

ANEJO 9:

Diseño Hidráulico Del Riego

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	184
2. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN	184
2.1 Cabezal de riego	184
2.1.1. Equipo de filtrado	184
2.1.2. Equipo de fertirrigación	184
2.1.3. sistema de impulsión	184
2.2 Red de distribución	185
2.2.1. Ordenador	185
2.2.2. Red principal de distribución o tubería primaria	185
2.2.3. Tuberías secundarias o portatuberías	185
2.2.4. Tuberías portarramales	185
2.2.5. Tuberías portagoteros	185
2.3 Goteros	185
2.4 Accesorios de la red de riego	186
2.4.1. Elementos de medida	186
2.4.2. Reguladores de presión	186
2.4.3. Goteros control	187
2.4.4. Reguladores de caudal	187
2.4.5. Piezas especiales	187
2.4.6. Dispositivos especiales	187
3. DISTRIBUCIÓN Y SECTORIZACIÓN	187
4. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	187
4.1. Dimensionado de los ramales portagoteros (TPG)	187
4.2. Dimensionado de la tubería portarramales (TPR)	190
4.3. Dimensionado de la tubería secundaria (TS)	193
4.4. Dimensionado de la tubería primaria (TP)	194
5. DISEÑO DEL CABEZAL DE RIEGO	195
5.1. Equipo de filtrado	195
5.2. Equipo de fertirrigación	196
5.2.1. Inyector	196
5.2.2. Deposito fertilizante	196

5.2.3. Electroválvula y filtros _____	196
5.3. Equipo de impulsión _____	196
5.3.1. Potencia de la bomba _____	198
6. BIBLIOGRAFIA _____	200

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de este anejo es el de dimensionar todos los componentes de la instalación de riego, así como los necesarios para la impulsión y conducción del agua desde el pozo hasta la balsa.

La finca cuenta con 19.200 m² de suelo invernado. El agua de riego procederá de una balsa emplazada en la propia finca, la cual está abastecida por la red de regantes de Berja.

Se va a optar por un *sistema de riego por goteo*, el cual consiste en la aplicación localizada del agua de riego al cultivo a través de unos emisores denominados goteros, desde unas tuberías de distribución por las que circula a una cierta presión. Se ha elegido este sistema por una serie de ventajas, como el ahorro importante de agua, pues el riego por goteo permite la aplicación de pequeñas dosis de riego de forma frecuente, con la consecuencia de un adecuado nivel de humedad en el entorno de la raíz. De la misma forma, se produce un ahorro de fertilizantes, ya que estos se disponen próximos a la raíz y además se pueden fraccionar mejor según las necesidades de la planta. Al disponer la planta de forma fácil agua y nutrientes, se produce un aprovechamiento menos costoso desde el punto de vista energético.

2. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

2.1 CABEZAL DE RIEGO

Se encuentra ubicado en una sala específica de la nave, está formado por el equipo de filtrado y el de fertirrigación.

2.1.1 Equipo de filtrado

Es importante un buen equipo de filtrado, ya que el gotero produce una pérdida de presión, donde se pueden producir fácilmente obturaciones por partículas que lleve el agua, ya sea en el propio gotero o en la piqueta.

2.1.2 Equipo de fertirrigación

Está constituido por los instrumentos encargados de la inyección o dosificación de los productos químicos en la conducción general del riego y el depósito fertilizante. Los fertilizantes se encontrarán en los tanques de abonado, que consistirán en un depósito conectado en paralelo a la red de riego. El depósito debe resistir la presión de la red.

2.1.3 Sistema de impulsión

Se compone de una bomba centrífuga, accionada por un motor eléctrico. Su función es aspirar el agua de la balsa situada en la explotación e impulsarla hacia la red de distribución y los goteros, pasando antes por el equipo de filtración, calefacción y fertilización.

2.2 RED DE DISTRIBUCIÓN

Englobamos bajo esta denominación al conjunto de tuberías y automatismos que van desde el cabezal de riego hasta los emisores (goteros).

