

## **TEMA 9**

### **DISEÑO AGRONÓMICO**

**1 Introducción. 2 Datos de partida necesarios. 3. Dosis neta en período punta. 4 Porcentaje de suelo mojado. 5 Profundidad esperada de raíces. 6. Intervalo máximo y mínimo entre riegos. 7. Resultados de la prueba de campo. 8 Tanteos para obtener las condiciones adecuadas de diseño. 9. Disposición de laterales. 10. Límites de utilización del proyecto**

#### **1 Introducción.**

Es el primer paso a realizar de cara a proyectar una instalación de riego localizado ya que va a decidir sobre:

- ✓ Tipo de emisor: caudal y características hidráulicas.
- ✓ Número de emisores
- ✓ Disposición de ellos
- ✓ Duración del riego, etc.

Consiste en los cálculos previos al diseño hidráulico necesarios para que la instalación de riego pueda satisfacer adecuadamente las necesidades de agua del cultivo. Desde el punto de vista agronómico debe responder a los interrogantes cómo, cuánto y cuándo, es decir:

- ✓ ¿Cómo se debe aplicar el agua de riego?
- ✓ ¿Qué dosis de riego hay que aplicar?
- ✓ ¿Con qué frecuencia de riego?

Es por tanto, un componente fundamental en todo proyecto de riego, errores en este apartado inducirán a consecuencias graves. De modo, que de poco sirve afinar mucho en los cálculos hidráulicos o en la elección perfecta de automatismos si se parte de un diseño agronómico erróneo. Así, se podrían dar situaciones de:

- ✓ Salinización del suelo por falta de lavado.
- ✓ Insuficiencia en el volumen humedecido por instalar un número de emisores equivocado o emisor inadecuado, etc.

#### **2 Datos de partida necesarios**

- ✓ Dosis neta de riego en período punta
- ✓ Porcentaje de suelo mojado
- ✓ Profundidad esperada de raíces
- ✓ Intervalo máximo y mínimo que se desea
- ✓ Marco de plantación
- ✓ Resultados de la prueba de campo, indicando radio y profundidad mojados para diversos volúmenes de agua aplicados al suelo
- ✓ Necesidades de lavado.

### 3. Dosis neta en período punta

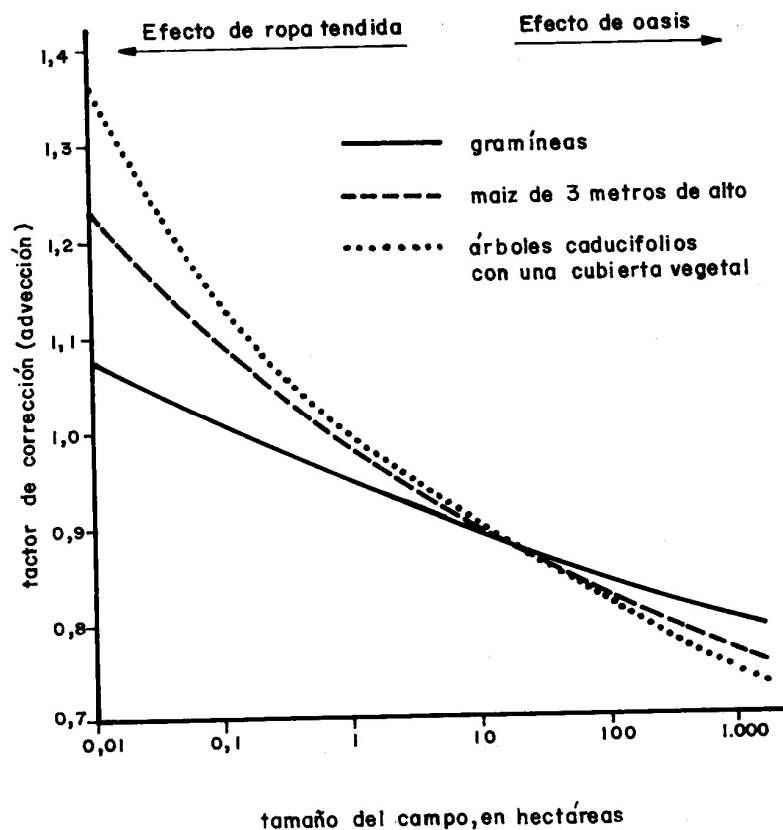
Para el diseño se trabajará con necesidades netas. Al aplicar las necesidades brutas se ensanchará el bulbo mojado y se estará del lado de la seguridad.

