

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ELECCION DE LAS ESPECIES VEGETALES.....	2
2.1.- CRITERIOS DE ELECCIÓN.....	2
3. REDE DE RIEGO. CONDICIONANTES	2
3.1.- EL CLIMA.....	2
3.2.- LA ESPECIE	2
3.3.- EL ESTADO DE DESARROLLO DEL ÁRBOL.....	3
4. CÁLCULO DE LAS DEMANDAS	3
4.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET ₀).....	3
4.1.1.- Cálculo de la ET ₀ mediante el método de Blaney-Criddle en la versión modificada por la FAO.....	3
4.2.- CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS ÁRBOLES (ETC).....	4
4.2.1. - Cálculo de la evapotranspiración del árbol.....	4
4.3.- CÁLCULO DE LAS NECESIDADES NETAS DE LOS ÁRBOLES.....	6
5. - PROGRAMACIÓN DEL RIEGO.....	8
6. - DIMENSIONAMIENTO DE LA RED.....	10
6.1.- MATERIAL UTILIZADO	10
6.2.- PROCESO DE CÁLCULO A SEGUIR EN LA TERCIARIA.....	10
6.3.- EXPOSICIÓN DEL CÁLCULO PARA LOS BLOQUES DE RIEGO POR GOTEO	11
6.3.1.- Características de los bloques de riego por goteo	11
6.3.2.- Cálculo de la terciaria	11
6.3.3.- Resumen de los bloques de riego	13

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es el diseño de la red de riego y jardinería de la avenida Hispanidad, entre la calle Zamora y la avenida Gran Vía.

En este caso, se tratará de calcular las necesidades hídricas de los 8 ejemplares de arbolado nuevo a implantar en la avenida Hispanidad.

2. ELECCION DE LAS ESPECIES VEGETALES

2.1.- CRITERIOS DE ELECCIÓN

Como premisa principal, la elección de las especies vegetales se ha hecho en base a su adaptación al clima mediterráneo, escogiendo preferentemente especies plenamente adaptadas a la zona, con temperaturas elevadas en verano y frecuentes heladas en invierno. Para ello se han seguido criterios de jardinería mediterránea cuyas premisas principales son:

- Elección racional de las especies. Si son autóctonas y están adaptadas al clima de la zona requerirán menores tareas de mantenimiento, debido en gran medida a la menor necesidad de aporte hídrico. Además, presentan una mayor resistencia frente a las posibles plagas endémicas.
- Sistemas de riego economizadores de agua.
- Escasas necesidades de mantenimiento, aunque éstas deberán realizarse correctamente.

3. REDE DE RIEGO. CONDICIONANTES

Las necesidades de riego dependen fundamentalmente de tres factores:

3.1.- EL CLIMA

Las características a nivel mundial y a nivel local de éste van a ser determinantes para que las plantas estén sometidas a un mayor o menor estrés hídrico. La latitud, la altura sobre el nivel del mar y la orientación son componentes climáticas que van a condicionar elementos tan importantes como la insolación, la temperatura, la humedad y el viento, a la hora de evaluar los intercambios hídricos (Evapotranspiración) en el conjunto formado por suelo-planta-atmósfera, que van a determinar las necesidades de los árboles.

3.2.- LA ESPECIE

Las necesidades de agua para dos árboles distintos son distintas por dos razones:

- a) Para un mismo estado de desarrollo, unas plantas presentan más necesidades diarias que otras.
- b) Para todo el ciclo, esto es, para toda la estación, unas plantas tienen más necesidades que otras porque tienen un ciclo más largo.

En el caso del arbolado ornamental previsto (photinias), para el cálculo, se considerarán unas necesidades medias similares.

3.3.- EL ESTADO DE DESARROLLO DEL ÁRBOL

Las necesidades de agua aumentan conforme el árbol se va desarrollando, hasta llegar a un máximo que suele coincidir con la mayor velocidad de crecimiento, con la floración o con la fructificación.

4. CÁLCULO DE LAS DEMANDAS

4.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET₀)

El primer factor que se apuntaba como condicionante de las necesidades de agua de los árboles era el clima. En el caso del riego que se pretende instalar en esta zona concreta todos los datos climáticos se toman de la estación meteorológica de Peinador. La situación y características de dicha estación son:

PROVINCIA	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	AÑO DE INSTALACIÓN
Pontevedra	08º 39' 35"	42º 24' 50"	60	17%	Oeste	1955

Cuadro nº 1.- Características de la estación meteorológica de Peinador.