El primer elemento que nos encontramos es la máquina de riego, está constituida por un PC y los dispositivos de conexión, actuación y sensores necesarios (de CE y pH).

2.2.1 Ordenador

Se divide en dos partes:

- Unidad lógica de control, se encarga de procesar los datos que recibe de la unidad de programación, unidad de medida del caudal, unidad de inyección y otros factores, transformándolos en órdenes para el equipo de aspiración/impulsión, electroválvulas, etc.

- Unidad de programación, actúa comunicando al usuario con el ordenador, enviando la información a la unidad lógica.

El ordenador puede entrar en funcionamiento manualmente, por decisión del usuario o en función de distintas programaciones (tiempos, volúmenes, evaporación, radiación, etc).

2.2.2 Red principal de distribución o tubería primaria

Se encarga de llevar el agua desde el cabezal de riego hasta cada una de las subunidades de riego. Se dimensionará en PVC (policloruro de vinilo).

2.2.3 Tuberías secundarias o portatuberías

Conducen el agua que circula por la primaria a cada uno de los sectores de la subunidad. Se dimensionarán en PVC.

2.2.4 Tuberías portarramales

Se dimensionarán en PE (polietileno). Se colocarán perpendicularmente a las líneas de cultivos cada metro.

2.2.5 Tuberías portagoteros

Se dimensionarán en PE, éstas seguirán las líneas del cultivo. Irán colocadas cada metro y llevarán insertos los goteros cada 0,5 m.

2.3 GOTEROS

Los goteros o emisores de riego son dispositivos que controlan la salida del agua desde las tuberías portagoteros. En nuestra instalación contaremos con goteros autocompensantes y antidrenantes, de esta forma se mantiene el caudal constante durante un amplio rango de presión.

Diferencia dos puntos clave en su curva de descarga: el gotero interrumpe su

descarga cuando está sometido a una presión igual o menor a una determinada presión de cierre y la presión de caudal sólo comienza una vez alcanzada la presión de apertura. Se ha optado por goteros con un caudal de 3 l h⁻¹. Según la norma UNE 68075/86 y de acuerdo al fabricante, este modelo tiene las siguientes características:

- Intervalo de auto-compensación de 5 a 40 m.c.a.
- Presión de cierre = 0,2 kp cm⁻² = 2 m.c.a.
- Presión de apertura = 5 m.c.a.
- Eliminan el drenaje de agua, evitando un nuevo llenado del sistema al iniciar el siguiente riego; reducen además la necesidad de instalación de válvulas antirretorno en las tuberías generales, evitando así roturas en las conducciones por golpes de ariete.
- Mecanismo continuo de auto-limpieza.
- Ni la calidad del agua ni las variaciones de presión afectan la descarga controlada de agua.

La ecuación característica para este modelo es:

$$Q = K \cdot h_x \rightarrow Q = 7,56 \cdot h_{0,04} \rightarrow Q \approx K$$

Donde:

K = coeficiente característico de cada emisor.

h = presión en KPa.

x = exponente de descarga de cada emisor. Se consideran emisores autocompensantes aquellos que tienen un exponente de descarga prácticamente nulo (x=0,04).

Como se puede observar $Q \approx K$, esto nos indica que el caudal variará muy poco con las variaciones de presión.

2.4 ACCESORIOS DE LA RED DE RIEGO

2.4.1 Elementos de medida

Medidores de caudal y de presión. Es imprescindible medir la presión a la salida del grupo de bombeo, a la entrada y salida de los filtros y del equipo de fertirrigación. Es recomendable medir a la entrada de los sectores de riego.

2.4.2 Reguladores de presión

En la cabeza de cada subunidad, se dispondrá un regulador de presión de acción directa, con el fin de garantizar una presión de funcionamiento aguas debajo de cada subunidad que mantenga la uniformidad del riego. Dicha presión se fijará de manera que el gotero más desfavorable de cada subunidad emita un caudal igual a su caudal nominal.