Habitualmente se expresarán en l/planta y día para plantaciones frutales y en mm/día para cultivos hortícolas.

$$\text{Necesidades netas de riego} = E_{Tc} \times k_r \times k_{vc} \times k_{ad} - P_e - AC - \Delta S$$

Cuando la  $E_{T0}$  utilizada en el cálculo equivale al valor medio de un período de años ésta debe mayorarse, es decir, multiplicarse por un coeficiente de variación climática ( $k_{vc}$ ), que según Hernández Abreu puede estar entre 1,15 y 1,20, ya que sino en la mitad de los años, teóricamente, el valor calculado sería insuficiente.

$k_{ad}$ : variación por advección. Este coeficiente depende del tamaño de la zona de regadío (Figura 1).



**Figura 1.** Factores de corrección de la ET(cultivo) determinados a partir de datos climáticos recopilados fuera o antes del proyecto de riego, en relación con distintos tamaños de campos de regadío, en condiciones áridas, calientes y de vientos moderados.

#### 4. Porcentaje de suelo mojado (P)

Orientativo: {  
**Frutales, en torno al 30 – 40%**  
**Cultivos herbáceos: 50 – 60% pudiendo llegar hasta el 70%.**

↑ P ⇒ {  
**Aumentan la seguridad del sistema (casos de averías o días de ↑ ET).**  
**Aumentan el coste de la instalación (más emisores, mayor Q, etc).**

#### 5. Profundidad esperada de raíces

Medidas 'in situ'.

Tablas orientativas existentes en la bibliografía o artículos que indican la profundidad radicular efectiva alcanzada por cultivos en regadío bajo unas condiciones de cultivo determinadas. Es necesario tener en cuenta las características diferenciales del patrón de enraizamiento de un determinado cultivo en función de la localización o no de los aportes hídricos.

#### 6. Intervalo máximo y mínimo entre riegos

Se suele diseñar para  $I = 1$ , como intervalo mínimo entre riegos, aunque cabe  $I < 1$ , lo que implica la necesidad de disponer de automatismos. A nivel orientativo se recogen en la tabla 1 los intervalos máximos según tipo de textura.

**Tabla 1.** Intervalos máximos entre riegos según el tipo de textura con fines de diseño

Textura	Intervalo máximo (días)
Ligera	3
Media	4
Pesada	5

#### 7. Resultados de la prueba de campo

Con la prueba de campo se pretende dilucidar en la medida de lo posible el comportamiento del agua en el suelo donde deberá funcionar la instalación.

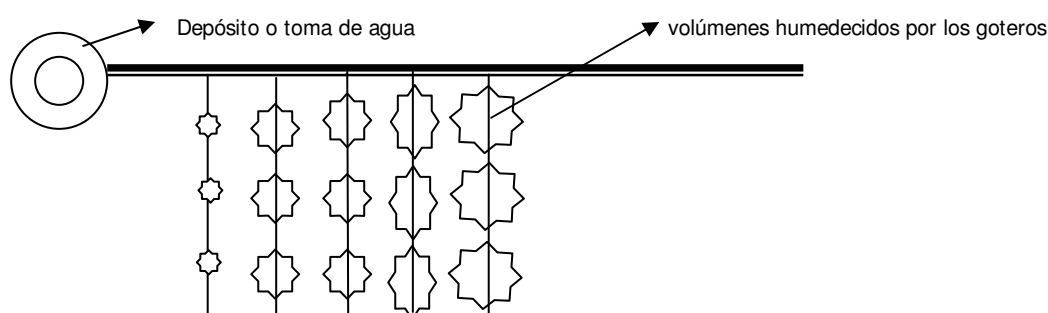
En teoría es el mejor procedimiento para conocer el área mojada por un emisor, aunque para efectos de diseño también se utilizan tablas o la experiencia local.

La prueba debe realizarse en las condiciones más parecidas posibles a las que se presenten posteriormente en el terreno.

