

# **ANEJO 4**

## **DISEÑO AGRONÓMICO**

## INDICE

1.	Introducción.....	3
2.	Cálculo de las necesidades para grama.....	3
	Cálculo de las necesidades de agua.....	4
	- Cálculo de evapotranspiración:.....	4
	- Necesidades de agua.....	5
	- Necesidades reales de Riego (Nr).....	6
	- Duración del riego.....	7
3.	Cálculo de las necesidades para setos.....	9
	- Cálculo de necesidades para cipreses.....	9
	- Cálculo de necesidades para boj.....	12
4.	Cálculo para resto de individuos y sectores.....	14
	- Cálculo de necesidades para Sector 1.....	14
	- Cálculo de necesidades para Sector 2.....	17
	- Cálculo de necesidades para Bauhinia.....	18
	- Cálculo de necesidades para Echium.....	20

## 1. Introducción.

En el siguiente anejo se establecerá las necesidades hídricas del jardín, para garantizar un adecuado suministro de agua a las plantas y asegurar su vida útil.

Para el cálculo de las conducciones se tiene que tener en cuenta el caudal máximo requerido por el césped en el mes de máximas necesidades y también para el resto de individuos de la parcela que necesiten riego, ya que un gran número de las especies son forestales y no necesitan riego en exceso, ya que sobreviven con las necesidades mínimas, prácticamente de sequía.

En este caso, el diseño corresponde al mes más desfavorable que es el de julio. A efectos del diseño solo se tiene en cuenta ese valor.

## 2. Cálculo de las necesidades para grama.

Para la realización de la cubierta vegetal en la zona este de la parcela se hará uso de la especie de grama *Cynodon dactylon*, la cual presenta muy buenas condiciones de adaptación a climas mediterráneos donde se presentan elevadas temperaturas y reducidas precipitaciones en los meses de verano.

*Datos climáticos de la parcela (Torrent):*

	T. Media (°C)	T. Max (°C)	T. Mínima (°C)	Precipitación (mm)	Pp efectiva	Et0 (mm)
Enero	10,7	22,4	0,2	29,8	14,4	49,4
Febrero	10,8	23,8	0,0	16,9	7,0	60,5
Marzo	12,8	27,2	2,3	60,7	32,1	84,0
Abril	15,3	29,7	5,1	37,9	19,0	104,7
Mayo	18,7	33,3	7,7	18,1	6,6	135,1
Junio	22,5	34,5	11,5	15,7	7,6	153,8
Julio	25,1	36,5	15,5	8,6	3,3	162,9
Agosto	25,2	36,6	16,1	20,3	10,1	139,9
Septiembre	22,4	34,9	13,1	49,3	25,5	105,4
Octubre	19,0	31,6	7,9	23,4	9,2	69,7
Noviembre	13,8	26,3	3,5	75,4	40,0	44,0
Diciembre	10,9	21,5	1,3	41,8	22,3	35,6

Los datos han sido extraídos de la base de datos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) mediante el Sistema de Información Agronómica para el Regadío (SiAR), y son una media del periodo comprendido entre los años 2011 y 2018.

La estación de la cual se han empleado los datos ha sido la Estación de Picassent, por ser la más cercana a la parcela de trabajo.

Los datos del dimensionado se basarán en el mes más desfavorable, en este caso, julio.

### Cálculo de las necesidades de agua.

#### - Cálculo de evapotranspiración:

Las necesidades de agua se estiman de forma similar que la evapotranspiración de los cultivos, adaptadas a los jardines, y hablamos de evapotranspiración del jardín.

Para calcular la evapotranspiración del jardín se multiplica la Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) por el denominado coeficiente de jardín.

Dicho coeficiente de jardín es una adaptación del Coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) a la jardinería, ya que en esta se trabaja con gran variedad de elementos que complican mucho el cálculo, y esta sería una manera de homogeneizar en gran medida las necesidades individuales y facilitar así los cálculos.

El coeficiente está compuesto por tres factores:

- La variedad de especies (K<sub>e</sub>)
- La densidad de la vegetación (K<sub>d</sub>)
- La variación en los microclimas(K<sub>m</sub>)

Que multiplicados entre si dan el coeficiente de jardín (K<sub>j</sub>).

$$K_j = K_e * K_d * K_m$$

Teniendo en cuenta los anterior, en el caso que se presenta, solo se tratará de regar una superficie compuesta por una variedad de grama en prácticamente su totalidad.

