	770,56 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	47,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	62,70 €
COSTE TOTAL:	833,26 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



Resultados subunidad 2.1

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 2.1
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	4.200
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	18,15

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	1200
Coste emisores:	0,00 €

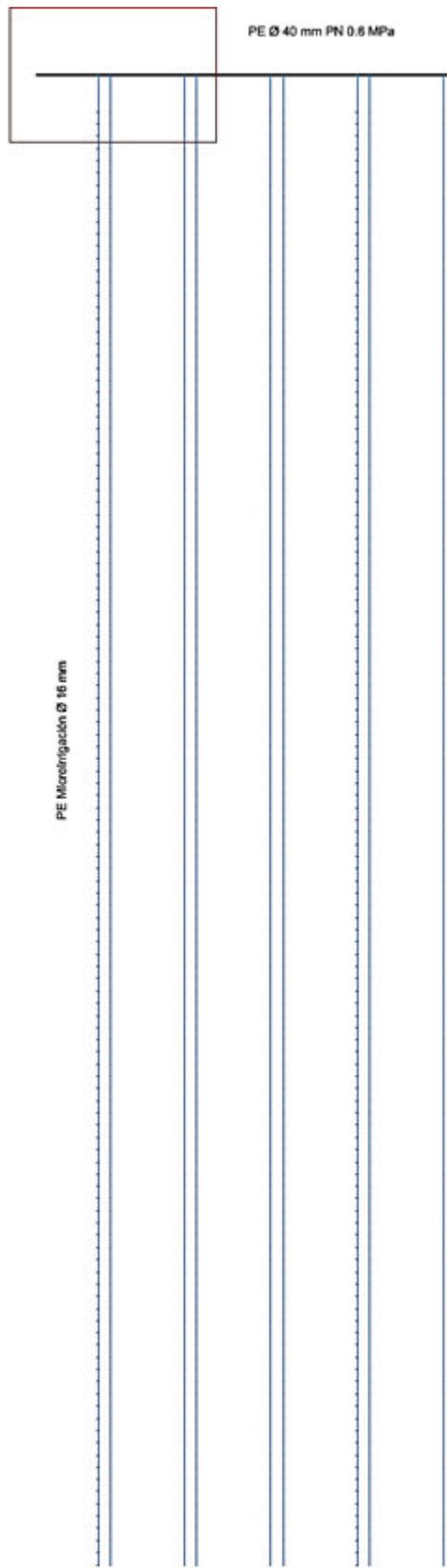
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	1.220,00
Coste laterales:	524,60 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	33,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	44,22 €
COSTE TOTAL:	568,82 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



ESQUEMA SUBUNIDAD DE RIEGO LOCALIZADO
ESCALA 1:1

Resultados subunidad 2.2

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 2.2
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	8.453
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	24,72

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	2415
Coste emisores:	0,00 €

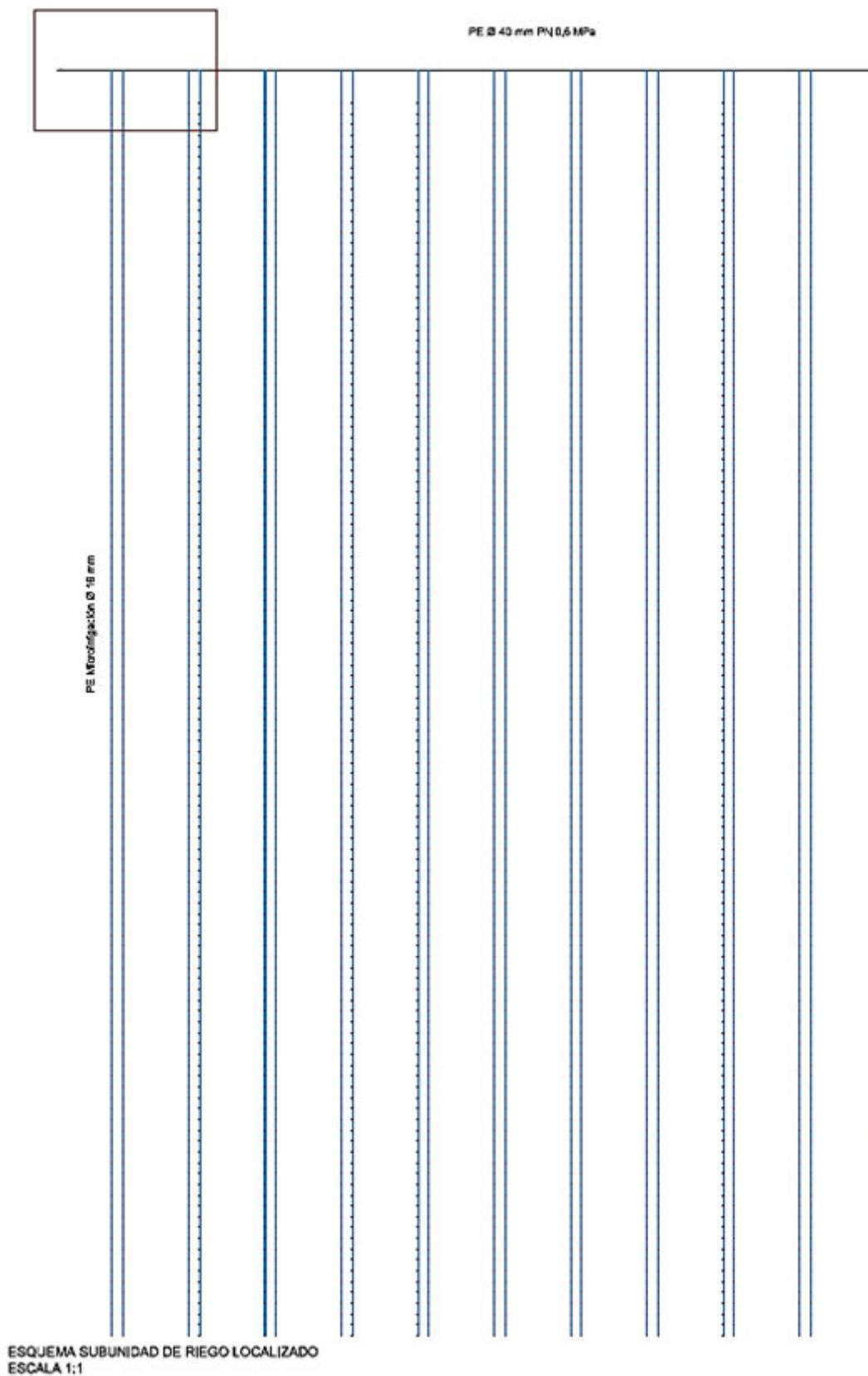
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	2.457,00
Coste laterales:	1.056,51 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	74,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	98,34 €
COSTE TOTAL:	1.154,85 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



Resultados subunidad 3

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 3
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	9.737
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	30,06

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	2782
Coste emisores:	0,00 €

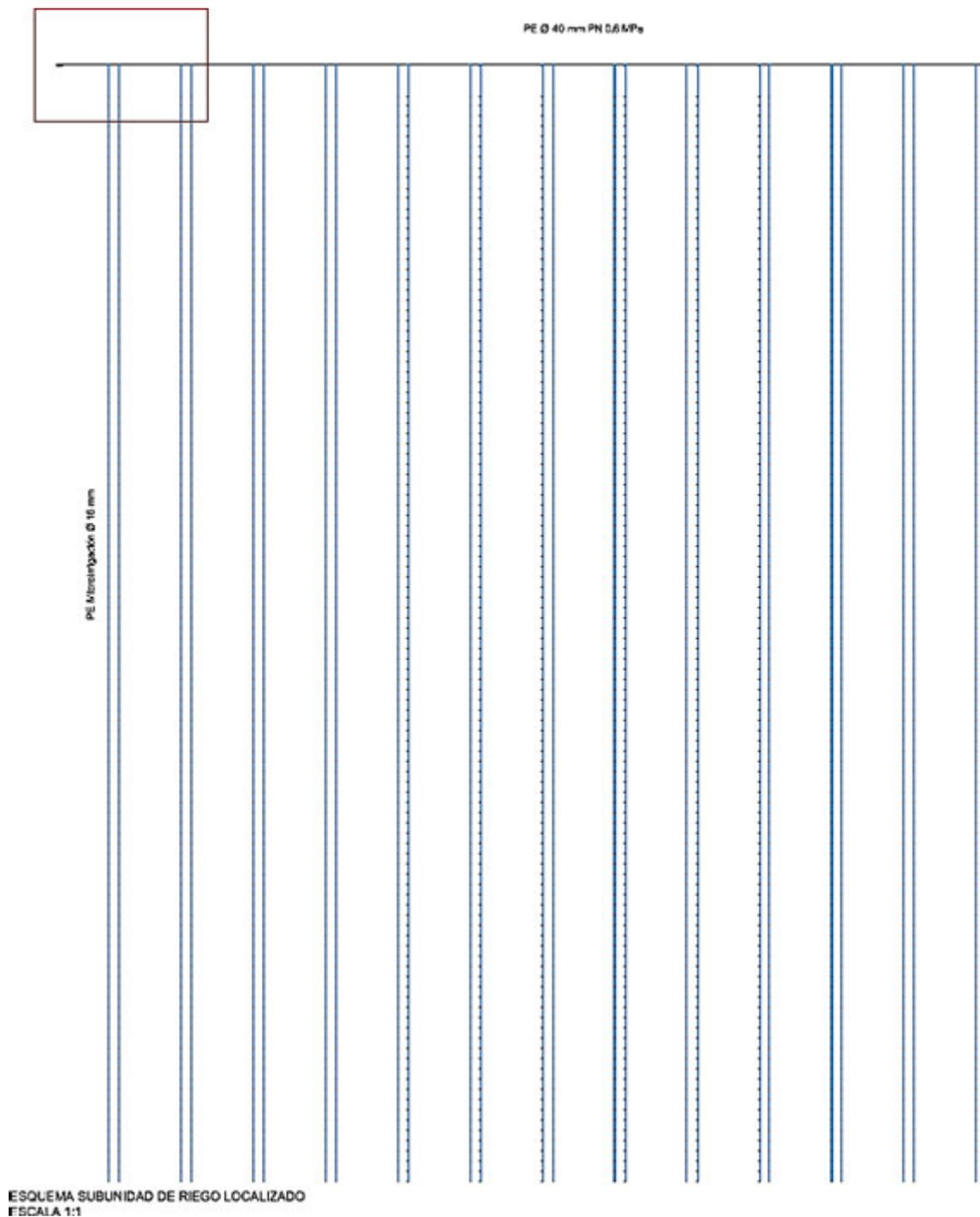
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	2.834,00
Coste laterales:	1.218,62 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	89,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	118,14 €
COSTE TOTAL:	1.336,76 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



Resultados subunidad 4

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 4
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	6.916
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	19,21

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	1976
Coste emisores:	0,00 €