La elección del regulador estará en función del caudal que se deriva a cada subunidad y la presión de entrada de la misma.

2.4.3 Goteros control

Se encargan de comprobar que el volumen de agua emitido corresponde con la calculada. En cada sector colocaremos un gotero control.

2.4.4 Reguladores de caudal

Se usan para dejar pasar un caudal determinado, se colocarán a la entrada de cada unidad de riego. Los más usuales son los de diafragma, cuyo funcionamiento está basado en un diafragma elástico que se deforma abriendo o cerrando la sección de paso y dejando pasar sólo el caudal nominal.

2.4.5 Piezas especiales

Unidades que posibilitan los empalmes, cambios de dirección (codos), derivaciones, variaciones de sección, etc.

2.4.6 Dispositivos auxiliares

Aparatos que protegen y facilitan el buen funcionamiento de la red. Los más importantes son las válvulas y ventosas.

3. DISTRIBUCIÓN Y SECTORIZACIÓN

La explotación se compone de un invernadero de 19.200 m².

El invernadero consta con un sistema de riego dividido en dieciseis sectores. Cada sector consta de 1 tubería portarramales de 47 m de largo, cada tubería portarramales alimenta a 46 ó 47 tuberías portagoteros, insertados cada metro, dependiendo de la tubería portagoteros que tenga. Estas tuberías portagoteros tienen una longitud de 23 y 23,5 m y llevan los goteros cada 0,5 m.

4. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

4.1 DIMENSIONADO DE LOS RAMALES PORTAGOTEROS (TPG)

Calcularemos los ramales más desfavorables, debido a que la longitud de las tuberías secundarias es mayor por lo que se originarán mayores pérdidas de carga.

Tendremos en cuenta que en el último de los goteros debe contar con una presión mínima de 5 m.c.a, pues a partir de dicha presión el emisor va a proporcionar un gasto constante.

Los diámetros de las tuberías también deben seleccionarse de manera que en el punto donde se de la máxima presión en el sector, no superen los 40 m.c.a.

TPG de 23,5 m

Las pérdidas de carga por rozamiento se calcularán mediante la ecuación de Blasius:

$$h_f = 0,465 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \times (L + N \cdot Le) \times F$$

Donde:

h_f = pérdidas de carga por rozamiento (m.c.a.)

Q = caudal del ramal (número de goteros · caudal del gotero = 141 l h⁻¹)

D = diámetro (mm)

L = longitud del ramal, 23,5 m

Le = Longitud equivalente, 0,5 m.

F = Coeficiente de Christiansen, depende del número de emisores y representa el efecto de la disminución progresiva del caudal en el ramal, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F = \frac{1}{1+m} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

$$F = 0,374$$

Donde:

N = número de goteros, 47 goteros.

m = toma el valor de 1,75 para Blasius (PVC o PE).

D = diámetro de la tubería en m. El diámetro se elige en función del caudal que transporta.

La velocidad media del agua debe estar comprendida entre 0,6 y 2,25 m s⁻¹ (Pizarro, 1996), por debajo de 0,6 m s⁻¹ los diámetros son excesivos y la tubería resulta extremadamente cara, además las baja velocidades favorecen el depósito de sedimentos; para velocidades superiores a 2,25 m s⁻¹, las pérdidas de carga adquieren valores muy elevados, se acelera el envejecimiento de las tuberías. Teniendo esto en cuenta, para dimensionar la tubería tomaremos una velocidad de diseño de 1,5 m s⁻¹.

$$Q = u \cdot \left[\pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right] \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot u}}$$

$$Q = 3,92 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$D = 0,0058 \text{ m} \rightarrow 5,8 \text{ mm}^*$$

*mínimo diámetro de PE 16 comercial

Las pérdidas de carga serán:

$$h_{fTPG} = 0,465 \times 141^{1,75} \times D^{-4,75} \times (23,5+47 \times 0,5) \times 0,374 = 0,089$$

TPG de 23,0 m

Las pérdidas de carga por rozamiento se calcularán mediante la ecuación de Blasius:

$$h_f = 0,465 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \times (L + N \cdot Le) \times F$$

Donde:

h_f = pérdidas de carga por rozamiento (m.c.a.)