Los datos meteorológicos de la estación que se utilizarán en el cálculo de las necesidades de agua de riego son los siguientes:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
HR _{min}	75	68	56	62	59	64	60	63	63	67	75	79
n	3,46	3,63	5,08	5,25	7,08	8,73	9,39	9,05	7,13	5,02	2,39	3,05
U	3,05	5,17	4,94	4,84	4,78	4,15	4,18	4,08	3,58	3,96	2,74	4,48
t	7,05	7,85	9,15	10,26	12,65	16,42	18,14	18,13	17,42	13,94	10,33	7,55
P	285,4	258,1	183	154,6	137,7	75,5	38,6	31,2	112,3	203	203,5	269,5

Siendo HR_{min} la humedad relativa mínima mensual (%), n la insolación real diaria (% de horas de sol), U la velocidad diurna media medida a 2 metros de altura (m/s), t la temperatura media mensual (°C) y P la precipitación mensual media (mm.).

4.1.1.- Cálculo de la ET₀ mediante el método de Blaney-Criddle en la versión modificada por la FAO

Se escoge el de Blaney-Criddle ya que está demostrado que en el momento de máximas necesidades (en verano) los valores de ET₀ dados por éste, coinciden con los calculados por el método Penman, aun cuando éste es más preciso.

En este método la ET₀ es una función g de:

$$ET_0 = g(f, HR_{min}, n/N, U)$$

En donde:

- HR_{min} es la humedad relativa antes descrita.
- n/N es la relación entre la insolación real n (porcentaje real de horas de sol) y la insolación máxima N (porcentaje máximo de horas de sol). Las horas de máxima insolación N aparecen tabuladas según la latitud.

Para nuestro caso, y expresadas ya en % diarios, N toma los siguientes valores:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
39,0	44,0	49,6	58,8	61,0	63,7	62,6	58,1	53,3	46,1	40,7	37,4

Con lo que la relación n/N para nuestro caso valdrá:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0,37	0,34	0,43	0,39	0,48	0,57	0,62	0,65	0,56	0,45	0,24	0,34

- U es la velocidad diurna media medida a 2 metros de altura.
- f es un factor de uso consultivo que se calcula como:

$$f = p \times (0,46 \times t + 8,13)$$

Siendo p el % diario medio de horas diurnas y que también está tabulado para cada latitud, tomando los siguientes valores en el caso de la parcela del proyecto:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0,21	0,24	0,27	0,3	0,33	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21

Y t la temperatura media mensual. Con lo que resulta un factor de uso consultivo mensual (f) igual a:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2,39	2,82	3,33	3,85	4,60	5,33	5,44	5,10	4,52	3,63	2,83	2,44

Con estos valores de f, n/N, U y HRmin se obtienen las siguientes predicciones de ET₀ diaria (en mm./día) para cada mes:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0,60	1,30	1,30	1,90	2,97	3,45	4,25	3,90	2,75	1,80	0,97	0,50

Resultando una ETO mensual (en mm.) de:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
18,60	36,40	40,30	57,00	92,07	103,50	131,75	120,90	82,50	55,80	29,10	15,50

4.2.- CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS ÁRBOLES (ETC)

4.2.1. - Cálculo de la evapotranspiración del árbol

Se prevé la plantación de 76 unidades de arbolado (Acer fremanii "Celebration", Acer saccharinum y/o Cameliia japonica) en alineación discontinua, con marco de plantación variable, a lo largo de ambos laterales de calle. La profundidad radicular considerada es de 1 m. El riego se realizará por goteo, ya que con este método se localiza el agua en aquellas zonas donde interesa, esto es, junto a las raíces de los árboles, sin tener que regar así toda la superficie y ahorrando agua.

El coeficiente medio de cultivo para el arbolado ornamental previsto para la calle es de 0,7. Dicho coeficiente, en función de las necesidades de desarrollo de los árboles, se mayor en un 10 % en los meses de mayo, junio, julio y agosto:

MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
0,70	0,70	0,77	0,77	0,77	0,77	0,70	0,70	0,70

Cuadro nº 2.- Coeficientes de cultivo mensuales del arbolado ornamental adulto.

Así las ETc diarias para el arbolado se obtendrán como:

$$ETc = ET0 \times Kc$$

Donde ET0 es la evapotranspiración diaria (mm./día) y Kc es el coeficiente de cultivo, resultando los siguientes valores de evapotranspiración de cultivo:

MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
0,91	1,33	2,29	2,66	3,27	3,00	1,93	1,26	0,68

Cuadro nº 3.- Evapotranspiración de cultivo diaria por meses de de los árboles ornamentales en la calle (mm/día).