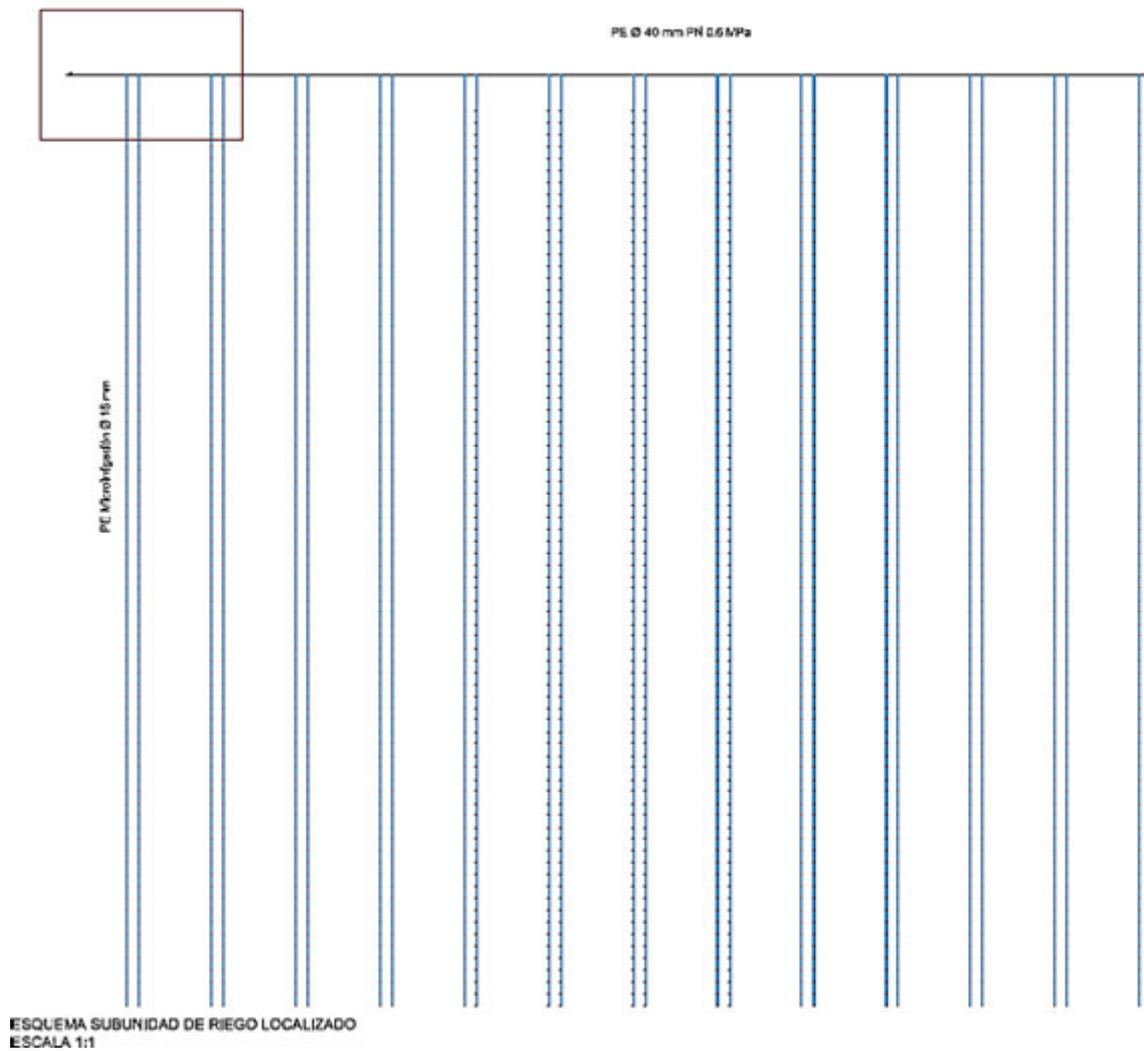
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	2.028,00
Coste laterales:	872,04 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	89,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	118,14 €
COSTE TOTAL:	990,18 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



Resultados subunidad 5

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 5
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	3.920
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	14,81

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	1120
Coste emisores:	0,00 €

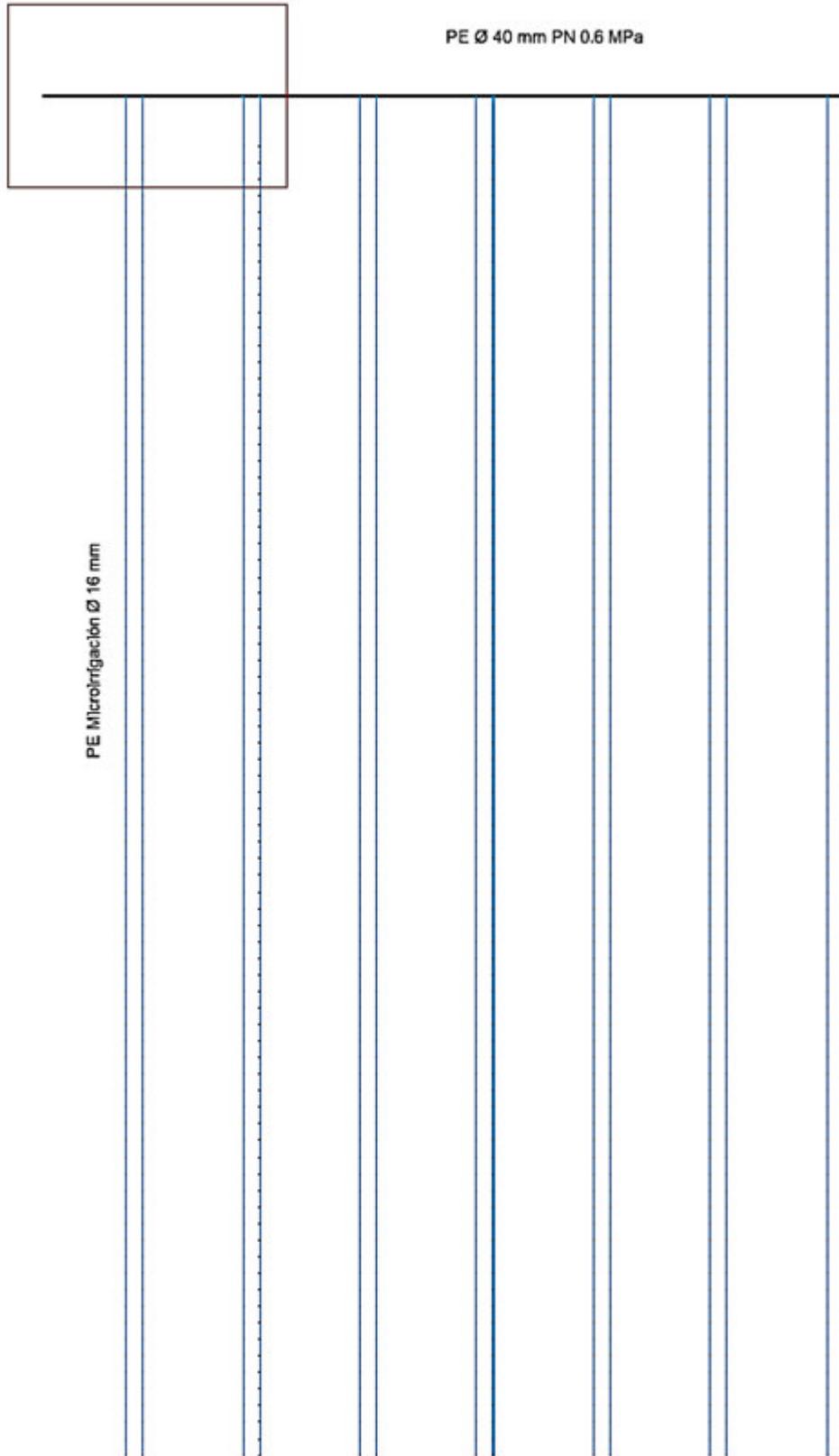
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	1.148,00
Coste laterales:	493,64 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	47,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	62,70 €
COSTE TOTAL:	556,34 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



ESQUEMA SUBUNIDAD DE RIEGO LOCALIZADO
ESCALA 1:1

Resultados subunidad 6

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 6
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	5.670
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	15,89

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	1620
Coste emisores:	0,00 €

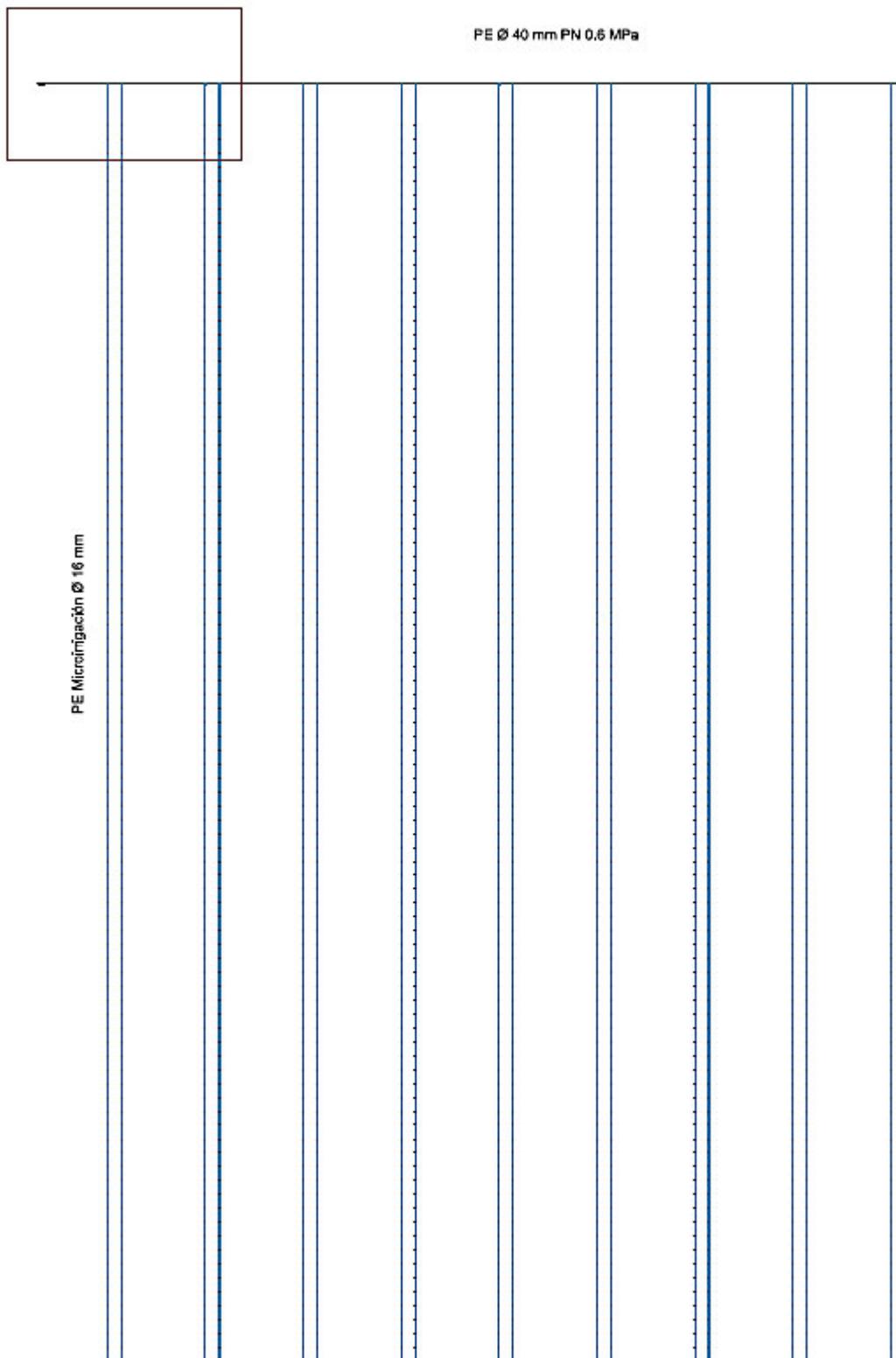
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	1.656,00
Coste laterales:	712,08 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	61,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	81,18 €
COSTE TOTAL:	793,26 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