En estos casos el coeficiente de jardín toma el valor de 1.

- Necesidades de agua

Las necesidades netas de riego (NRn) se obtiene mediante el balance de agua a partir de la siguiente ecuación:

$$Nn = Kj * ETo - Pe$$

Siendo:

$Kj$  = Coeficiente de jardín

$ETo$  = Evapotranspiración de referencia

$Pe$  = Precipitación efectiva

Mientras que, si el valor de la  $Pe$  es inferior a 75mm en el mes más desfavorable, este valor se torna nulo.

Como  $Pp$  (julio) = 8.6 mm < 75mm →  $Pe = 0$

$$Nn = 1 * 162,9 \text{ mm} - 0 = \frac{162,9 \text{ mm}}{\text{mes}}$$

La Evotranspiración de cultivo ( $ETc$ ) se calcula mediante la multiplicación de la  $ETo$  y el coeficiente de cultivo de la especie con la que se trabaje.

En este caso, al trabajar con la especie de grama “*Cynodon dactilion*” conocido como Bermuda en castellano, se emplea una  $Kc$  comprendida entre los valores 0,75 y 0,85, por lo que se elegirá un valor medio de 0,8.

$$ETc = ETo * Kc$$

$$ETc = 162,9 * 0,8 = 130,3 \frac{\text{mm}}{\text{mes}}$$

Finalmente se busca una Evotranspiración de diseño ( $ETd$ ) teniendo en cuenta la cantidad de superficie que esté sombreada, aplicando la siguiente ecuación.

$$ETd = ETc * Kl$$

Siendo  $Kl$ :

$$Kl = A + 0,5 (1 - A)$$

Dónde:  $A$ : tanto por uno de superficie sombreada

En el caso de la parcela, se contará con una superficie de 1480m<sup>2</sup> de grama con la presencia de 6 pinos (*Pinus pinea*) con un área de sombra de copa en torno a los 30m<sup>2</sup>, por tanto:

$$\text{Área no sombreada} = 1480 - 6 * 30 = 1300\text{m}^2$$

$$A \text{ en tanto por uno: } \frac{1300}{1480} = 0,88$$

Por lo que:

$$ETd = 130,3 * (0,88 + 0,5(1 - 0,88)) = 122,48 = \frac{123\text{mm}}{\text{mes}}$$

- Necesidades reales de Riego (Nr)

Las necesidades reales de riego son superiores a las necesidades netas. Para el dimensionado de las conducciones se debe considerar las máximas necesidades que se producen en el mes de agosto, en las que habrá que considerar la eficacia del sistema de riego.

En el caso de riego por aspersión hay tres factores que componen la eficacia del riego:

- Eficiencia de aplicación: establece la relación entre la lámina neta almacenada en el suelo y disponible para la vegetación y aquella que se ha aplicado con el riego. Se estima un valor medio del 80%.
- Eficiencia en conducción: incluirá las pérdidas de aguas en las conducciones que pueden representar el 1%.
- Las pérdidas por evaporación y deriva del viento se estiman en el caso de riego por aspersión entre un 5 y 10 %. Tomamos como valor medio un 6%.

Considerando todos estos factores, se estimará una eficiente media de riego del 73%.

Por tanto, la obtención de la Nr se realizará de la siguiente manera:

$$Nr = \frac{Nn}{\text{Eficiencia de aplicación}} = \frac{162,9}{0,73} = 223,15 = 224 \frac{\text{mm}}{\text{mes}}$$

Características de los elementos y datos de riego.

Se tomará como ejemplo un tipo de aspersor comercial y se realizarán los cálculos para toda la instalación. En caso de querer emplear algún tipo de aspersor distinto sería necesario recalcular parte de los siguientes datos.

Aspersor de turbina RAIN BIRD 5004PLUS-PC 3.0.