A estas ETc se le aplican los factores de corrección por condiciones locales y por efecto de la localización del riego para obtener la evapotranspiración del cultivo en riego localizado (ETr l).

a) Para la corrección por efecto de la localización hay que hallar la fracción de área sombreada (A), como:

$$A = \frac{\pi \times r^2}{6 \times 6}$$

Donde r es el radio de la copa del árbol, que se estima igual a 2,5 m, con lo que A valdrá: A = 0,54

El coeficiente de corrección por localización (KI) se puede calcular por diversos autores:

- Según Aljibury et al. KI = 1,34 x A, en este caso vale 0,73.
- Por Decroix KI = 0,1 x A, que valdría 0,64.
- Según Hoare et al. KI = A x 0,5 x (1-A), cuyo valor es 0,77.
- Por Keller KI = A x 0,15 x (1-A), que valdría 0,61.

El valor medio de KI es 0,68. Si se eliminan los extremos, el valor medio de los otros dos es 0,625, con lo que se adoptará el valor más alto de los dos:

$$KI = 0,68$$

b) Para la corrección por condiciones locales hay que considerar dos efectos:

- El coeficiente que introduce el efecto de advección (Kad) se calcula por una gráfica en la que se entra con el tamaño de la parcela y con el tipo de cultivo, en nuestro caso una alineación de 26 árboles. El valor de Kad así obtenido es 0,98.
- El efecto de variación climática se introduce con el coeficiente de mayoración Kv, que trata de mayorar las ETc calculadas con temperaturas medias. El valor adoptado para este es 1,2.

Con estos coeficientes correctores la ETrl se calcula como:

$$ETrl = ETc \times KI \times Kad \times Kv$$

Cuyos valores diarios por mes son:

MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
0,73	1,06	1,83	2,12	2,62	2,40	1,54	1,01	0,54

Cuadro n° 4.- Evapotranspiración de cultivo diaria por meses en riego localizado de los árboles ornamentales en la calle (mm/día).

Siendo el valor total mensual medio (multiplicando el valor diario por los días del mes):

MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
22,56	31,91	56,69	63,73	81,13	74,44	46,18	31,24	16,29

Cuadro n° 5.- Evapotranspiración de cultivo mensual en riego localizado de los árboles ornamentales en la calle (mm/mes).

4.3.- CÁLCULO DE LAS NECESIDADES NETAS DE LOS ÁRBOLES

Las necesidades netas del cultivo se calcularán como:

Donde:

$$Nn = ETrl - Pe - Gw - \Delta w$$

- a) -Pe es la precipitación efectiva, que es nivel de precipitación probable (esto es, la precipitación que tiene una probabilidad de repetirse o de superarse del 75% , o 3 de cada 4 años) que queda en el entorno de la rizosfera de la planta. Una forma de obtenerla es por tablas1 en las que se entra con la ETc (en este caso con la ETrl ya corregida) mensual media y la precipitación mensual media. Los valores de esta precipitación mensual media son:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
285,40	258,10	183,00	154,60	137,70	75,50	38,60	31,20	112,30	203,00	203,50	269,50

Cuadro n° 6.- Precipitación mensual media (o lluvias mensuales medias) en la estación meteorológica de Peinador (mm/mes).

Con estos valores y los del cuadro n° 15 (interpolando tanto para las lluvias medias como para las evapotranspiraciones) se obtienen los datos de Pe.

MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
La precipitación es mucho mayor que la ETrl, con lo que no es necesario riego y no se considera Pe.			54,91	27,81	34,5	La precipitación es mucho mayor que la ETrl, con lo que no es necesario riego y no se considera Pe.		

Cuadro n° 7.- Precipitación efectiva mensual a considerar para los árboles ornamentales de la calle (mm/mes).

- b) Gw es el aporte por ascensión capilar desde la capa freática, que en esta parcela está lo suficientemente profunda como para considerarlo cero.

- c) Δw es la variación de almacenamiento de agua en el suelo. El riego por goteo es un riego de alta frecuencia que enseguida repone el agua extraída por el cultivo, con lo que Δw se considera también 0.

Por todo ello las necesidades netas para el caso del árbol se pueden expresar como:

$$N_n = E_{TrI} - P_e$$

Siendo dichas necesidades mes a mes las siguientes:

JUNIO	JULIO	AGOSTO
8,82	53,32	39,94

Cuadro n° 8.- Necesidades netas mensuales de los árboles ornamentales en la calle (mm/mes).