ESQUEMA SUBUNIDAD DE RIEGO LOCALIZADO
ESCALA 1:1

Resultados subunidad 7

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 7
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR EL PUNTO MEDIO
Caudal inicio subunidad (l/h):	6.580
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	13,91

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,50
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	1880
Coste emisores:	0,00 €

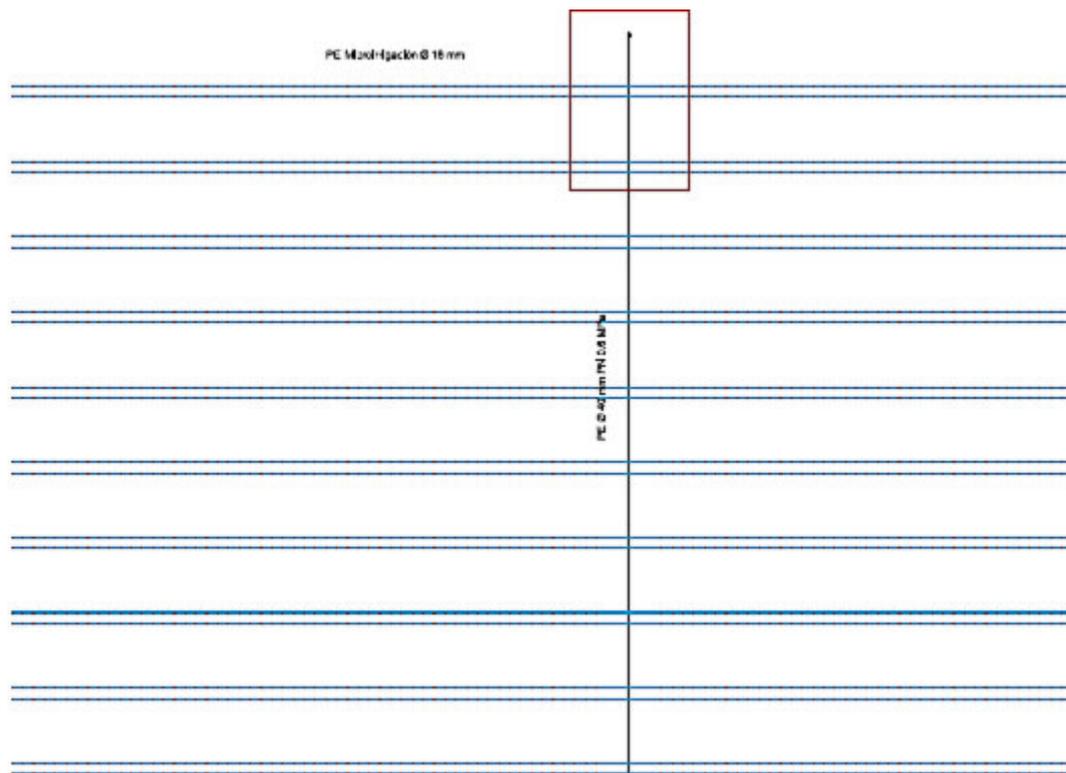
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	1.960,00
Coste laterales:	842,80 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	68,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	
Coste terciaria:	90,42 €
COSTE TOTAL:	933,22 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



ESQUEMA SUBUNIDAD DE RIEGO LOCALIZADO
ESCALA 1:1

Resultados subunidad 8

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 8
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	3.850
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	12,03

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	1100
Coste emisores:	0,00 €

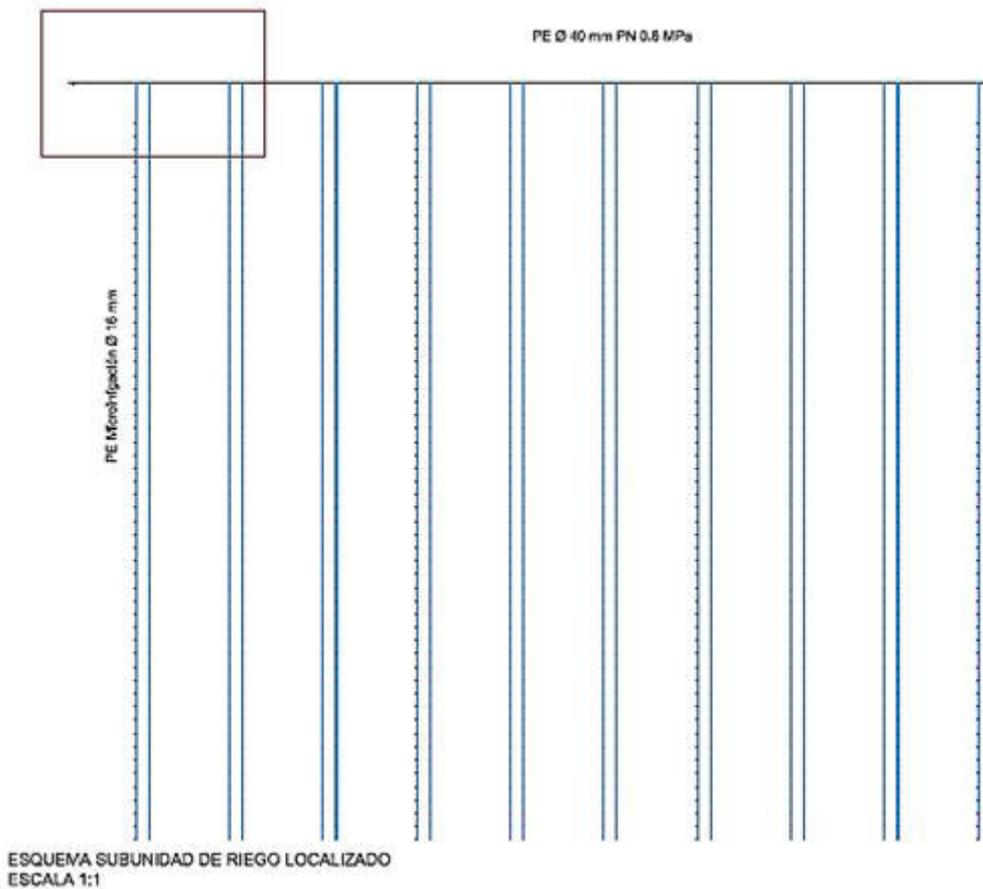
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	1.140,00
Coste laterales:	490,20 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	68,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	90,42 €
COSTE TOTAL:	580,62 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



Resultados subunidad 9

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 9
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	3.024
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	10,61

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	864
Coste emisores:	0,00 €

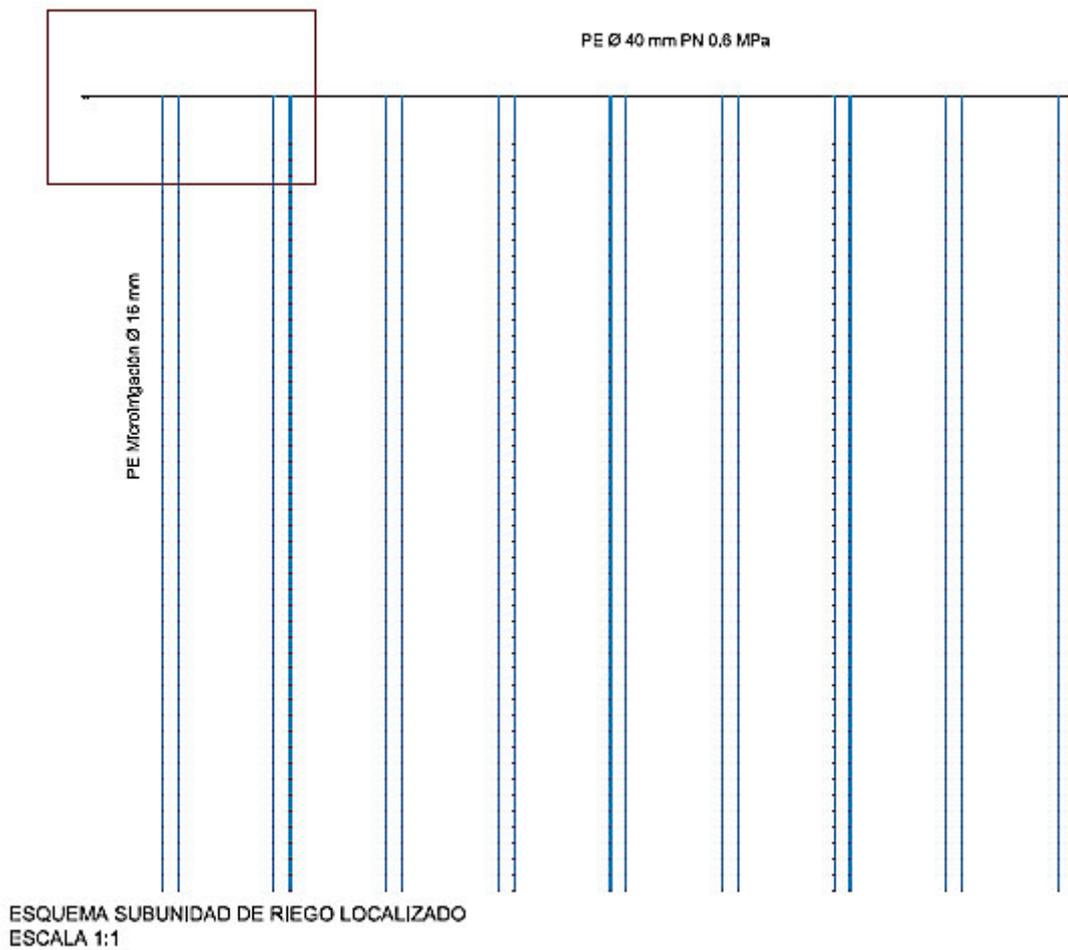
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	900,00
Coste laterales:	387,00 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	61,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	81,18 €
COSTE TOTAL:	468,18 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



Resultados subunidad 10

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 10
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	14.175
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	30,38

Datos del emisor elegido

Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	4050
Coste emisores:	0,00 €