- Caudal: 0,17 – 2,19 m<sup>3</sup>/h
- Presión de trabajo: 2-4,5 bar
- Alcance: 4,5 – 15,2 m
- Arco ajustable: 40-360°
- Altura de elevación: 10 cm

Características elegidas de funcionamiento teniendo en cuenta la presión disponible en la red de riego municipal.

Rendimiento de las boquillas Rain Curtain™ de ángulo estándar con PRS de la serie 5000						
Presión bares	Boquilla	Radio m	Caudal m <sup>3</sup> /h	Caudal l/m	Precip. mm/h	Precip. mm/h
2.0	1.5	10.2	0.28	4.8	5	6
	2.0	10.8	0.36	6.0	6	7
	2.5	10.9	0.44	7.2	7	9
	3.0	11.2	0.55	9.0	9	10
	4.0	11.6	0.71	12.0	11	12
	5.0	12.1	0.91	15.0	12	14
	6.0	12.4	1.05	17.4	14	16
	8.0	11.8	1.45	24.0	21	24

- Duración del riego

Teniendo en cuenta que el mes más desfavorable se trata de julio, se regará cada día para suministrar las necesidades diarias de riego.

Necesidades por día de riego: 224 mm / 31 días = 7,23 mm/día riego

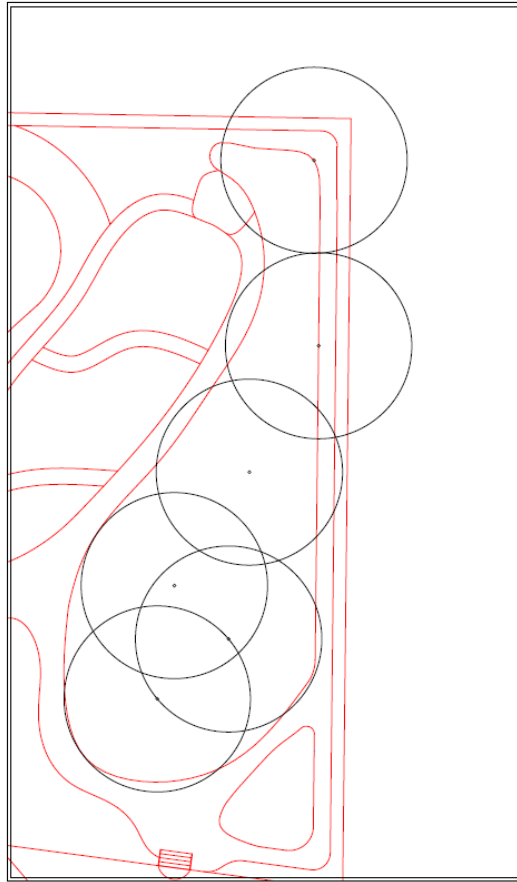
Se establecerá un tiempo de funcionamiento en cada aspersor para asegurar un correcto suministro de agua.

Duración de riego: Dosis de riego (mm) / Precipitación del aspersor (mm /h)

Duración de riego: 7,23 / 11 = 0,65 h = 39,4 minutos

Proyecto de parque público San Pascual  
ANEJO 4 – DISEÑO AGRONÓMICO

En la siguiente imagen (*Imagen 1. Alcance de aspersores.*) se aprecia la disposición y alcance de los aspersores para una presión de trabajo de 2 bares con una boquilla de tamaño 4 con un radio de trabajo de 11,6 metros de longitud y un arco variable de entre 40 y 360°, el cual los operarios de jardinería deberán de adecuar a la zona a regar.



*Imagen 1. Alcance de aspersores.*



### 3. Cálculo de las necesidades para setos.

El riego en setos se realizará de manera profunda, lo que evitará que los tubos de riego sean visibles y resten naturalidad al conjunto del parque.

En el caso de que se produzcan roturas de tubos bajo tierra, el coste de cambio de estos será más elevado que un cambio de tubos en superficie, pero se busca una composición natural.

La parcela cuenta con 2 especies que se emplearon para la formación de setos.

En primer lugar, se encuentran los *Cupressus Sempervirens L.* que se busca que hagan pantalla en la zona Nor-Este de la parcela, por lo que tendrán una altura superior a los 2 metros.

En segundo lugar, se encuentran los *Buxus sempervirens L.*, los cuales se emplearán como seto en pared con una altura cercana al medio metro.