Q = caudal del ramal (número de goteros · caudal del gotero = 138 l h⁻¹)

D = diámetro (mm)

L = longitud del ramal, 23,0 m

Le = Longitud equivalente, 0,5 m.

F = Coeficiente de Christiansen, depende del número de emisores y representa el efecto de la disminución progresiva del caudal en el ramal, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F = \frac{1}{1+m} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

$$F = 0,374$$

Donde:

N = número de goteros, 46 goteros.

m = toma el valor de 1,75 para Blasius (PVC o PE).

D = diámetro de la tubería en m. El diámetro se elige en función del caudal que transporta.

La velocidad media del agua debe estar comprendida entre 0,6 y 2,25 m s⁻¹ (Pizarro, 1996), por debajo de 0,6 m s⁻¹ los diámetros son excesivos y la tubería resulta extremadamente cara, además las baja velocidades favorecen el depósito de sedimentos; para velocidades superiores a 2,25 m s⁻¹, las pérdidas de carga adquieren valores muy elevados, se acelera el envejecimiento de las tuberías. Teniendo esto en cuenta, para dimensionar la tubería tomaremos una velocidad de diseño de 1,5 m s⁻¹.

$$Q = u \cdot \left[\pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right] \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot u}}$$

$$Q = 3,83 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$D = 0,0057 \text{ m} \rightarrow 5,7 \text{ mm}^*$$

*mínimo diámetro de PE 16 comercial

Las pérdidas de carga serán:

$$h_{fTPG} = 0,465 \times 138^{1,75} \times D^{-4,75} \times (23,0+46 \times 0,5) \times 0,374 = 0,084$$

Aplicando la ecuación de conservación de la energía, teniendo en cuenta que nos encontramos a nivel (máxima en cabeza y mínima en cola):

$$H_{cabeza\ TPG} = H_{cola\ TPG} + h_{f\ TPG} \rightarrow \frac{P_{cabeza}}{\gamma} + z_{cabeza} + \frac{u^2}{2g} = \frac{P_{cola}}{\gamma} + z_{cola} + \frac{u^2}{2g} + h_{f\ TPG}$$

$$H_{cabeza\ TPG} = H_{cola\ TPG} + h_{f\ TPG}$$

$$H_{cabeza\ TPG} = 5,173 \text{ m.c.a}$$

Como estamos dentro del rango de presiones que se marcó, el diámetro de la tubería es válido.

Tubería de polietileno de baja densidad (P.E.) de diámetro exterior 16 mm.

4.2 DIMENSIONADO DE LA TUBERÍA PORTARRAMALES (TPR)

En total tendremos 16 tuberías portarramales de una longitud de 47 m llevando insertos 47 ramales portagoteros. El número de goteros de cada TPR será el siguiente:

Para TPR con TPG de L= 23,5 m	Para TPR con TPG de L= 23,0 m
2209 goteros	2162 goteros

TPR con TPG de L= 23,5 m

Al igual que con TPG, se calculará mediante la ecuación de Blasius, ya que lo vamos a dimensionar en P.E.

$$h_f = 0,465 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \times (L + N \cdot Le) \times F$$

Donde:

h_f = pérdidas de carga por rozamiento (m.c.a.)

Q = caudal del ramal (número de goteros · caudal del gotero = 6.627 l/h)

D = diámetro (mm)

L = longitud del ramal, 47 m.

Le = Longitud equivalente, 1 m.