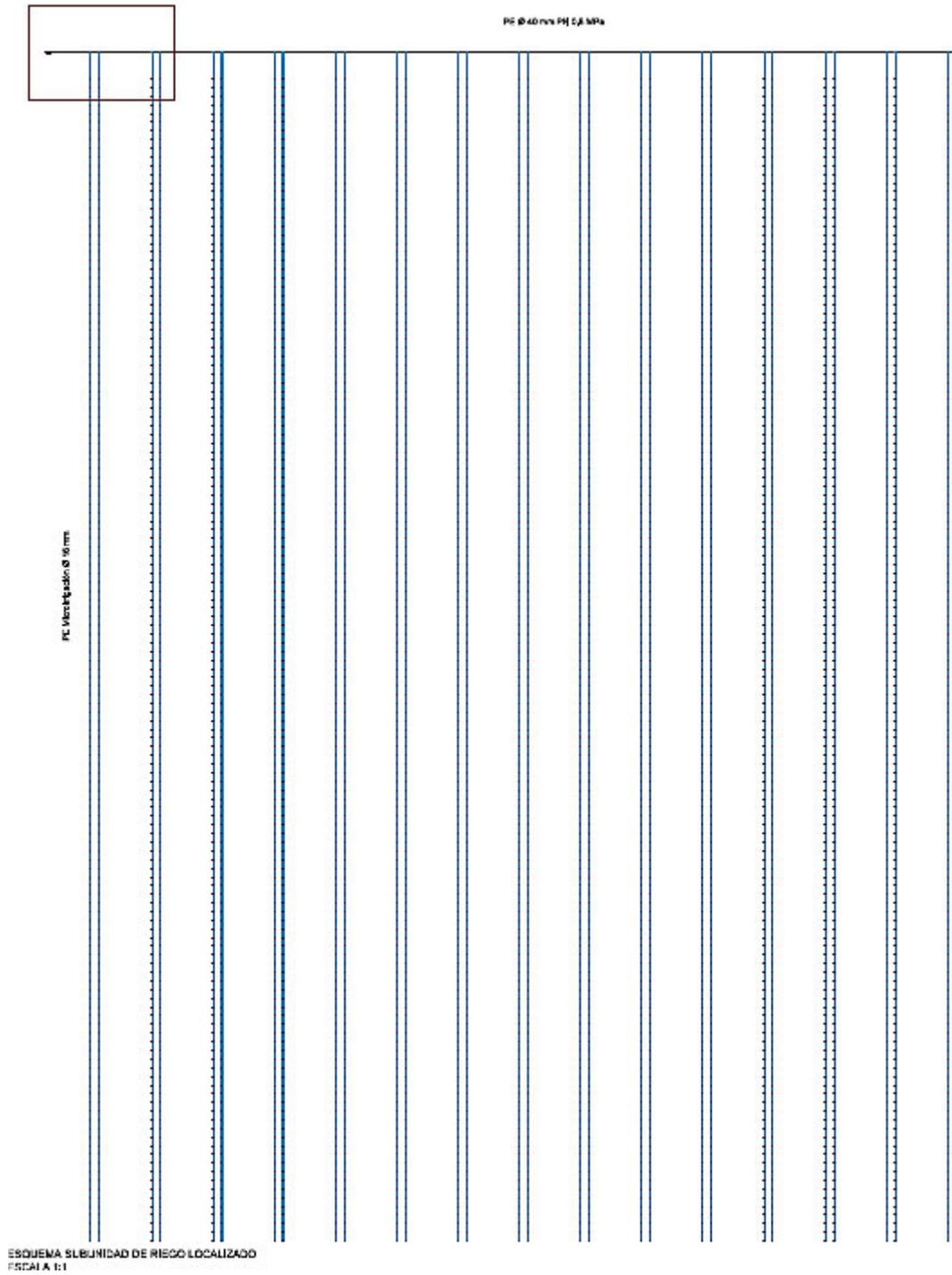
Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	4.110,00
Coste laterales:	1.767,30 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	39,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	50
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	103,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	212,17 €
COSTE TOTAL:	1.979,48 €

ANEJO IV: Diseño hidráulico de las subunidades de riego



Resultados subunidad 11

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 11
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	5.936
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	16,45

Datos del emisor elegido

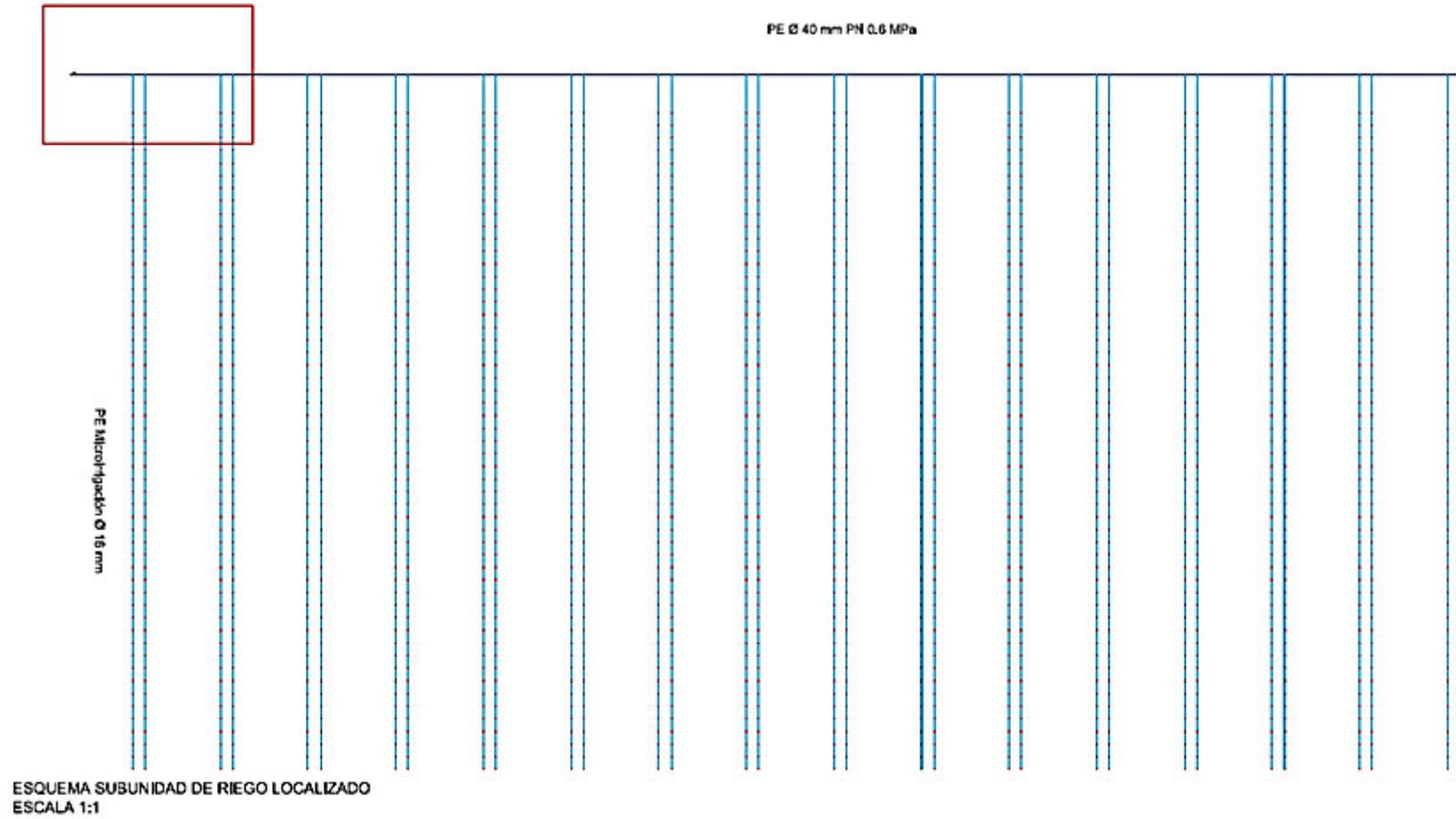
Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	1696
Coste emisores:	0,00 €

Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	1.760,00
Coste laterales:	756,80 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	110,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	145,86 €
COSTE TOTAL:	902,66 €



Resultados subunidad 12

RESULTADOS DE CALCULO

Resultados Generales

Denominación subunidad:	Subunidad 12
Tipo subunidad:	ALIMENTADA POR UN EXTREMO
Caudal inicio subunidad (l/h):	4.200
Presión necesaria inicio subunidad (m.c.a.):	12,16

Datos del emisor elegido

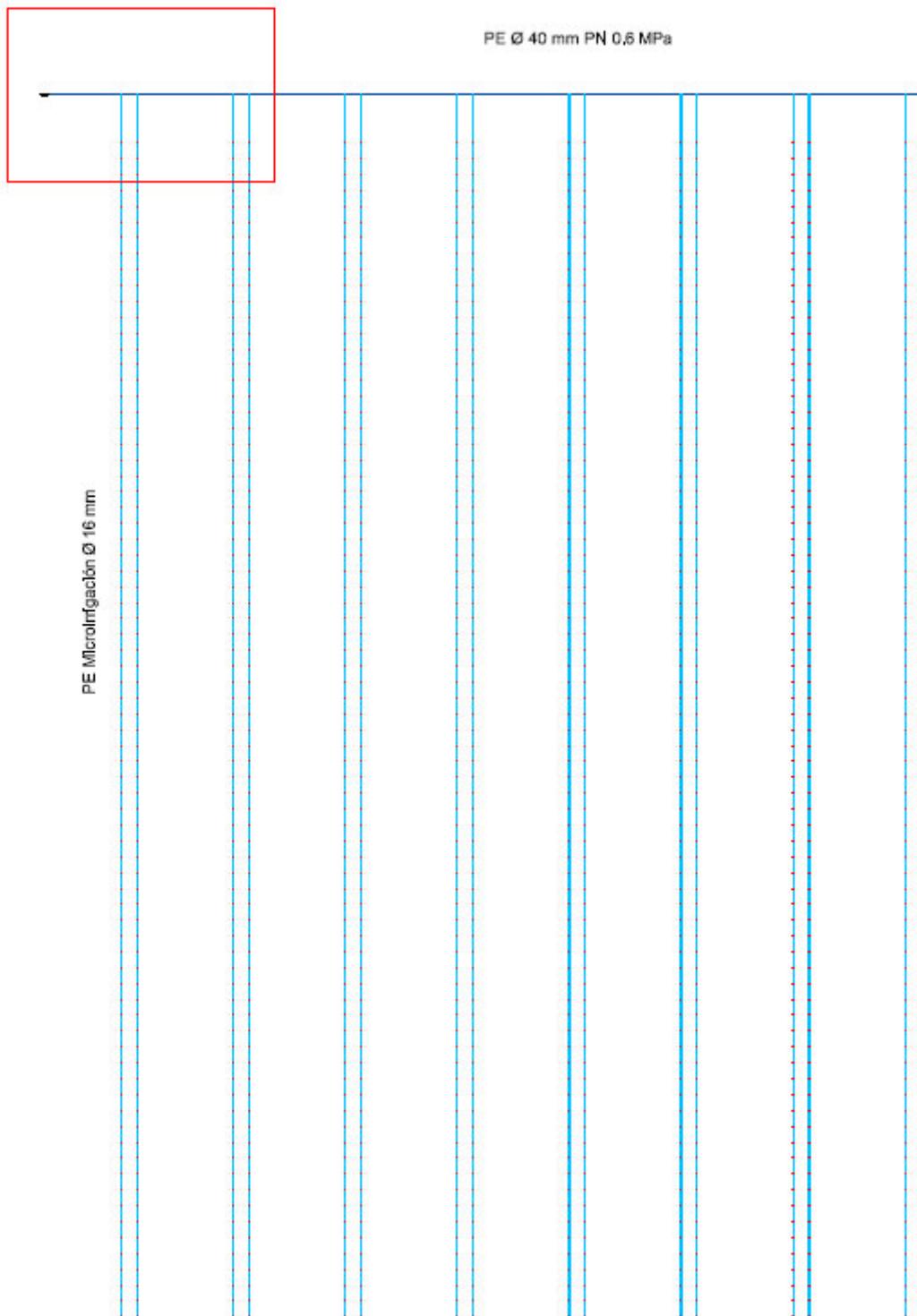
Tipo de emisor:	Autocompensante Integrado
Caudal nominal (l/h):	3,5
Presión (mca):	10,00
Nº de emisores:	1200
Coste emisores:	0,00 €