#### - Cálculo de necesidades para cipreses.

Evapotranspiración de jardín:

$$K_j = K_e * K_d * K_{mc} = 0.5 * 1 * 1 = 0.5$$

Los siguientes datos son para arbustos de altura media, con densidad media y condiciones de microclima medios:

Ke: 0.5 / Kd: 1 / Km: 1

Necesidad neta de riego:

Como las precipitaciones son inferiores a los 75mm en el mes de julio se procede a descartar ese valor para el cálculo, por lo que se considera 0.

$$N_{nr} = 0.5 * 162,9 \text{ mm} - 0 = \frac{81.45 \text{ mm}}{\text{mes}}$$

Necesidades reales de riego:

Estas necesidades serán superiores a las netas debido a los coeficientes de rendimiento de los sistemas de riego, ya que estos al no ser perfectos tienen pérdidas que se consideran en el cálculo final.

Al trabajar con sistema de riego por goteo autocompensante se estima un rendimiento del mismo del 90%.

$$Nr = \frac{Nnr}{Eficiencia\ de\ aplicación} = \frac{81.45}{0.9} = 90.5 \frac{mm}{mes} = \frac{2.92mm}{día}$$

Marco de riego:

Se estima un marco de 1 x 1 para todos los laterales de setos, ya que se cuenta solo con una tubería lateral y una distancia entre individuos de 1m. Por lo tanto, la necesidad de riego por individuo coincide con el valor de la Necesidad de riego real antes calculada, con lo que se necesitaría un riego de 2.92 L/ individuo y día.

Frecuencia y tiempo de riego:

La frecuencia de riego en estos casos viene dada por la estación y por el tipo de suelo que presente la parcela. Lo que implica una frecuencia de riego de:

Frecuencia de riego para Cipreses	
Época	Cantidad (veces por mes)*
Primavera	2
Verano	6-8
Otoño	1
Invierno	0-1

\*La frecuencia de riego depende de las condiciones del mes, en el caso de sufrir meses de sequía muy intensa se tendría en cuenta el aumento de dichas frecuencias, siempre teniendo en cuenta que se está trabajando con una especie bastante resistente a la sequía y que puede presentar pudriciones en el caso de encontrarse con un riego muy elevado.

Como se necesita una cantidad de riego de 2,92L/ individuo y día se ha decidido emplear tubos de riego autocompensantes con un caudal de trabajo de 3L/h se procederá a calcular el tiempo necesario.

$$\text{Tiempo de riego (t)} = \frac{\text{necesidades por individuo}}{\text{caudal de riego de emisor}} = \frac{2.92}{3} = 58.4 \text{ minutos/día}$$

Cálculo del caudal:

Finalmente, se calcula el caudal necesario para abastecer a la red Lateral 1:

$$QL1 \left( \frac{L}{\text{día}} \right) = \text{Necesidad por individuo} * \text{cantidad de individuo}$$

$$QL1 \left( \frac{L}{\text{día}} \right) = 2.92 \text{ L} * 42 = 122.64L$$

Y para la red Lateral 2:

$$QL2 \left( \frac{L}{\text{día}} \right) = 2.92 \text{ L} * 64 = 186.88L$$

- Cálculo de necesidades para boj.

Evapotranspiración de jardín:

$$K_j = K_e * K_d * K_{mc} = 0.2 * 1 * 1 = 0.2$$

Los siguientes datos son para arbustos de altura baja, con densidad media y condiciones de microclima medios:

Ke: 0.2 / Kd: 1 / Kmc: 1

Necesidad neta de riego:

Como las precipitaciones son inferiores a los 75mm en el mes de julio se procede a descartar ese valor para el cálculo, por lo que se considera 0.

$$N_{nr} = 0.2 * 162,9 \text{ mm} - 0 = \frac{32.58 \text{ mm}}{\text{mes}}$$

Necesidades reales de riego:

Estas necesidades serán superiores a las netas debido a los coeficientes de rendimiento de los sistemas de riego, ya que estos al no ser perfectos tienen pérdidas que se consideran en el cálculo final.