F = Coeficiente de Christiansen, depende del número de emisores y representa el efecto de la disminución progresiva del caudal en el ramal, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F = \frac{1}{1+m} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

F = 0,364

Donde:

N = número de goteros, 2.209 goteros.

m = toma el valor de 1,75 para Blasius (PVC o PE).

D = diámetro de la tubería en m. El diámetro se elige en función del caudal que transporta. En este caso también tomaremos una velocidad de diseño de 1,5 m s⁻¹.

$$Q = u \cdot \left[\pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right] \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot u}}$$

Q = 1,84 × 10⁻³ m³/s

D = 0,0395 m → 39,5 mm*

*mínimo diámetro de PE 40 comercial

Las pérdidas de carga serán:

$$h_{fTPR} = 0,465 \times 6627^{1,75} \times 40^{-4,75} \times (47 + 2209 \times 1) \times 0,364 = 45,16 \text{ m.a.c}$$

TPR con TPG de L = 23,0 m

Al igual que con TPG, se calculará mediante la ecuación de Blasius, ya que lo vamos a dimensionar en P.E.

$$h_f = 0,465 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \times (L + N \cdot Le) \times F$$

Donde:

hf = pérdidas de carga por rozamiento (m.c.a.)

Q = caudal del ramal (número de goteros · caudal del gotero = 6.486 h-l)

D = diámetro (mm)

L = longitud del ramal, 47 m

Le = Longitud equivalente, 1 m.

F = Coeficiente de Christiansen, depende del número de emisores y representa el efecto de la disminución progresiva del caudal en el ramal, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F = \frac{1}{1+m} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

$$F = 0,364$$

Donde:

N = número de goteros, 2.162 goteros.

m = toma el valor de 1,75 para Blasius (PVC o PE).

D = diámetro de la tubería en m. El diámetro se elige en función del caudal que transporta. En este caso también tomaremos una velocidad de diseño de 1,5 m s⁻¹.

$$Q = u \cdot \left[\pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right] \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot u}}$$

$$Q = 1,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$D = 0,039 \text{ m} \rightarrow 39 \text{ mm}^*$$

*mínimo diámetro de PE 40 comercial

Las pérdidas de carga serán:

$$h_{fTPR} = 0,465 \times 6486^{1,75} \times 40^{-4,75} \times (47 + 2116 \times 1) \times 0,364 = 42.15 \text{ m.c.a.}$$

Total:

$$h_{fTPR} = 87,30 \text{ m.c.a.}$$

Aplicando la ecuación de conservación de la energía, teniendo en cuenta que nos encontramos a nivel (máxima en cabeza y mínima en cola):

$$H_{\text{cabeza TPR}} = H_{\text{cola TPR}} + h_{f \text{ TPR}} \rightarrow \frac{P_{\text{cabeza}}}{\gamma} + z_{\text{cabeza}} + \frac{u^2}{2g} = \frac{P_{\text{cola}}}{\gamma} + z_{\text{cola}} + \frac{u^2}{2g} + h_{f \text{ TPR}}$$

$$H_{\text{cabeza TPR}} = H_{\text{cola TPR}} + h_{f \text{ TPR}}$$

$$H_{\text{cabeza TPR}} = 92,483 \text{ m.c.a.}$$

Como estamos dentro del rango de presiones que se marcó, el diámetro de la tubería es válido.

Tubería de polietileno de baja densidad (P.E.) de diámetro exterior 40 mm.

4.3 DIMENSIONADO DE LA TUBERÍA SECUNDARIA (TS)

La tubería secundaria es la encargada de distribuir el agua entre cada uno de los sectores de riego. Por lo tanto tenemos una tubería secundaria que se encarga de regar los sectores que forma el invernadero.