Resultados Laterales

Diámetro interior lateral Di (mm):	11,4
Diámetro nominal lateral DN (mm):	16
Longitud total laterales (m):	1.232,00
Coste laterales:	529,76 €

Resultados Terciaria

Material tuberías terciarias:	PE
Presión nominal tuberías:	0.6 MPa
Diámetro interior terciaria tramo 1, Di1 (mm):	31,6
Diámetro nominal terciaria tramo 1, DN1 (mm):	40
Longitud total terciaria tramo 1 (m):	54,50
Diámetro interior terciaria tramo 2, Di2 (mm):	
Diámetro nominal terciaria tramo 2, DN2 (mm):	
Longitud total terciaria tramo 2 (m):	0,00
Coste terciaria:	71,94 €
COSTE TOTAL:	601,70 €



ESQUEMA SUBUNIDAD DE RIEGO LOCALIZADO
ESCALA 1:1

ANEJO V:

DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE

INDICE

1.	Trazado de la red de transporte	1
1.1.	Sectores	1
2.	Presión al inicio de la red	1
3.	Material de las conducciones	2
4.	Definición topológica de la red	2
5.	Cálculo de la red	2
5.1.	Metodología de cálculo	2
5.2.	Justificación y exposición de la metodología empleada	3
6.	Resultado del cálculo de la red	6
6.1.	Datos y parámetros hidráulicos	6
6.2.	Resultados obtenidos	7
6.3.	Resumen resultados dimensionado	10

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conformación de cada sector (subunidad y parcela) y consumos subunidades (Qs)	1
Tabla 2. Se muestra datos de cota de nudo (-) (m) y longitud tramo de tubería (m) y su etiqueta.....	7
Tabla 3. Resultados de la red de distribución.....	8
Tabla 4. Resultado en los nudos de la red	9
Tabla 5. Resultado de las tuberías	10
Tabla 6. Resumen resultados obtenidos del dimensionado de la red de transporte	10

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Se muestra gráfica de la ecuación $C = A \times D^a$	5
--	---

1. Trazado de la red de transporte

En este anejo se justifica el dimensionado de la red de distribución, que suministra el agua desde el hidrante hasta la subunidad. Partiendo de los caudales calculados en el anejo IV, y considerando las presiones necesarias para el funcionamiento del sistema de riego a emplear, se está en disposición de abordar el dimensionado de la red de distribución.

1.1. Sectores

El número de sectores que requiere el proyecto ya se han calculado en el apartado 2.4 del Anejo III resultando que hay que plantear 4 sectores.

En el Anejo IV (apartado 2, tabla 2) se expuso una previsión de la distribución de los sectores y finalmente se tomará esta al observar que los resultados obtenidos son coherentes.

En la Tabla 1 que viene a continuación se muestra como están conformados los sectores así también como los consumos.

Tabla 1. Conformación de cada sector (subunidad y parcela) y consumos subunidades (Qs)

Subunidad	Parcela	Qs (l/h)	Sectorización
1.1.	1	8694	Sector 1
1.2.	1	6174	
2.1.	2	4200	
2.2.	2	8453	
3	3	9737	Sector 2
4	4	6916	
5	5	3920	
6	6	5670	Sector 3
7	7, 8 y 9	6580	
8	10	3850	
9	11	3024	
10	12 y 13	14175	Sector 4
11	13	5936	
12	14	4200	

2. Presión al inicio de la red

El valor mínimo a garantizar al inicio de la red, se fija en base a la serie más desfavorable, que es la presión mínima necesaria para el funcionamiento de las tuberías más desfavorecidas. Pero en nuestro caso, es necesario instalar una

válvula reductora de presión en el cabezal pues se tiene de entrada 60 m.c.a. y se va a reducir a 45 m.c.a. para un mejor dimensionado y funcionamiento de la red.

3. Material de las conducciones

Tras el estudio de alternativas posibles para los caudales demandados en toda la red, y para los caudales que circularán por cada uno de sus tramos, se adopta, como material, PE UNE-EN 12201 por soldadura en caliente. Se utiliza en todos los tramos PE-100 PN 1 Mpa excepto para DN90 que se utiliza de 0,6 Mpa.

4. Definición topológica de la red

La red viene dada por un conjunto de nudos (conectores) y líneas (tuberías y válvulas) que tienen un punto de alimentación (hidrante) y varios puntos de consumo (inicios de subunidad) donde se deben garantizar unas condiciones de presión.

Toda red ramificada tiene tantos nudos como el número de líneas más 1. Aprovechando esta propiedad para definir la conectividad de las líneas el número del nudo final (nudo (-)) se le asignará el número de su línea + 1.

Los nudos pueden ser:

Alimentación: En este tipo de redes solo hay uno y coincide con el nudo inicial de la red.

Bifurcación: Conecta dos o más tuberías y no existe consumo en el mismo ni restricción de presión.

De consumo: Simulan un hidrante o toma de riego donde hay que garantizar un caudal y una presión.

La red queda definida tanto topológicamente, como en sus condiciones de funcionamiento cuando se han introducido el nudo (+) o inicial y final, nudo (-) de cada línea, la longitud de la línea, el hidrante, la cota del nudo (-), el consumo del nudo (-) y la presión requerida en el nudo (-).

5. Cálculo de la red

5.1. Metodología de cálculo

Para el cálculo de la red se ha utilizado la aplicación informática RG desarrollado por la unidad docente de Ingeniería Rural de la Universidad Politécnica de Valencia en el 2015.

El dimensionado de la red ramificada de tuberías a presión se ha realizado mediante criterios técnico-económicos.

5.2. Justificación y exposición de la metodología empleada

Como se ha dicho anteriormente el dimensionado se ha realizado por criterios de optimización técnico-económica utilizando el método de la serie económica modificada. Entonces, una vez ha sido correctamente definida la topología de la red y las condiciones de funcionamiento, se puede proceder a los cálculos de la red.

La optimización técnico-económica se basa en dos supuestos que en las redes de distribución a presión se cumplen:

- Por una parte, toda red puede descomponerse en un número determinado de tuberías conectadas en serie. El éxito de método se basa en establecer con la máxima precisión el camino crítico o serie más desfavorable que une el origen con el nudo más desfavorable de la red.

El nudo más desfavorable de la red es aquel nudo de consumo que hace máxima la suma de presión requerida, cota y sumatorio de pérdidas de carga desde el origen hasta el mismo. O aplicando la ecuación de Bernoulli entre el origen y cada nudo de la red hace mínima la siguiente expresión:

$$\left(Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} \right) - \left(Z_j + \frac{P_j}{\gamma} \right) - \sum_{i=1} h_{1-j}$$
$$\forall j \in [1, n] \text{ si } \frac{P_j}{\gamma} > 0 \text{ y } q_{ij} > 0$$

Siendo:

Z_1 : Cota en origen

Z_j : Cota en el nudo j considerado

P_1/γ : Presión en origen (m.c.a.)

P_j/γ : Presión requerida en el nudo j considerado (m.c.a.)

h_{1-j} : Pérdida de carga entre origen y el tramo considerado (m.c.a.)

n: Número de nudos

q_{ij} : Caudal que circula por la línea del tramo considerado

Fórmula de pérdida de carga utilizada:

Las pérdidas de carga en los tramos de la red (h_i) se cuantifican mediante la fórmula de Darcy-Weisbach pues estamos funcionando en régimen turbulento:

$$h_i = 0,0826 \cdot f_i \cdot L_i \cdot K_m \cdot \frac{Q_i^2}{D_{ij}^5}$$

Siendo:

f_i : Factor de fricción del tramo i

L_i : Longitud del tramo i

K_m : Coeficiente mayorante por pérdidas localizadas

Q_i : Caudal circulante por el tramo i (l/h)

D_{ij} : Diámetro del tramo de tubería i (mm)

Calculando el factor de fricción mediante la fórmula de Colebrook que es válida para cualquier número de Reynolds (R_e) y cualquier material de tubería:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{\sqrt{f} \cdot R_e} + \frac{K_r}{D} \right)$$

Siendo:

K_r : Rugosidad de la tubería

Si bien la presión y la cota geométrica son invariantes en cada nudo una vez se ha iniciado el dimensionado de la red, la pérdida acumulada desde el origen hasta cada nudo es función de los diámetros de la serie de tuberías que conectan dicho nudo con el inicio de la red, y los diámetros son las incógnitas que se pretende resolver en el dimensionado.

Para la determinación del nudo más desfavorable se supone una velocidad en cada tramo de la red, función del caudal que circula por el tramo y la velocidad máxima y mínima fijada por el usuario. Se calcula mediante la ecuación de continuidad el diámetro teórico para cada línea y con este la pérdida de carga en la línea. Esto permite ordenar los nudos con consumo de más desfavorable a menos desfavorable.

Como ya hemos expuesto la serie más desfavorable es aquella que une el origen de red con el nudo más desfavorable. Ordenados los nudos tal y como se ha

comentado anteriormente, la red puede descomponerse en un conjunto de series secundarias con origen en un nudo de la serie más desfavorable, terciarias con origen en un nudo de una serie secundaria y así sucesivamente.

Si para el nudo más desfavorable (NMD):

$$\left(Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} \right) - \left(Z_{NMD} + \frac{P_{NMD}}{\gamma} \right) - \sum_{i=1} h_{1-NMD} \leq 0$$

En este caso, la cota piezométrica disponible en origen es suficiente para satisfacer los requerimientos de presión y caudal y por lo tanto no habrá que instalar una bomba.

- El otro supuesto que acepta el método de la serie económica es que la función costes diámetros puede ajustarse con gran precisión a una ecuación de tipo potencial:

$$C = A \times D^a$$

Donde C es el coste por unidad de longitud, D es el diámetro interior y A y a coeficiente y exponente de la ecuación que dependen del material y la presión de trabajo de la tubería.

En la Figura 1 se muestran los costes unitarios referidos a los diámetros interiores y la ecuación de ajuste con un coeficiente de correlación cercano a 1.