Al trabajar con sistema de riego por goteo autocompensante se estima un rendimiento del mismo del 90%.

$$N_r = \frac{N_{nr}}{\text{Eficiencia de aplicación}} = \frac{32.58}{0.9} = 36.2 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} = \frac{1.21 \text{ mm}}{\text{día}}$$

Marco de riego:

Se estima un marco de 1 x 0.5 para todos los laterales de setos, ya que se cuenta solo con una tubería lateral y una distancia entre individuos de 1m. Por lo tanto, la necesidad de riego por individuo será calculada como:

$$\text{Necesidad de riego (individuo)} = N_r * \text{marco} = 1.21 * 0.5 = 0.6 \frac{\text{mm}}{\text{individuo}} \text{ y día}$$

Tiempo de riego y caudal

$$\text{Tiempo de riego (t)} = \frac{\text{necesidades por individuo}}{\text{caudal de riego de emisor}} = \frac{0.6}{3} = 12 \text{ minutos/día}$$

Cálculo del caudal:

Finalmente, se calcula el caudal necesario para abastecer a la red Lateral 4:

$$QL4 \left( \frac{L}{día} \right) = \text{Necesidad por individuo} * \text{cantidad de individuo}$$

$$QL4 \left( \frac{L}{día} \right) = 0.6 L * 33 = 19.8 L$$

Y para la red Lateral 5:

$$QL5 \left( \frac{L}{día} \right) = 0.6 L * 37 = 22.2 L$$

#### 4. Cálculo para resto de individuos y sectores.

- Cálculo de necesidades para Sector 1.

##### Evapotranspiración de jardín:

$$K_j = K_e * K_d * K_{mc} = 0.5 * 1 * 1 = 0.5$$

Los siguientes datos son para arbustos de altura media, con densidad media y condiciones de microclima medios:

Ke: 0.5 / Kd: 1 / Kmc: 1

##### Necesidad neta de riego:

Como las precipitaciones son inferiores a los 75mm en el mes de julio se procede a descartar ese valor para el cálculo, por lo que se considera 0.

$$N_{nr} = 0.5 * 162,9 \text{ mm} - 0 = \frac{81.45 \text{ mm}}{\text{mes}}$$

##### Necesidades reales de riego:

Estas necesidades serán superiores a las netas debido a los coeficientes de rendimiento de los sistemas de riego, ya que estos al no ser perfectos tienen pérdidas que se consideran en el cálculo final.

Al trabajar con sistema de riego por goteo autocompensante se estima un rendimiento del mismo del 90%.

$$N_r = \frac{N_{nr}}{\text{Eficiencia de aplicación}} = \frac{81.45}{0.9} = 90.5 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} = \frac{2.92 \text{ mm}}{\text{día}}$$

##### Marco de riego:

No se puede estimar un marco de plantación ya que al tratarse de una colocación de individuos buscando la naturalidad se debe considerar la colocación al tresbolillo, y los cálculos se realizan eligiendo las necesidades de la especie más desfavorable en cuanto a necesidad hídrica.



Por lo tanto, la necesidad de riego por individuo será la misma que la Nr, ya que los individuos tienen un área cercana al metro cuadrado,

Tiempo de riego y caudal

$$\text{Tiempo de riego (t)} = \frac{\text{necesidades por individuo}}{\text{caudal de riego de emisor}} = \frac{2.92}{3} = 58 \text{ minutos/día}$$

Cálculo del caudal:

Finalmente, se calcula el caudal necesario para abastecer al sector1:

$$QS1 \left( \frac{L}{\text{día}} \right) = \text{Necesidad por individuo} * \text{cantidad de individuo}$$

$$QS1 \left( \frac{L}{\text{día}} \right) = 2.92 L * 47 = 137.24 L$$



- Cálculo de necesidades para Sector 2.

Se considerará unas necesidades de riego distintas ya que el tamaño de los individuos es mucho menor y la densidad mayor.