El mes punta o de máximas necesidades es Julio. Las necesidades de este mes, 53,32 mm/mes, serán las que se utilicen para el cálculo del n° de goteros por planta, que luego será la base de la programación del riego y del dimensionamiento hidráulico de la instalación.

También se pueden expresar como necesidades totales diarias sin más que dividir por el n° de días de cada mes; por ejemplo, para Julio (mes punta):

Para los demás meses son:

$$\frac{N_t}{31\text{días}} = 1,72\text{mm} / \text{día}$$

JUNIO	JULIO	AGOSTO
0,28	1,72	1,29

Cuadro n° 9.- Necesidades totales diarias por mes de los árboles ornamentales en la calle (mm/día).

O como necesidades diarias por árbol, considerando que cada uno ocupa una superficie de 6 x 6 m² y que 1 mm es lo mismo que 1 l/m²; por ejmplo, para Julio:

$$1,72 \text{ l/m}^2\text{día} \times (6 \times 6) \text{ m}^2/\text{árbol} = 61,92 \text{ l/árbol y día.}$$

Para los demás meses son:

JUNIO	JULIO	AGOSTO
10,24	61,92	46,38

Cuadro n° 10.- Necesidades totales por árbol ornamental plantado en la calle (l/árbol).

5. - PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

En este punto se procederá al cálculo teórico de parámetros del riego como el caudal del gotero, el n° de goteros, el intervalo entre riegos, la dosis y la frecuencia. Para ello se utilizará el método de cálculo por tablas², ya que no se dispone de una prueba de campo en la propia parcela de la que poder utilizar los datos.

Los datos de que partimos son:

- a) Necesidades totales por árbol del mes punta (N_t) = 61,92 l/árbol y día.
- b) Superficie ocupada por cada árbol (S_p) = 36 m².
- c) Porcentaje de superficie mojada (p) = 20% (se toma el valor mínimo para climas húmedos).
- d) Caudal medio por emisor (q_a) = 2,2 l/h (se preestablece este dato en función del tipo de gotero que se pretende utilizar).
- e) Profundidad radicular (p_r) = 1 m.
- f) Textura = entre media y pesada (era franco-arcillosa).
- g) Grado de estratificación = entre homogéneo y estratificado.

Con la profundidad radicular, la textura y el grado de estratificación, por tablas, obtenemos el diámetro mojado por un emisor (d_e) que eche 2,2 l/h. Interpolando se obtiene:

$$d_e = 2 \times r = 1,5096 \text{ m.}$$

Con lo que el radio del bulbo húmedo (r) valdrá:

$$r = 0,7548 \text{ m.}$$

Y el área mojada por cada emisor (A_e) será:

$$A_e = \pi \times r^2 = 1,79 \text{ m}^2.$$

El n° de emisores (e) se calcula como⁴:

$$e = \frac{S_p \times p}{100 \times A_e} = 4 \text{ emisores.}$$

Se instalarán 4 emisores por árbol. Así el caudal recibido por cada árbol será $4 \times 2,2 = 8,8$ l/h. El intervalo entre riegos

(I) se puede establecer entre varios valores: 1, 2, 3 o 4 días. La dosis (D) y la duración del riego (t) se calcula como:

$$D = Nt \times I. (l./\text{árbol})$$

$$t = \frac{D}{9,6} \text{ (horas / árbol)}$$

Con lo que para cada mes y para cada intervalo de riego, la dosis y la duración del riego serán:

MES	I (días)	DOSIS (l/árbol)	DURACIÓN DEL RIEGO (horas)
JUNIO	1	10,24	1,16
	2	20,49	2,33
	3	30,73	3,49
	4	40,97	4,66
JULIO	1	61,92	7,04
	2	123,84	14,07
	3	185,76	21,11
	4	247,68	28,15
AGOSTO	1	46,38	5,27
	2	92,76	10,54
	3	139,15	15,81
	4	185,53	21,08

Cuadro n° 11.- Dosis y duración teóricos del riego por goteo para la plantación de los árboles ornamentales de la calle, en función del mes y del intervalo entre riegos.