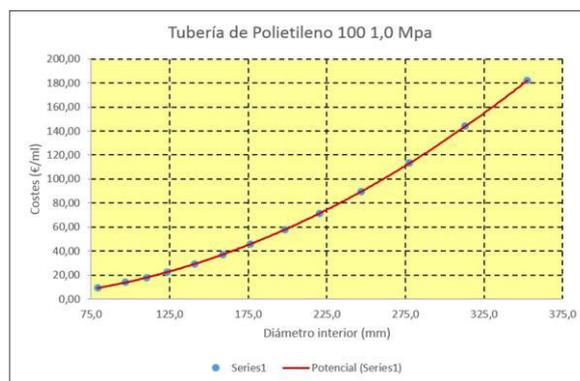


Figura 1. Se muestra gráfica de la ecuación $C = A \times D^a$

Se ha comprobado que los ajustes son también satisfactorios para la combinación de varias presiones de trabajo e incluso con materiales distintos.

Las técnicas de optimización técnico financiera tienen como objetivo principal hacer mínima la función objetivo o función de costes al mismo tiempo que se cumplen unas restricciones hidráulicas en la red.

La función objetivo o función a minimizar será la suma de los costes anuales energéticos (C_E) más los costes de amortización anual de la red de tuberías (C_A).

$$C_T = C_E + C_A$$

Al no ser necesaria la instalación de una bomba en este proyecto, los costes totales serán únicamente los costes de amortización.

Los costes de amortización se calculan multiplicando los de la red de tuberías por el factor de amortización técnica financiera α .

$$\alpha = \frac{(1+r)^t \times r}{(1+r)^t - 1}$$
$$C_A = \alpha \times A \times \sum_{i=1}^{NLIN} D_i^a \times L_i$$

Siendo:

r: Interés del capital ajeno

t: Vida útil de la inversión

NLIN: Número de líneas o tuberías que componen la red

6. Resultado del cálculo de la red

6.1. Datos y parámetros hidráulicos

Se adoptan a su vez para el dimensionado de la red de riego los siguientes valores:

Presión entrada: 45 m.c.a. (Válvula reductora)

Rugosidad de cálculo del PE: 0,007 mm.

Pérdida en cabezal: 6 m.c.a.

Coefficiente mayorante por pérdidas localizadas: 1,1

Temperatura de cálculo: 20°C.

Velocidad mínima de circulación: 1 m/s

Velocidad máxima de circulación: 1,5 m/s

Presión requerida: 1 kg/cm²

La viscosidad cinemática se calcula en función de la temperatura.

A continuación se muestran los datos topológicos en la Tabla 2 que se han utilizado para realizar los cálculos:

Tabla 2. Se muestra datos de cota de nudo (-) (m) y longitud tramo de tubería (m) y su etiqueta.

Línea	Nudo (+)	Nudo (-)	Cota nudo	Longitud	Etiqueta nudo (-)
1	1	2	232,50	12,00	
2	2	3	232,50	Cabezal	
3	3	4	230,00	96,00	S-2.2.
4	4	5	230,00	116,00	S-2.1.
5	5	6	230,00	8,00	S-1.2.
6	6	7	230,00	48,00	S-1.1.
7	3	8	233,00	72,00	S-5
8	8	9	232,80	24,00	
9	9	10	232,70	33,00	S-3
10	9	11	234,70	100,00	S-4
11	3	12	233,00	16,00	
12	12	13	233,00	15,00	S-6
13	12	14	234,50	46,50	
14	14	15	234,50	10,00	S-7
15	14	16	234,50	122,00	S-9
16	16	17	234,50	8,00	S-8
17	3	18	231,20	57,00	S-10
18	18	19	231,20	104,50	S-12
19	19	20	230,00	66,00	S-11

Cota del hidrante: 233 m

6.2. Resultados obtenidos

Con los datos de caudal ya calculados junto con los parámetros hidráulicos y los datos topológicos anteriormente expuestos, se obtienen los resultados de la red de distribución. En la Tabla 3 que viene a continuación en la siguiente página se indican estos datos.

Tabla 3. Resultados de la red de distribución

Línea	L	Qs	Q _L	DI	DN	V	hr	hra	Pres	Etiqueta	P.E.	DF
1	12,0	0	27521	80,55	90	1,41	0,29	0,29	45,21		45,50	-45,21
2	Cabezal	0	27521	80,55	90	0,00	6,00	6,29	39,21	Cabezal	45,50	-39,21
3	96,0	8453	27521	80,55	90	1,41	2,32	8,61	39,39	S-2.2.	48,00	-14,69
4	116,0	4200	19068	67,05	90	0,98	1,44	10,05	37,95	S-2.1.	48,00	-19,75
5	8,0	6174	14868	59,21	75	1,21	0,19	10,29	37,71	S-1.2.	48,00	-15,61
6	48,0	8694	8694	45,28	63	1,00	1,02	11,31	36,69	S-1.1.	48,00	-7,49
7	72,0	3920	20573	69,65	90	1,06	1,03	7,32	37,68	S-5	45,00	-22,88
8	24,0	0	16653	62,66	75	1,35	0,71	8,02	37,18	0	45,20	-37,18
9	33,0	9737	9737	47,91	63	1,12	0,86	8,88	36,42	S-3	45,30	-6,32
10	100,0	6916	6916	40,38	50	1,26	4,28	12,30	31,00	S-4	43,30	-11,80
11	16,0	0	19124	67,15	90	0,98	0,20	6,49	38,51	0	45,00	-38,51
12	15,0	5670	5670	36,56	50	1,04	0,45	6,94	38,06	S-6	45,00	-22,16
13	46,5	0	13454	56,32	75	1,09	0,93	7,42	36,08	0	43,50	-36,08
14	10,0	6580	6580	39,39	50	1,20	0,39	7,81	35,69	S-7	43,50	-21,79
15	122,0	3024	6874	40,26	50	1,26	5,16	12,58	30,92	S-9	43,50	-20,32
16	8,0	3850	3850	30,13	40	1,10	0,35	12,93	30,57	S-8	43,50	-18,57
17	57,0	14175	24311	75,71	90	1,25	1,10	7,39	39,41	S-10	46,80	-9,01
18	104,5	4200	10136	48,89	63	1,17	2,93	10,53	36,27	S-12	46,80	-24,07
19	66,0	5936	5936	37,41	50	1,08	2,14	12,67	35,33	S-11	48,00	-18,83

L: longitud del tramo de tubería (m); Qs: Consumo subunidad (l/h); Q_L: Caudal línea (l/h); DI: Diámetro interior teórico (mm); DN: Diámetro Nominal (mm); V: Velocidad (m/s); hr: Pérdida de carga (m.c.a.); hra: Pérdida de carga acumulada (m.c.a.); Pres: Presión resultante (m.c.a.); Etiqueta: "0" es nudo de bifurcación. Sin consumo; P.E.: Presión estática (m.c.a.); DF: Déficit de presión (m.c.a.)

A continuación se muestran los resultados obtenidos en los nudos de la red en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultado en los nudos de la red

Nudo	Consumo	Preq	Pres	P.E.	Etiqueta
1	0	0,00	60,00	60,00	
2	0	0,00	45,21	45,50	
3	0	0,00	39,21	45,50	
4	8453	24,70	39,39	48,00	S-2.2.
5	4200	18,20	37,95	48,00	S-2.1.
6	6174	22,10	37,71	48,00	S-1.2.
7	8694	29,20	36,69	48,00	S-1.1.
8	3920	14,80	37,68	45,00	S-5
9	0	0,00	37,18	45,20	0
10	9737	30,10	36,42	45,30	S-3
11	6916	19,20	31,00	43,30	S-4
12	0	0,00	38,51	45,00	0
13	5670	15,90	38,06	45,00	S-6
14	0	0,00	36,08	43,50	0
15	6580	13,90	35,69	43,50	S-7
16	3024	10,60	30,92	43,50	S-9
17	3850	12,00	30,57	43,50	S-8
18	14175	30,40	39,41	46,80	S-10
19	4200	12,20	36,27	46,80	S-12
20	5936	16,50	35,33	48,00	S-11

Consumo en l/h; Preq: Presión requerida (l/h); Pres: Presión resultante (m.c.a.); P.E.: Presión estática (m.c.a.)

Y finalmente para cerrar este apartado de resultados obtenidos se presentan los obtenidos para las tuberías en la tabla 5.

Tabla 5. Resultado de las tuberías

Línea	DI	DN	PT	L	V	hr	hra	Pres	Etiqueta
1	80,55	90	0,60	12,0	1,41	0,29	0,29	45,21	
2	80,55	90	0,60	Cabezal	0,00	6,00	6,29	39,21	Cabezal
3	80,55	90	0,60	96,0	1,41	2,32	8,61	39,39	S-2.2.
4	67,05	90	0,60	116,0	0,98	1,44	10,05	37,95	S-2.1.
5	59,21	75	1,00	8,0	1,21	0,19	10,29	37,71	S-1.2.
6	45,28	63	1,00	48,0	1,00	1,02	11,31	36,69	S-1.1.
7	69,65	90	0,60	72,0	1,06	1,03	7,32	37,68	S-5
8	62,66	75	1,00	24,0	1,35	0,71	8,02	37,18	0
9	47,91	63	1,00	33,0	1,12	0,86	8,88	36,42	S-3
10	40,38	50	1,00	100,0	1,26	4,28	12,30	31,00	S-4
11	67,15	90	0,60	16,0	0,98	0,20	6,49	38,51	0
12	36,56	50	1,00	15,0	1,04	0,45	6,94	38,06	S-6
13	56,32	75	1,00	46,5	1,09	0,93	7,42	36,08	0
14	39,39	50	1,00	10,0	1,20	0,39	7,81	35,69	S-7
15	40,26	50	1,00	122,0	1,26	5,16	12,58	30,92	S-9
16	30,13	40	1,00	8,0	1,10	0,35	12,93	30,57	S-8
17	75,71	90	0,60	57,0	1,25	1,10	7,39	39,41	S-10
18	48,89	63	1,00	104,5	1,17	2,93	10,53	36,27	S-12
19	37,41	50	1,00	66,0	1,08	2,14	12,67	35,33	S-11

DI: Diámetro interior teórico (mm); DN: Diámetro Nominal (mm); PT: Presión de trabajo en MPa; L: longitud del tramo de tubería (m); V: Velocidad (m/s); hr: Pérdida de carga (m.c.a.); hra: Pérdida de carga acumulada (m.c.a.); Pres: Presión resultante (m.c.a.);

6.3. Resumen resultados dimensionado

El resumen de resultados del dimensionado de la red en, cuanto a los diámetros comerciales adoptados para la red de transporte, se pueden ver en la siguiente Tabla 6.