El caudal que circula por la TS es: 105.468 l/h. La longitud de la tubería es 176 m. En este caso también tomaremos una velocidad de diseño de 1,5 m s⁻¹.

$$Q = u \cdot \left[\pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right] \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot u}}$$

$$Q = 0,0293 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,158 \text{ m} \rightarrow 158 \text{ mm}$$

*mínimo diámetro de PVC 160 mm comercial

Procedemos al cálculo de las pérdidas de carga y comprobamos que este diámetro cumple el criterio de diseño:

$$h_{fTS} = 0,465 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \times L$$

$$h_{fTS} = 0,465 \times 105.468^{1,75} \times 160^{-4,75} \times 176 = 1,71 \text{ m.c.a}$$

En esta tubería encontramos singularidades, las cuales también producen pérdidas de carga, se calculan mediante la fórmula:

$$h_f = K \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Donde K es un coeficiente de pérdida de carga que depende de la geometría de la transición.

SINGULARIDADES			
ACCESORIOS	k	Nº	h_f
T	0,6	9	0,62
Codos 90°	0,75	-	-
Electroválvulas	10	4	4,59
Reducciones	0,20	16	0,367
Llaves de mariposa	0,05	4	0,023
Total			5,6 m.c.a

Tabla 1: Pérdidas de carga en singularidades según el coeficiente de pérdida de carga K (Fuente: "Tuberías. Materiales, cálculos hidráulicos, cálculos mecánicos" Mayol, J.

Por lo tanto las pérdidas de carga en la TS serán:

$$h_{f\ TS} = 7,31 \text{ m.c.a.}$$

Comprobamos que las presiones de la tubería se encuentran dentro de las admitidas por los goteros:

$$H_{\text{cabeza TS}} = H_{\text{cabeza TS}} + h_{f\ TS} \rightarrow \frac{P_{\text{cabeza}}}{\gamma} + z_{\text{cabeza}} + \frac{u^2}{2g} = \frac{P_{\text{cola}}}{\gamma} + z_{\text{cola}} + \frac{u^2}{2g} + h_{f\ TS}$$

$$H_{\text{cabeza TS}} = H_{\text{cola TS}} + h_{f\ TS}$$

$$H_{\text{cabeza TS}} = 99,793 \text{ m.a.c}$$

Como estamos dentro del rango de presiones que se marcó, el diámetro de la tubería es válido.

Tubería de PVC de diámetro exterior 160 mm.

4.4 DIMENSIONADO DE LA TUBERÍA PRIMARIA (TP)

La tubería primaria tiene una longitud de 10 m y conecta el cabezal de riego con la tubería secundaria, de ella derivan las subunidades de riego, calculadas previamente en el apartado anterior. El cálculo del caudal que circula por la primaria, será igual al caudal que circula por la secundaria del invernadero, 105.468 l/h. En este caso también tomaremos una velocidad de diseño de 1,5 m s⁻¹.

$$Q = u \cdot \left[\pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right] \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot u}}$$

$$Q = 0,029 \text{ m}^3$$

$$D = 0,158 \text{ m} \rightarrow 158 \text{ mm}$$

*mínimo diámetro de PVC 160 mm comercial

Procedemos al cálculo de las pérdidas de carga y comprobamos que este diámetro cumple el criterio de diseño:

$$h_{f\ TP} = 0,465 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \times L$$

$$h_{fTs} = 0,465 \times 105.468^{1,75} \times 160^{-4,75} \times 10 = 0,097 \text{ m.c.a}$$

En esta tubería encontramos singularidades, las cuales también producen pérdidas de carga, se calculan mediante la fórmula:

$$h_f = K \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Donde K es un coeficiente de pérdida de carga que depende de la geometría de la transición.

SINGULARIDADES			
ACCESORIOS	K	Nº	h_f
T	0,6	1	0,069
Electrovalvula	10	1	1,15
Valvula de retencion	2,5	1	0,287
Total			1,506 m.c.a.

Tabla 2: Pérdidas de carga en singularidades según el coeficiente de pérdida de carga K (Fuente: "Tuberías. Materiales, cálculos hidráulicos, cálculos mecánicos" Mayol, J.