Considerando que no se debe de regar más de 20 horas al día, si fijará el criterio teórico de tener en todos los meses el mismo intervalo entre riegos. Considerando lo anterior, el intervalo de 4 y 3 días no cumple en el mes punta. A la vista de los datos teóricos, lo más razonable es que el intervalo teórico entre riegos sea de un día, con lo que la programación teórica del riego en los tres meses en los que es necesario quedará como sigue:

MES	Intervalo entre riegos (días)	Dosis (l/árbol)	Duración del riego (horas)
JUNIO	1	10,24	1,16
JULIO	1	61,92	7,04
AGOSTO	1	46,38	5,27

Cuadro n° 12.- Programación teórica del riego por goteo para los árboles ornamentales en función del mes y del intervalo entre riegos.

Esta programación teórica es orientativa y las necesidades puntuales de riego se determinarán en función de las observaciones realizados por los técnicos de mantenimiento de los espacios verdes. En todo caso, los valores teóricos señalados servirán de base para el diseño de la instalación de riego y para su posterior cálculo hidráulico.

6. - DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

6.1.- MATERIAL UTILIZADO

Las características del gotero son:

- Caudal: 2,2 l/h.
- Presión de funcionamiento para arrojar ese caudal: 0,8 a 4,0 kg/cm²
- Filtración necesaria: 125 micras.

Los goteros se dispondrán en una tubería, en forma de anillo alrededor de cada árbol, en el que se integrarán a razón de cuatro por anillo o árbol.

Para la terciaria se utilizarán tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD.) y de presión nominal 10 kg./cm².

6.2.- PROCESO DE CÁLCULO A SEGUIR EN LA TERCIARIA

Los pasos a seguir en el cálculo hidráulico de las terciarias que suministran a los anillos de riego por goteo que rodean a cada árbol ornamental de la calle, se podrían resumir en los siguientes puntos:

A.- Elección del anillo de riego más desfavorable.

Elección del anillo de riego que, se supone, se localiza en el punto más desfavorable de todo el bloque o terciaria. Este punto (el anillo de riego en el situado) tendrá que funcionar a la presión nominal, que en nuestro caso vale 4,0 kg./cm² ó 40 metros de columna de agua (m.c.a.), y todos los demás estarán a una presión mayor.

B.- Criterio de uniformidad.

Se aplica el criterio de uniformidad entre el anillo de riego más desfavorable y el punto que suponemos más favorable, considerando que la pendiente entre el inicio y el final de la misma (a lo largo de la calle) es despreciable. En este caso el punto más favorable, en cuanto a presión, está siempre al inicio de la terciaria. El criterio de uniformidad nos da la presión que se puede perder (tanto por rozamiento en las tuberías como por cota) entre estos dos puntos para conseguir un riego uniforme del bloque de riego. La expresión de este criterio es:

$$\Delta h = 0,2 \times P_n$$

Donde:

- Δh es la diferencia máxima de presión entre el punto supuesto más favorable y el punto supuesto más desfavorable (la pérdida de carga disponible para todo el bloque).
- P_n es la presión nominal de funcionamiento del gotero elegido.

Que quiere decir, que la pérdida de carga que puede haber entre estos dos puntos, para que el bloque se riegue uniformemente, es el 20 % de la presión nominal de funcionamiento de los goteros utilizados.

C.- Cálculo de la terciaria.

Para dimensionar la terciaria, ésta a de cumplir que las pérdidas de carga por rozamiento que en ella se producen, Δz , más la diferencia de cota (que será positiva cuando la terciaria desciende y negativa cuando la terciaria asciende) desde el supuesto punto más favorable (en este caso siempre al inicio de la misma) y el inicio del grupo de goteros supuesto punto de mínima presión, deben de ser menores que Δh (lo que se puede perder en todo el bloque por el criterio de uniformidad). Para ello se le da un determinado diámetro comercial a la terciaria y se calculan las pérdidas de carga con dicho diámetro utilizando una fórmula monomía.

Podría darse el caso en que, con un solo diámetro, no se consigan ajustar todas las pérdidas de carga existentes, para lo cual sería necesario hacer uno o varios cambios de diámetro en la terciaria. Sin embargo, en la práctica, por simplificar el montaje, teniendo en cuenta las características puntuales de esta instalación, en este caso en que el ahorro de caudal no sería apreciable, se propone emplear, para toda la terciaria, una sección de tubería única.

G.- Comprobación de velocidad y régimen en la terciaria.

Una vez determinado el diámetro de la terciaria, se comprueba en ésta también la velocidad, que debe ser siempre menor de 2 m/s.

6.3.- EXPOSICIÓN DEL CÁLCULO PARA LOS BLOQUES DE RIEGO POR GOTEO

6.3.1.- Características de los bloques de riego por goteo

Las características de dicho bloque, en cuanto a disposición de terciaria y ramales, aparecen recogidas en el plano de planta correspondiente.