Tabla 6. Resumen resultados obtenidos del dimensionado de la red de transporte

Longitud (m)	DN (mm)	PT (kg/cm ²)	Material	Código tubería
8,0	40	10,0		PE004010
313,0	50	10,0		PE005010
185,5	63	10,0	PE100	PE006310
78,5	75	10,0		PE007510
369,0	90	6,0		PE009006

ANEJO VI:

CABEZAL DE RIEGO, VALVULERIA Y
ELEMENTOS ACCESORIOS DE LA RED

INDICE

1. Componentes del cabezal de riego	1
1.1. Sistema de filtrado	1
1.1.1. Procedencia del agua	1
1.1.2. Finalidad del filtrado	1
1.2. Diseño sistema de filtrado: Condicionantes	1
1.2.1. Dimensionado de las tuberías de filtrado	2
1.2.2. Dimensionado de los filtros.....	2
1.3. Sistema de fertirrigación	4
2. Valvulería y elementos accesorios de la red	5
2.1. Regulador de presión	5
2.2. Electroválvulas	5
2.3. Válvulas de paso manuales	6
2.4. Resumen necesidades valvulería	6
2.5. Manómetros y piezas especiales.....	6
2.6. Sistema de automatización	7

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultado dimensionado de las tuberías de filtrado	2
Tabla 2. Grado de filtración necesario.....	3
Tabla 3. Necesidades de valvulería	6

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Filtro de anilla elegido: funcionamiento	3
Figura 2. Características técnicas filtro de anillas seleccionado	4
Figura 3. Características de la electroválvula seleccionada	5
Figura 4. Abaco de pérdidas de carga de los distintos modelos Maxomatic. (DN de la rosca en pulgadas)	6

1. Componentes del cabezal de riego

El cabezal de riego se colocará dentro de una caseta prefabricada de hormigón dentro de la explotación, como así lo describe el plano correspondiente y a unos metros del hidrante que abastece a la explotación.

Este cabezal estará dotado de:

Equipo de filtrado

Equipo de control de presión

Programador y electroválvulas: Permiten la automatización de los riegos.

Valvulería manual: para operaciones de mantenimiento, averías, o también de control manual de presión

1.1. Sistema de filtrado

1.1.1. Procedencia del agua

El agua de riego que suministra el hidrante procede del depósito Cañamar II (perteneciente a la Comunidad de Regantes La Turisana). El depósito Cañamar II es alimentado por aguas procedentes de tres pozos donde se ha realizado un filtrado previo.

1.1.2. Finalidad del filtrado

La filtración en parcela tiene como finalidad las siguientes funciones:

Se pretende eliminar del agua de riego cuantos contaminantes que pudieran ser causa de obturaciones físicas en los emisores de riego.

En segundo lugar, el filtrado al inicio de los ramales reduce los riesgos erosivos y garantiza el correcto funcionamiento de toda la valvulería hidráulica de maniobra, control y regulación.

1.2. Diseño sistema de filtrado: Condicionantes

Los condicionantes serán los siguientes:

- Calidad del agua (depende de la procedencia del agua de riego).
- Caudal máximo de filtrado
- Calidad esperada del agua filtrada (grado de filtración requerido).
- Requerimientos de presión

1.2.1. Dimensionado de las tuberías de filtrado

El agua proviene de pozo, siendo esta de gran pureza y ha recibido un tratamiento de filtrado previo, ya que la Comunidad de Regantes suministra el agua de este modo, por tanto se ha optado por un sistema de filtrado sencillo.

El sistema de filtrado consta de dos filtros de anillas. Los filtros se han colocado en paralelo. Para el cálculo del dimensionado de las tuberías de entrada y de salida de los filtros de anillas se ha utilizado la siguiente expresión:

$$D \geq \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}$$

Siendo:

Q: Caudal máximo de entrada al filtro

V: Velocidad de circulación (entre 1 y 1,5 m/s)

El caudal máximo de entrada a filtro se ha calculado dividiendo el caudal de entrada en cabezal entre dos.

El resultado del dimensionado de la tuberías de filtrado se muestra en la Tabla 1 que viene a continuación.

Tabla 1. Resultado dimensionado de las tuberías de filtrado

Caudal entrada cabezal (Q, m ³ /h)	Caudal tuberías de filtrado (Q/2, m ³ /s)	V (m/s)	DN (mm)
27,52	0,00382	1,16	75

DN: Diámetro Nominal; V: Velocidad

1.2.2. Dimensionado de los filtros

El área neta de filtrado (o área vacía), será tal que su colmatación no sea rápida, y que sus pérdidas de carga tras un lavado no sean grandes.

Para cumplir lo primero, el área vacía debe ser al menos 2,5 veces el área correspondiente al diámetro nominal del filtro. Además la velocidad e filtrado deberá estar comprendida entre 0,4 y 0,9 m/s. Recomendable 0,6 m/s.

En cuanto a lo segundo, se aceptará que con el filtro limpio, las pérdidas de carga no superarán los 2 m.c.a. Con pérdidas de carga superiores a 5 m.c.a. el filtro debe ser limpiado.

El grado de filtración viene definida por el número Mesh, o micrones. El filtro elegido debe retener todas las partículas de un diámetro mayor a 1/8 del diámetro

ANEJO VI: Cabezal de riego, valvulería y elementos de la red

del paso mínimo del emisor. A su vez el número de Mesh se establece en función del tipo de emisor que se va a utilizar. En la Tabla 2. Grado de filtración necesario que viene a continuación se expone las relaciones diámetro del emisor con el número de Mesh y con el orificio menor (micras).

Tabla 2. Grado de filtración necesario

Diámetro del emisor (mm)	Orificio menor que (micras)	Número de Mesh
1.50	214	65
1.25	178	80
1.00	143	115
0.90	128	125
0.80	114	150
0.70	100	170
0.60	71	200

Para la tubería emisora elegida el fabricante no da recomendaciones del filtro a instalar. Según las características de esta tubería, gracias al tipo de emisor autocompensante integrado es de muy difícil obturación.

Las características mencionadas del agua a utilizar, donde sólo se espera que existan partículas inorgánicas, y por el tipo de finca que es de superficie pequeña, de todos modos debido a la importancia del filtrado, se considera apropiado la instalación de un filtro de anilla en la entrada de agua al cabezal de riego. No se considera necesario la instalación de filtro de arena.

El filtro de anilla es de la marca Azud Helix System, modelo "2N" (Figura 1) o similar que consta de una carcasa de plástico y que alberga en su interior un elemento filtrante que consiste en anillas o discos con ranuras, montados en un eje sobre un soporte. A medida que se enrosca la coraza, se van comprimiendo los discos, debiendo quedar un cuarto de vuelta sin apretar completamente la rosca, para que haga la función de válvula de seguridad ante una sobrepresión.



Figura 1. Filtro de anilla elegido: funcionamiento

Las características técnicas del filtro están indicadas en la Figura 2 que viene a continuación.



Figura 2. Características técnicas filtro de anillas seleccionado

La limpieza es manual y se tiene que desenroscar la tapa y separar los anillos echando un chorro de agua a presión ayudando con un cepillo.

1.3. Sistema de fertirrigación

Se deja un tramo de tubería de longitud suficiente entre la válvula manual de entrada a cabezal y los filtros para tener la posibilidad de instalar un sistema de fertirrigación si se cree oportuno.

2. Valvulería y elementos accesorios de la red

En este punto 2 se han indicado en varios sub-apartados la valvulería y los principales elementos accesorios del cabezal y de la red y así como su localización.

2.1. Regulador de presión

En el cabezal de riego después de la válvula manual de entrada se ha colocado un regulador de presión tarado a 45 m.c.a. (válvula hidráulica de fundición) con el objetivo de conseguir que la instalación trabaje a una presión adecuada. Dicha presión se comprobará cada año al final de lateral más desfavorecido.

2.2. Electroválvulas

Al inicio de cada sector, en el cabezal, se proyecta la instalación de una válvula hidráulica (marca Maxomatic) o similar de las siguientes características que vienen detalladas en la Figura 3.

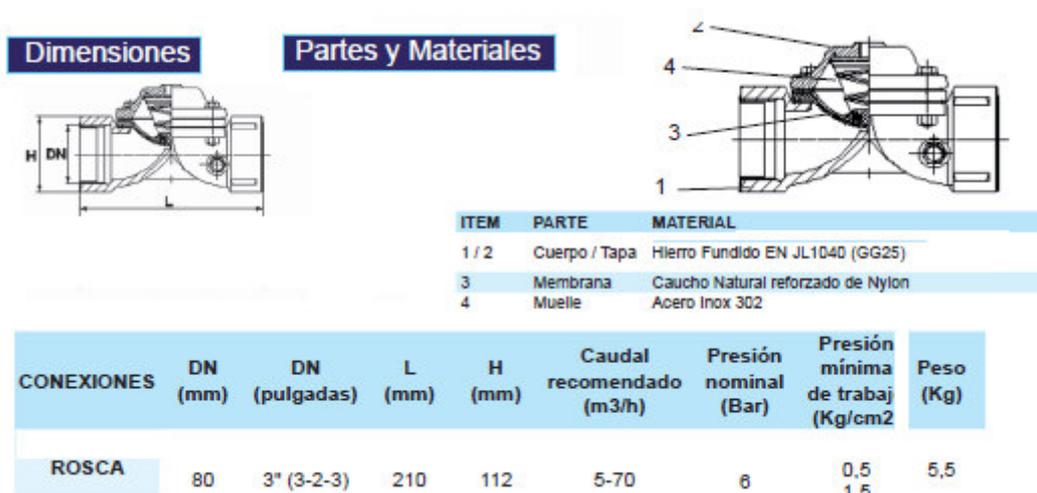


Figura 3. Características de la electroválvula seleccionada

Esta válvula es de membrana con diseño unidireccional desde el lado presurizado, con pilotaje exterior y control manual, con uniones roscadas DIN 259 (BSPP) y temperatura de diseño de -10°C/50°C.

Las pérdidas de carga se pueden conocer de modo aproximado a partir del ábaco de pérdidas de carga correspondiente (Figura 4).

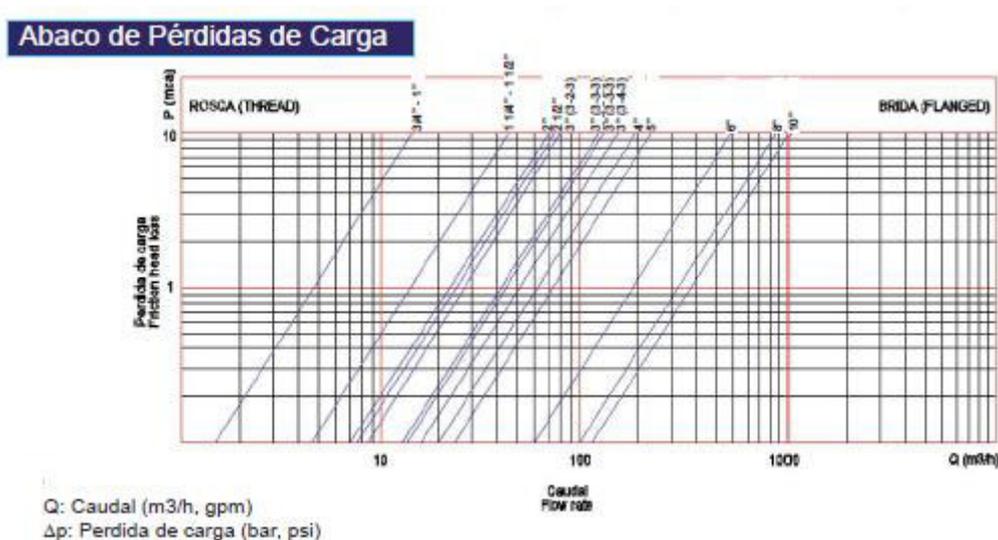


Figura 4. Abaco de pérdidas de carga de los distintos modelos Maxomatic. (DN de la rosca en pulgadas)

2.3. Válvulas de paso manuales

Se ha colocado una válvula de entrada en cabezal de mariposa para DN90 y una válvula manual de mariposa para DN75 a la entrada y salida de cada filtro de anillas. También se han instalado 13 válvulas de plástico de bola DN40 y 1 válvula DN50 para las necesidades del total de subunidades.