Antes de proceder a su realización es conveniente tener una idea aproximada de las dosis de riego y del caudal de los emisores a utilizar.

Ej.: plantación arbórea,  $N_n = 120 \text{ l/árbol y día}$  //  $n^\circ \text{ emisores/árbol} = 4$  //  $q_e = 4 \text{ l/h} \Rightarrow (7.5 \text{ h} \times 4 \text{ l/h} \Rightarrow 30 \text{ l Ve})$

De este modo podemos aplicar de forma más directa volúmenes de agua por encima y por debajo del estimado, lo que facilita la elaboración de la tabla que recoge los resultados de la prueba. Es requisito la inexistencia de solapes entre los volúmenes mojados. Ambos aspectos se contemplarán en diseño de la instalación necesaria para la realización de la prueba (Figura 2).



**Figura 2.** Disposición de laterales y emisores para la realización de la prueba de campo

Se variará el tiempo de funcionamiento para obtener diferentes volúmenes aplicados dentro de cada lateral y se confeccionará una tabla como la que se muestra a continuación (Tabla 2) donde se recojan los resultados de las dimensiones de los volúmenes humedecidos, es decir, el radio y profundidad mojada para cada  $V_e$  aplicado.

**Tabla 2.** Datos de la prueba de campo a partir de un emisor de 2 l/h

$V_e$ (l)	$p$ (cm)	$r$ (cm)	$r/p$
2	28	23	0,82
5	42	33	0,79
8	65	50	0,77
12	88	68	0,77
16	114	87	0,76

## 8. Tanteos para obtener las condiciones adecuadas de diseño

### 1º Determinar el intervalo profundidad a mojar ( $I_{pm}$ )

Partiendo de la profundidad de raíces ( $Pr$ ), la profundidad mojada ( $Pm$ ) puede oscilar entre 0,9 y 1,2  $Pr$ . La profundidad mojada no deberá

superar a la profundidad radicular en más de un 10% o 20% para una buena eficiencia de aplicación.

### 2º Determinar el área mojada por un emisor (Ame)

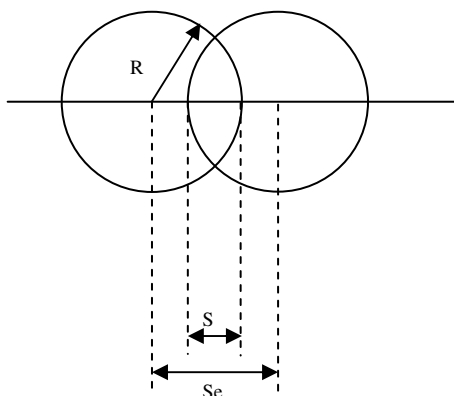
Se elegirá una profundidad a mojar dentro del intervalo anterior y se buscará en el cuadro de la prueba de campo a que radio del bulbo mojado (r) y a que volumen de agua aplicada Ve corresponde. Una vez conocido r se determina el área regada por el emisor (Ame) supuesta circular.

$$Ame = \pi r^2$$

Como consideraciones a tener en cuenta se pueden señalar: los solapes entre volúmenes mojados de emisores deben oscilar entre el 15-25%.

$$Se = s \cdot r/100 \Rightarrow Se = r(2-s/100)$$

El solape se define en forma de porcentaje respecto al radio del bulbo húmedo (Figura 3)



**Figura 3.** Representación del solape entre dos bulbos húmedos

### 3º Número mínimo de emisores necesarios

Teniendo en cuenta el porcentaje de suelo que se pretende mojar y el área mojada por un emisor, se puede determinar el número de emisores necesarios.

En plantaciones frutales:

$$e \text{ (emisores/planta)} = \frac{Mp \text{ (m}^2\text{/planta)} \times P \text{ (m}^2\text{/ m}^2\text{)}}{Ame \text{ (m}^2\text{/emisor)}}$$

En cultivos hortícolas:

$$e \text{ (emisores/m}^2\text{)} = \frac{P \text{ (m}^2\text{/ m}^2\text{)}}{Ame \text{ (m}^2\text{/emisor)}}$$

4º *Determinación del intervalo entre riegos. Se hará a partir de la ecuación de equilibrio:*

$$N \times I = Ve \times e$$

Siendo:

N: necesidades netas de riego (l/planta y día) o (mm/día)

I: intervalo entre riegos (días)

e: nº de emisores (e/planta) o (e/m<sup>2</sup>)

Ve: volumen de agua aplicado por un emisor en un riego (l/árbol)

El producto de los factores I x N nos dará la cantidad Q aplicada en un riego: Q = I x N

El factor N será conocido "a priori" e I se fijará también aunque es susceptible de modificación.