En cuanto a longitudes de tubería y caudales que conducen, éstos aparecen en la siguiente tabla:

Tramo de terciaria	Longitud (m)	Árboles	Goteros	Q (l/h)	Q (m3/s)
Tramo 1D	35,8	4	16	35,2	9,7778E-06
Tramo 1I	39,2	4	16	35,2	9,7778E-06

6.3.2.- Cálculo de la terciaria

Para el cálculo de la terciaria partimos de que disponemos del siguiente margen de pérdida de carga:

$$30 \text{ m.c.a.} \times 0,2 = 6,00 \text{ m.c.a.}$$

Para dimensionar esta terciaria no se dispone de un factor de reducción F de Christiansen (empleados para calcular las pérdidas de carga en tuberías con salidas discretas de caudal, esto es, salidas de caudal constante y siempre a la misma distancia), ya que no es un bloque cuadrado ni rectangular, ni un F de Paco, ya que tampoco es un bloque trapezoidal ni triangular puro. Por todo ello la terciaria se calcula tramo a tramo.

En la siguiente tabla se muestran para el diámetros comerciales 25 mm y para cada uno de los tramos, los siguientes valores calculados:

- La pérdida de carga por rozamiento en las tuberías (Δh), calculada con la ecuación de Blasius, indicada para el régimen turbulento liso (para un n.º de Reynolds de: 4.000 Re 100.000), esto es, para la zona de ábaco de Moody de tubería lisa. Dicha ecuación tiene la forma:

$$\Delta h = \frac{0,0008}{D^{4,75}} \times L \times Q^{1,75}$$

Donde:

Δh son las pérdidas de carga en metros.

D es el diámetro interior de la tubería en metros. L es la longitud de la tubería, también en metros.

Q es el caudal que circula por la tubería en m³/s.

El valor de las pérdidas de carga dado por esta ecuación se mayor en un 15 % para considerar las pérdidas por singularidades en la tubería (acoples, codos, reducciones, etc.), resultando la expresión:

$$\Delta h = 1,15 \times \frac{0,0008}{D^{4,75}} \times L \times Q^{1,75} \quad (\text{ec. 1})$$

La comprobación de velocidades y de regímenes en los ramales. Se comprueba la velocidad a que circula el agua por el ramal mediante la expresión:

$$V = \frac{Q}{S_{\text{int}}} \quad (\text{ec. 2})$$

Donde: Q es el caudal en m³/s, S_{int} es la sección interior de la tubería en m² y V es la velocidad en m/s. Como la sección se calcula como:

$$S_{\text{int}} = \pi \times r^2 = \pi \times \frac{d^2}{4}$$

Sustituyendo este valor en la ec. 2, resulta la siguiente expresión para el cálculo de la velocidad:

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi \times d^2}{4}} \quad (\text{ec. 3})$$

Donde el denominador (Q) está en m³/s y numerador en m².

Se comprueba ahora el régimen, calculando, respectivamente, la relación ε/d (siendo el valor de $\varepsilon=0,0002$ cm para P.E. y poniendo el diámetro también en cm para que la relación resulte adimensional) y el n° de Reynolds (Re) con la expresión:

$$Re = \frac{V \times d}{\nu} \quad (\text{ec. 4})$$

Donde V es la velocidad en m/s, d es el diámetro interior en metros y μ es la viscosidad cinemática del agua, que para una temperatura de 150 °C toma un valor de $1,14 \times 10^{-6}$ m²/s (el n° Re resulta así adimensional).

Tramo de terciaria	Øext (mm)	Ø int (mm)	Δh (m.c.a.)	V (m/s)	Re	ε/d
Tramo 1D	25	21	0,0052	0,0282	520	0,000095
Tramo 1I	25	21	0,0057	0,0282	520	0,000095

6.3.3.- Resumen de los bloques de riego

Los anillos de riego que rodean cada árbol tendrán las siguientes características:

- Gotero con un caudal de 2,2 l/h, una presión de funcionamiento (para arrojar ese caudal) de 3,0 kg/cm² (30 m de columna de agua) y una filtración necesaria de 125 micras.
- Los goteros se dispondrán en una tubería de diámetro exterior 16 mm., en forma de anillo alrededor de cada árbol, en el que se integrarán a razón de cuatro por anillo o árbol.

Las terciarias que conducen el agua hasta los anillos de riego serán de polietileno de alta densidad, de diámetro exterior 25 mm y presión nominal 10 kg./cm².