2.4. Resumen necesidades valvulería

En la Tabla 3 se indican las necesidades de valvulería. Las válvulas que se han instalado en el cabezal se han colocado según el plano del sistema de filtrado.

Tabla 3. Necesidades de valvulería

Tipo de válvula	Tamaño (mm)	Cantidad
Válvula reductora	DN80 (3")	1
Válvula de mariposa	DN90	1
Válvula de mariposa	DN75	4
Válvula de bola	DN40	13
Válvula de bola	DN50	1
Electroválvula	DN90	4

2.5. Manómetros y piezas especiales

Para un correcto funcionamiento y mantenimiento de los filtros de malla instalados se colocarán aguas arriba y debajo de estos filtros un manómetro tipo

ANEJO VI: Cabezal de riego, valvulería y elementos de la red

Bourdon con glicerina de escala 0-0,6 Mpa ½" con válvula de agua de cierre de aguja de la misma conexión con unión por collarín de toma a la tubería que nos permitan comprobar la presión en la instalación.

Aguas debajo de las válvulas de control se proyecta la instalación de manómetros con glicerina de escala 0-0.6 Mpa con conexión de ½" con válvula de agua de cierre de aguja de la misma conexión con unión por collarín de toma a la tubería.

Las piezas especiales son el conjunto de: Codos, piezas en T, racores, collarines, etc., que permitan la conexión de los distintos elementos en las conducciones de suministro.

2.6. Sistema de automatización

Este sistema se va a describir en un anejo aparte propio y que viene a continuación (anejo VII). De todos modos, ya se han indicado y/o comentado los elementos principales: Programador y electroválvulas (estás últimas descritas en el punto 2.2)

ANEJO VII:

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA
INSTALACIÓN

INDICE

1.	Introducción.....	1
2.	Características del programador	1
3.	Características de control en la instalación de riego.....	1
3.1.	Factores a controlar	1
3.1.1.	Control de presión.....	2
3.1.2.	Control de caudal	2
3.1.3.	Tiempo de riego: control volumen	2
4.	Automatización de sectores.....	2
4.1.	Descripción	2
4.2.	Cableado y tipo de solenoides	3

1. Introducción

Los sistemas de riego deben presentar algún grado de automatización que permita conseguir una mayor efectividad, un menor coste de explotación del sistema y más comodidad en el trabajo en campo. Se tiende a adoptar cada vez más elementos de control informatizado ya que gracias a esta se tiene:

- Mayor facilidad de control en elementos hidráulicos en carga
- Mayor facilidad y versatilidad de manejo de la red

2. Características del programador

Consistirá en un controlador para instalación de riego de funcionamiento a pilas de 9 voltios con las siguientes posibilidades:

- Control del riego
Programación por tiempo, días, ajuste estacional.
Posibilidad de modificación de las unidades de riego por un factor manual.
Control de valvulería: posibilidad de control de hasta 6 electroválvulas.
- Control de la fertirrigación: no hay instalado equipo de fertirrigación pero si posibilidad de instalarlo
- Riego manual: posibilidad de comprobar el riego en cada sector
- Posibilidad de identificar rápidamente "cortocircuitos", normalmente causados por solenoides defectuosos o cables pelados

3. Características de control en la instalación de riego

3.1. Factores a controlar

La unidad básica para el control de la red será la subunidad, donde se deberá controlar:

- Presión
- Caudal
- Tiempo de riego o control de volumen

3.1.1. Control de presión

Preciso para garantizar que la presión en el interior de la unidad no supere un límite soportable por la instalación, ni caiga por debajo de un límite tolerable de funcionamiento correcto del sistema de riego implantado en la parcela.

Para el control de la presión dispondremos de válvulas de accionamiento manual en cada inicio de subunidad. Esto no será automatizado por su alto coste.

3.1.2. Control de caudal

Este se controlará de forma manual y se observará mediante un contador que se colocará a la entrada en el cabezal de riego. Se cree oportuno conocer que volumen de agua entra en la instalación para no consumir más del máximo calculado.

3.1.3. Tiempo de riego: control volumen

El volumen total consumido en un determinado periodo de tiempo se controla a nivel de la instalación mediante el control del volumen. Permitirá la localización de fugas, y poder gestionar la facturación del agua consumida por el mismo.

4. Automatización de sectores

4.1. Descripción

Se ha automatizado el riego de la unidad y para ello se ha dispuesto de válvulas hidráulicas de accionamiento eléctrico. Las 4 electroválvulas elegidas ya se han descrito en el anejo VI y tal como se dijo están colocadas en el cabezal en el inicio de cada sector.

La secuencia de funcionamiento será la que sigue:

Sector 1 funcionando: Válvula 1 abierta y demás cerradas

Sector 2 funcionando: Válvula 2 abierta y demás cerradas

Sector 3 funcionando: Válvula 3 abierta y demás cerradas

Sector 4 funcionando: Válvula 4 abierta y demás cerradas

4.2. Cableado y tipo de solenoides

La sección del cable que se ha colocado es de 1,5 mm² que es suficiente para nuestra instalación. Se ha respetado longitud máxima del cableado entre los solenoides y el programador según indican fabricantes (es muy inferior a los 30 metros según indican algunos).

Los solenoides que accionan las electroválvulas son de un voltaje de 10 V CC.

ANEJO VIII:

MOVIMIENTO DE TIERRAS

INDICE

1. Introducción.....	1
2. Metodología.....	1
3. Movimiento de tierra	1
3.1. Terreno: consideraciones	1
3.2. Resultados movimiento de tierras en red de transporte	1
3.1. Resultados movimiento de tierras en subunidades.....	2
3.2. Resumen resultados	3

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de cubicaciones de tierra movida en la red de transporte	2
Tabla 2. Resultados de cubicaciones de tierra movida en las subunidades.....	3
Tabla 3. Resumen resultados tierra movida.....	3

1. Introducción

El objeto del presente anejo es el cálculo del movimiento de tierra requerido para la instalación de las conducciones de riego, y así poder aplicar las cubicaciones en el capítulo de mediciones que corresponda del presupuesto.

Se ha considerado oportuno también enterrar las tuberías terciarias para una mayor facilidad para el posible uso de maquinaria en parcela.

2. Metodología

La instalación de riego se ha diseñado siguiendo el perfil del terreno. Se ha adaptado al perfil del terreno para poderse aplicar a cada tramo de tubería un valor de pendiente continuo en dirección, sentido y valor de forma que a cada tramo de la línea de la red se ha podido aplicar un cálculo sencillo de volumen de tierra extraído.

El cálculo empleado para la obtención de los volúmenes de tierra de cada línea es el siguiente:

Diámetro nominal (m) tramo de tubería + 2 x 0,25 m (margen por lado tubería) + 1 m (profundidad zanja)

3. Movimiento de tierra

3.1. Terreno: consideraciones

Las características del tipo de terreno encontrado son de un tipo medio y apropiadas para su manejo y posterior utilización de relleno en zanja para las conducciones.

3.2. Resultados movimiento de tierras en red de transporte

El resultado de las cubicaciones de tierra movida para la red de transporte se muestra en la Tabla 1 que viene a continuación. Se indican los resultados totales y los resultados parciales por sectores.

Tabla 1. Resultados de cubicaciones de tierra movida en la red de transporte

Línea	L (m)	DN (mm)	Lado (m)	DN+Lados	P (m)	V (m ³)	Identificación	Sector-V(m ³)
1	12,00	90	0,25	0,590	1	7,080	Primaria	
2	Cabezal	90	-	-	-	0,000	Cabezal	
3	96,00	90	0,25	0,590	1	56,640	Secundaria	1
4	116,00	90	0,25	0,590	1	68,440	Secundaria	
5	8,00	75	0,25	0,575	1	4,600	Secundaria	
6	48,00	63	0,25	0,563	1	27,024	Secundaria	156,704
7	72,00	90	0,25	0,590	1	42,480	Secundaria	2
8	24,00	75	0,25	0,575	1	13,800	Secundaria	
9	33,00	63	0,25	0,563	1	18,579	Secundaria	
10	100,00	50	0,25	0,550	1	55,000	Secundaria	129,859
11	16,00	90	0,25	0,590	1	9,440	Secundaria	3
12	15,00	50	0,25	0,550	1	8,250	Secundaria	
13	46,50	75	0,25	0,575	1	26,738	Secundaria	
14	10,00	50	0,25	0,550	1	5,500	Secundaria	
15	122,00	50	0,25	0,550	1	67,100	Secundaria	
16	8,00	40	0,25	0,540	1	4,320	Secundaria	121,348
17	57,00	90	0,25	0,590	1	33,630	Secundaria	4
18	104,50	63	0,25	0,563	1	58,834	Secundaria	
19	66,00	50	0,25	0,550	1	36,300	Secundaria	
Volumen total						543,754		

L: longitud de la línea de tubería; DN: Diámetro Nominal; Lado: margen de excavación que hay que dejar a cada lado de la tubería; P: profundidad de la zanja; V: volumen de tierra excavado

3.1. Resultados movimiento de tierras en subunidades

El resultado de las cubicaciones de tierra movida para el enterramiento de las tuberías terciarias se muestra a continuación Tabla 2 que viene a continuación. Se indican los resultados parciales por subunidad y el cubicaje total de tierra extraída.

Tabla 2. Resultados de cubicaciones de tierra movida en las subunidades

Subunidad	L (m)	DN (mm)	DN+Lados	P (m)	V (m ³)
1.1	61,5	40	0,54	1	33,21
1.2	47,5	40	0,54	1	25,65
2.1	33,5	40	0,54	1	18,09
2.2	74,5	40	0,54	1	40,23
3	89,5	40	0,54	1	48,33
4	89,5	40	0,54	1	48,33
5	47,5	40	0,54	1	25,65
6	61,5	40	0,54	1	33,21
7	68,5	40	0,54	1	36,99
8	68,5	40	0,54	1	36,99
9	61,5	40	0,54	1	33,21
10	103,5	50	0,55	1	56,925
11	110,5	40	0,54	1	59,67
12	54,5	40	0,54	1	29,43
Volumen total					525,915

L: longitud de la línea de tubería terciaria; DN: Diámetro Nominal; Lado: margen de excavación que hay que dejar a cada lado de la tubería; P: profundidad de la zanja; V: volumen de tierra excavado

3.2. Resumen resultados

En la siguiente Tabla 3 se muestra un resumen de resultados de volumen de tierra extraído en la red de transporte, sectores-subunidades y el cubicaje total de tierra extraída.

Tabla 3. Resumen resultados tierra movida

	PRIMARIA	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	TOTAL
RED TRANSPORTE	7,08	156,70	129,86	121,35	128,76	543,75
SUBUNIDADES	-	117,18	122,31	140,40	146,03	525,92
SUMA	7,08	273,88	252,17	261,75	274,79	1069,67

Resultados de tierra extraída en metros cúbicos