Una vez conocido el valor Q se debe comprobar que la instalación que se pretende realizar puede satisfacer esta condición, es decir, que el volumen aplicado por los emisores (Ve x e) coincide con el valor Q, siempre que se cumpla que:

$$P_m = (0,9 - 1,2) P_r$$

Puede suceder que,

$$N \times I = Ve \times e$$

$$N \times I \neq Ve \times e$$

Si se cumple la primera igualdad, el problema está resuelto. En caso contrario se procederá de la siguiente manera.

Suponiendo I fijo y desde luego N se verá si I > de lo previsto. En este caso y a la vista de la ecuación

$$I = \frac{Ve \times e}{N}$$

Se intentará modificar Ve x e disminuyendo uno o ambos factores. Ahora bien puede ocurrir:

-Si se disminuye e que no se cumpla la restricción de porcentaje de suelo mojado (P).

-Si se disminuye Ve que no se cumpla la restricción de suelo mojado ni la profundidad mojada. Si no se cumpliera la P<sub>m</sub> se puede hacer: Disminuir el caudal del emisor de modo que la relación r' / p' < r/p ⇒ Am' < Am. Habría que aumentar e para mantener Am.

Si I < de lo previsto

Se ha de incrementar Ve siempre dentro de los límites prefijados.

Se puede incrementar e, con el consiguiente encarecimiento de la instalación.

Finalmente y quizás lo más asequible en muchos casos sea el modificar I, manteniendo el resto de las condiciones.

## 9. Disposición de laterales

Los laterales se pueden colocar de múltiples y variadas formas (Figura 3).

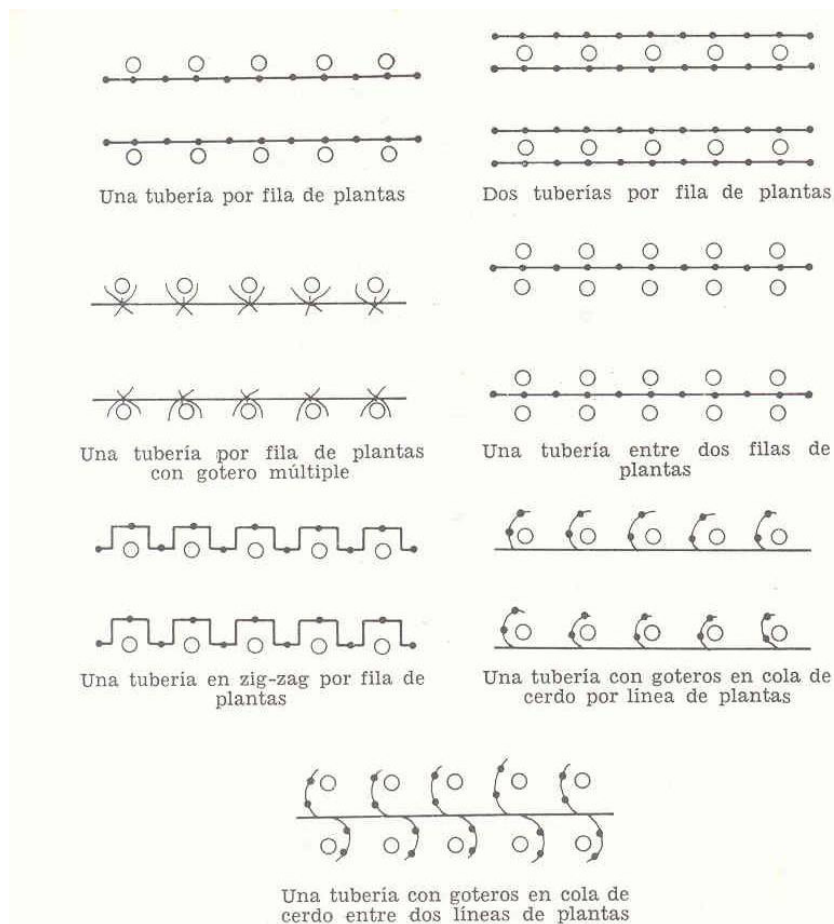
Las disposiciones más corrientes son:

- En simple y doble línea lateral
- En aros o anillos
- En zig-zag

No sólo debe adaptarse el diseño de laterales a las prácticas de cultivo, sino que a veces ligeras modificaciones en éstas abaratan considerablemente las instalaciones (modificación del marco de plantación respetando la densidad); ahora bien, puede suceder que los estadios iniciales de crecimiento puedan verse afectados seriamente.

Plantas que tardan varias horas o días en recibir agua.

Plantas que quedan en las zonas periféricas del bulbo donde más salinidad existe.



**Figura 4.** Disposición de los laterales y de los emisores en el lateral

## 10. Límites de utilización del proyecto

Tiempo de aplicación ( $t_a$ )

$$t_a = D_r / (e \cdot q_a)$$

Donde:  $D_r$  es la dosis total de riego por planta.  $e$  nº emisores/planta.  $q_a$  es el caudal nominal del emisor.

### Tiempo disponible de riego ( $t_d$ )

Se ha de fijar según las necesidades o preferencias del agricultor. Se aconseja elegir un máximo de 20 horas diarias en el período de máximas necesidades.

### Número de unidades operacionales de riego ( $N_{UOP}$ )

$$N_{UOP} = t_d / t_a \quad (1)$$

Habrá que redondear este valor.

Por lo tanto habrá que recalcular el tiempo de aplicación

$$t'_a = \frac{t_d}{N_{UOP}} \quad (2)$$

Caudal ajustado medio del emisor ( $q'_a$ )

$$q'_a = \frac{D_r}{e t'_a} \quad (3)$$

Se comparará con el caudal nominal del emisor ( $q_a$ ) de tal forma que:

Si  $\frac{|q'_a - q_a|}{q_a} < 0,1$  Se acepta el ajuste y se sigue el proceso de cálculo

Si  $\frac{|q'_a - q_a|}{q_a} > 0,1$  Habrá que replantear el proceso

### Soluciones

Adoptar el nuevo caudal  $q'_a$  y todo lo que ello conlleva

Nuevo diseño agronómico

Los posibles casos que pueden ocurrir son:

$q'_a > q_a$  habrá que disminuir  $q'_a$ . Teniendo en cuenta que  $q'_a = \frac{D_r}{e t'_a}$  habrá que  $\uparrow t'_a$  y para ello  $\uparrow t_d$  o  $\downarrow N_{UOP}$  según (2).

$q'_a < q_a$  habrá que aumentar  $q'_a$ , por tanto  $\downarrow t'_a$  y de (2) se deduce que  $\downarrow t_d$  o  $\uparrow N_{UOP}$

Lo más práctico es variar  $t_d$  con lo que se mantendría el  $N_{UOP}$  y posiblemente será lo que menos perturbación ocasionará, al ser  $t_d$  un valor arbitrario en gran parte de los casos.

### Caudal del sistema

$$Q_s = 10 \frac{A}{N_{UOP}} \frac{e \times q_a}{S_p \times S_l} \quad (m^3 h^{-1})$$



Donde:

A = superficie a regar en ha

$N_{UOP}$  = número de unidades operacionales de riego, suponiendo que todas sean iguales, en caso contrario se tomará la mayor

E = número de emisores planta

$q_a$  = caudal del emisor ( $l\ h^{-1}$ )

$S_p$  = separación entre plantas

$S_l$  = separación entre filas de plantas

### Bibliografía

- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. 1988. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riegos y Drenajes. 24. Ed. FAO. Roma. 194 pp.
- PIZARRO, F. 1996. *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación*. Ed. Mundi-Prensa. 514 pp.
- RODRIGO, J.; HERNÁNDEZ, J.M.; PÉREZ, A.; GONZÁLEZ, J.F.; 1997. *Riego localizado*. Ed. Mundi-Prensa, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 405 pp.