Por lo tanto las pérdidas de carga en la TP serán:

$$h_{fTP} = 1,603 \text{ m.c.a.}$$

Comprobamos que las presiones de la tubería se encuentran dentro de las admitidas por los goteros:

$$H_{cabeza TP} = H_{cola TP} + h_{f TP} \rightarrow \frac{P_{cabeza}}{\gamma} + z_{cabeza} + \frac{u^2}{2g} = \frac{P_{cola}}{\gamma} + z_{cola} + \frac{u^2}{2g} + h_{f TP}$$

$$H_{cabeza TP} = H_{cola TP} + h_{f TP}$$

$$H_{cabeza TP} = 101,396 \text{ m.c.a.}$$

Como estamos dentro del rango de presiones que se marcó, el diámetro de la tubería es válido.

Tubería de PVC de diámetro exterior 160 mm.

5. DISEÑO DEL CABEZAL DE RIEGO

Es el elemento central de la instalación de riego, en él se controla la fertilización y los tratamientos necesarios. Consta de:

5.1 EQUIPO DE FILTRADO

En este tipo de sistemas, uno de los principales inconvenientes que presenta es la aparición de obturaciones, que reducen el caudal del emisor.

Para paliar estos problemas se utilizan una serie de filtros, dependiendo de la naturaleza y el tamaño de los contaminantes.

El sistema de filtrado se dimensionará para el caudal anteriormente calculado en las tuberías portagotos de 105.468 L/ h.

Se instalara un filtro de malla para garantizar un filtrado óptimo.

Este filtro de malla está especialmente indicado para la retención de partículas de tipo inorgánico o como elemento de seguridad tras los filtros de arena o equipos de fertirrigación.

Durante el filtrado se producen pérdidas de carga. Cuando están limpios deben ser del orden de 1 a 2 m.c.a., aumentando a medida que el filtro se colmata, siendo necesario proceder a su limpieza cuando alcanza 5 m.c.a. en el proyecto se ha optado por un cabezal de filtro automático.

5.2 EQUIPO DE FERTIRRIGACIÓN

Está constituido por los instrumentos encargados de la inyección o dosificación de los productos químicos en la conducción general de riego y el depósito fertilizante.

5.2.1 Inyector

Para la inyección del abono se elige un dosificador eléctrico de pistón. En estos dosificadores el caudal se puede modificar variando la carrera del pistón. La relación entre el tiempo de aplicación de fertilizantes y el tiempo de riego será 0,8 usualmente, para permitir el lavado de la instalación.

5.2.2 Depósito fertilizante

Se ha optado por un depósito de polietileno debido a sus numerosas ventajas: escaso peso, elevada resistencia a los productos químicos, resistencia a las radiaciones ultravioleta, etc.

5.2.3 Electroválvula y filtros

El equipo de fertirrigación se completará con la colocación de una electroválvula para poder automatizar la fertilización y tres filtros de malla a la salida de cada depósito, para filtrar la solución fertilizante y evitar el paso de partículas que hayan podido precipitar, evitándose la obturación de los goteros.

5.3 EQUIPO DE IMPULSIÓN

Se dispone de un equipo de impulsión formado por una electrobomba que toma agua del embalse y la impulsa hasta la red de distribución y los goteros, haciéndola pasar por

el equipo de fertirrigación y por el de filtrado.

En el cabezal tendremos una tubería de P.V.C. similar a la T.P.

Tubería de PVC de diámetro exterior 160 mm.

En esta tubería también encontramos singularidades, las cuales también producen pérdidas de carga, se calculan mediante la fórmula:

$$h_f = K \cdot \frac{u^2}{2g}$$

Donde K es un coeficiente de pérdida de carga que depende de la geometría de la transición.