Factor de jardín

$$Kj = Ke * Kd * Kmc = 0.2 * 1 * 1 = 0.5$$

Los valores de los factores serán los debidos para unas especies consideradas como arbustos bajos, con densidad alta y microclima mediano.

$$Ke=0.2 / Kd= 1 / Kmc= 1$$

Necesidades netas

$$Nnr = 0.2 * 162,9 \text{ mm} - 0 = 32.58 \frac{\text{mm}}{\text{mes}}$$

Necesidades reales

$$Nr = \frac{Nnr}{\text{Eficiencia de aplicación}} = \frac{32.58}{0.9} = 36.2 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} = \frac{1.17 \text{ mm}}{\text{día}}$$

Al contar con 38 individuos el caudal sería:

$$QS2 \left( \frac{L}{\text{día}} \right) = 1.17 \text{ L} * 38 = 44.46 \text{ L}$$

- Cálculo de necesidades para Bauhinia.

Evapotranspiración de jardín:

$$Kj = Ke * Kd * Kmc = 0.5 * 0.5 * 1 = 0.25$$

Los siguientes datos son para arboles de altura media, con densidad baja y condiciones de microclima medios:

Ke: 0.5 / Kd: 0.5 / Km: 1

Necesidad neta de riego:

Como las precipitaciones son inferiores a los 75mm en el mes de julio se procede a descartar ese valor para el cálculo, por lo que se considera 0.

$$Nnr = 0.25 * 162,9 \text{ mm} - 0 = \frac{31.73 \text{ mm}}{\text{mes}}$$

Necesidades reales de riego:

Al trabajar con sistema de riego por goteo se estima un rendimiento del mismo del 90%.

$$Nr = \frac{Nnr}{\text{Eficiencia de aplicación}} = \frac{31.73}{0.9} = 35.25 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} = \frac{1.14 \text{ mm}}{\text{día}}$$

Al contar con un lateral de riego que tiene que abastecer a 5 árboles de tamaño mediano, se ha elegido implantar 2 goteros por árbol, por lo que sumarían un total de 10 goteros con un caudal de trabajo de 3L/h, lo que se traduciría como:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de riego (t)} &= \frac{\text{necesidades por individuo}}{\text{caudal de riego de emisor} * \text{nº emisores}} = \frac{1.14}{3 * 2} \\ &= 11.4 \text{ minutos/día} \end{aligned}$$

Cálculo del caudal:

Finalmente, se calcula el caudal necesario para abastecer a la red Lateral 3:

$$QL3\left(\frac{L}{día}\right) = Necesidad\ por\ individuo * cantidad\ de\ individuo$$

$$QL3\left(\frac{L}{día}\right) = 2.92\ L * 5 = 14.6\ L$$

- Cálculo de necesidades para Echium .

Evapotranspiración de jardín:

$$K_j = K_e * K_d * K_{mc} = 0.5 * 1 * 1 = 0.5$$

Los siguientes datos son para arboles de altura media, con densidad baja y condiciones de microclima medios:

Ke: 0.5 / Kd: 1 / Km: 1

Necesidad neta de riego:

Como las precipitaciones son inferiores a los 75mm en el mes de julio se procede a descartar ese valor para el cálculo, por lo que se considera 0.

$$N_{nr} = 0.5 * 162,9 \text{ mm} - 0 = \frac{81.45 \text{ mm}}{\text{mes}}$$

Necesidades reales de riego:

Al trabajar con sistema de riego por goteo se estima un rendimiento del mismo del 90%.

$$N_r = \frac{N_{nr}}{\text{Eficiencia de aplicación}} = \frac{81.45}{0.9} = 90.5 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} = \frac{2.91 \text{ mm}}{\text{día}}$$

Al contar con solamente un lateral de riego se dispondrán goteros cada metro para abastecer las necesidades de cada individuo, mientras que estos estarán plantados cada 2m.

Al juntar este dato con el número de individuos, que son 10, sale un total de 20 goteros.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de riego (t)} &= \frac{\text{necesidades por individuo}}{\text{caudal de riego de emisor} * \text{nº emisores}} = \frac{2.91}{3 * 2} \\ &= 29.1 \text{ minutos/día} \end{aligned}$$

Cálculo del caudal:

Finalmente, se calcula el caudal necesario para abastecer a la red Lateral 6:

$$QL6\left(\frac{L}{\text{día}}\right) = \text{Necesidad por individuo} * \text{cantidad de individuo}$$

$$QL3\left(\frac{L}{\text{día}}\right) = 2.92 L * 10 = 29.2 L$$