SINGULARIDADES			
ACCESORIOS	K	Nº	h_f
Electroválvula	10	1	1,15
Contador	5	1	0,57
Manómetro	0,2	4	0,09
Filtro de malla	-	1	-
Filtro de arena	-	1	-
Equipo de riego	-	1	-
Total			1,81 m.c.a

Tabla 3: Pérdidas de carga en singularidades según el coeficiente de pérdida de carga K (Fuente: "Tuberías. Materiales, cálculos hidráulicos, cálculos mecánicos" Mayol, J.

$$h_{fS} = 1,81 \text{ m.c.a.}$$

La presión necesaria para la impulsión vendrá dada por la suma de la presión necesaria al inicio de la tubería más las pérdidas producidas en el cabezal:

$$H_{\text{salida BOMBA}} = H_{\text{cabeza TP}} + h_{fS}$$

$$H_{\text{salida BOMBA}} = 103,206 \text{ m.c.a.}$$

Las pérdidas a vencer en la **aspiración** se calculan teniendo en cuenta que se instala una **tubería de PVC de 180 mm de diámetro**, la cual tiene una longitud aproximada de 5 m.

$$h_{fTA} = 0,465 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \times L$$

$$h_{fTA} = 0,028 \text{ m.c.a.}$$

En esta tubería también encontramos singularidades, las cuales también producen pérdidas de carga, se calculan mediante la fórmula:

$$h_f = K \cdot \frac{u^2}{2g}$$

SINGULARIDADES			
ACCESORIOS	K	Nº	h_f
Electroválvula	10	1	1,15
Alcachofa	0,8	1	0,092
Codo 125°	0,6	1	0,069
Valvula de pie	2,5	1	0,287
Caudalimetro	1	1	0,115
Total			1,713m.c.a

Tabla 4: Pérdidas de carga en singularidades según el coeficiente de pérdida de carga K (Fuente: "Tuberías. Materiales, cálculos hidráulicos, cálculos mecánicos" Mayol, J.

Por lo tanto las pérdidas de carga en la TA serán:

$$h_{fTA} = 1,741 \text{ m.c.a.}$$

$$H_{IMPULSIÓN} = H_{salida BOMBA} + h_{fTA}$$

$$H_{IMPULSIÓN} = 104,947 \text{ m.c.a}$$

5.3.1 Potencia de la bomba

La potencia de la bomba viene dada por la expresión siguiente:

$$P = \rho \times g \times Q \times \Delta H_B$$

$$P = 33.150,87 \text{ W}$$

Donde:

ρ : Peso específico del agua, 103 kg m⁻³

g : gravedad, 9,81

Q : Caudal elevado por la bomba,

$Q = 0,0293 + 10\%$ (margen de seguridad) = 0,0322 m³ s⁻¹

ΔH_B : Altura elevada por la bomba.

$$\Delta H_B = H_{IMPULSIÓN} = 104,947 \text{ m.c.a.}$$

Se puede utilizar una bomba de 46 CV.

El dimensionado del sistema de riego se ha hecho de forma teórica teniendo en cuenta que habría que abastecer todos los sectores a la vez, por tanto los riegos se pueden programar en función de las necesidades del cultivo.

Durante las dos primeras semanas de crecimiento serian de media hora diaria distribuida a lo largo del día y durante los siguientes meses será de una hora.

Se podrían adoptar otras soluciones desde el punto de vista empresarial mas reales e igualmente validas para el proyecto.

Estas soluciones podrían ser la colocación de una bomba de 25 CV con un ΔH aproximado de 58 m y un Q de 32 m³ h⁻¹. Esta bomba se ajustaría más a la realidad y se abaratarían los costes.

6. BIBLIOGRAFÍA

- MOYA TALENS, J. A. 1998. *Riego localizado y fertirrigación*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- PIZARRO CABELLO, F. 1996. *Riegos localizados de alta frecuencia, goteo, microaspersión, exudación*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Apuntes de la asignatura “*Hidráulica y Riegos*” (Curso 2003/2004). I.T.A. Mecanización y Construcciones Rurales. Universidad de Almería.
- Agroplast
- Comercial Marhuenda S.L.
- www.azud.com