



# MAQUINAS DE RIEGO

ANGEL BERCERO BERCERO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y RIEGOS  
SECCION TECNICAS AGRARIAS

**MAQUINAS DE RIEGO GIRATORIAS Y DE TRASLACION**  
**ALGUNAS CONSIDERACIONES EN ESTE TIPO DE**  
**INSTALACIONES**



**INTRODUCCION:**

Se va a tratar exclusivamente de los sistemas de riego que aportan agua al suelo mientras se mueven los ramales de riego portadores de emisores (aspersores o difusores)

Los de movimiento giratorio se conocen vulgarmente como pivotes, y los de traslación con el nombre de máquinas laterales (Ranger).

Por la importancia que pueden tener este tipo de riegos, ya que en las zonas donde se instalan, representan una superficie considerable, se cree conveniente realizar algunas consideraciones para tener un criterio mejor a la hora de decidirse por una instalación de este tipo.

Debido al coste de instalación, estas máquinas son rentables a partir de una superficie mínima de riego

**FACTORES A TENER EN CUENTA PARA LA ELECCION DE LAS MAQUINAS DE RIEGO**

- a) Dimensión y forma geométrica de las parcelas
- b) Textura del suelo.
- c) Pendiente/s de las distintas zonas de la parcela/s.

a) Tomando como premisa que la dimensión de la superficie a regar debe superar un número mínimo de has., la forma geométrica es un factor condicionante de primera magnitud, tanto para la elección de pivote, máquina lateral u otro sistema.

En líneas generales, las parcelas alargadas son apropiadas para la máquina lateral, las casi-circulares o cuadradas para pivote, las irregulares para otros sistemas de riego.

b) La textura del suelo es otro factor importante para cualquier tipo de riego por aspersión, ya que condiciona en gran medida la permeabilidad.

La pluviometría de los sistemas de aspersión debe ser igual o inferior a la capacidad de infiltración del suelo, para evitar problemas de escorrentía.

En las máquinas de riego, la dosis aplicada está determinada por la pluviometría instantánea del sistema y por la velocidad de avance del ramal de riego.

Específicamente en los pivotes la pluviometría instantánea en las zonas más alejadas del centro debe ser elevada, con lo cual se suele superar la capacidad de infiltración del suelo, ocasionando escorrentía superficial.

c) Las distintas pendientes del terreno existentes en las fincas donde se instalan estos sistemas, nos puede condicionar seriamente un correcto diseño. No obstante existen maneras de solucionar, o al menos paliar, los problemas derivados de las pendientes en relación con la escorrentía, en función de la textura del suelo y de la presión disponible a la entrada de la máquina

A mayor pendiente, mayor posibilidad de escorrentia y menor infiltración del agua en el suelo. Si la pendiente es ascendente, mayores pérdidas de carga en la tubería de la máquina de riego.

Después de estos condicionantes de tipo general, veremos la forma de diseñar estas máquinas de riego.

### 3.- COMO DISEÑAR UN PIVOTE.

Igual que en cualquier sistema de riego, es preciso conocer de antemano las necesidades máximas de agua en el periodo punta y para los cultivos que se dan en ese lugar concreto. Esto presupone que se deben conocer las necesidades teóricas de riego en función de las condiciones climáticas de la estación meteorológica, más cercana.

Las necesidades máximas serán distintas en el centro del valle del Ebro con climas áridos y semi-áridos, donde hay una alta proporción de maíz y alfalfa, que en el Somontano, con climas más suaves, donde hay una mayor proporción de cereales de invierno.

No obstante, si queremos poder sembrar todo tipo de cultivos, debemos pensar en el de mayores necesidades de agua en el mes de mayor evaporación.

Por los datos que se disponen, se pueden considerar aceptables unas necesidades máximas diarias de 5-7 mm en el mes punta, según zonas.

Diseñando la máquina para este gasto de agua, tenemos la seguridad de poder atender cualquier cultivo en la época crítica.

En nuestras condiciones de clima y cultivos, según las necesidades máximas diarias, el caudal característico (l/sg /ha.) puede oscilar entre 0.8 y 1.3 l/sg./ha

El intervalo de este caudal característico, es fundamental determinarlo con exactitud, porque de lo contrario se pueden crear serios problemas a la hora de regar en los meses críticos, hasta tal punto de haber disminuciones importantes en las cosechas, por no haber suficiente agua para riego

En función de las necesidades máximas diarias en el mes de mayor consumo, debemos disponer de un caudal determinado

Una vez que sabemos el caudal que nos debe llegar a la finca, hay que procurar por todos los medios, que la distribución del agua sea uniforme en toda ella para que los rendimientos de los cultivos sean homogéneos.

### COMO CONSEGUIR LA DISTRIBUCION UNIFORME DEL AGUA EN UN PIVOTE.

Los pivotes tienen unas características muy específicas como el que longitudes iguales del ramal riegan distintas superficies de la finca o que la velocidad de avance de las torres sea distinta ya que cada una de ellas recorre un círculo de radio distinto.

Debido a estas características, el agua que cae en las proximidades del centro lo hará en mayor tiempo que la que cae en la parte exterior. La que cae en el extremo, lo tiene que hacer en un tiempo pequeño.

Para conseguir una dosis de riego uniforme en un pivote, es necesario que la pluviometría producida por el mismo, sea uniformemente variable, aumentando conforme nos alejamos del centro.

Por tanto si colocamos los aspersores o difusores (de ahora en adelante emisores) a una distancia igual uno de otro, cada uno deberá arrojar un caudal proporcional al área que riega y que es función del cuadrado del radio.

Por otra parte, es raro que una finca grande sea completamente llana y suelen tener pendientes variables en uno u otro sentido.

Al variar la altura geométrica de los emisores en función de la pendiente, debemos intercalar un regulador de presión entre la salida y emisor correspondiente para tener una presión uniforme en cada uno de ellos. De esta forma podemos prever el diámetro de cada una de las boquillas y así el caudal correspondiente.

Para asegurarnos de que a cada emisor le llegue presión suficiente, es necesario proyectar un diámetro de tubería adecuado, teniendo en cuenta el mayor desnivel ascendente del emisor más alejado de centro del pivote, para que al punto más desfavorable le llegue, al menos, la presión del trabajo que se haya previsto para los emisores.

Otro aspecto es la distancia entre emisores. Deben tener un solape al menos, igual al radio de alcance.

Hasta ahora hemos visto los conceptos básicos que debe cumplir la máquina para que se comporte bien desde el punto de vista hidráulico, pero lo que al agricultor le interesa, es que la máquina de riego se comporte bien desde el punto de vista del riego y aquí entran en juego otros aspectos de tipo agronómico, que podríamos englobar en las relaciones suelo-planta-agua.

Decíamos en un apartado anterior que la pendiente y la textura del suelo afectaban la permeabilidad. También decíamos que la aplicación del agua en la parte externa del pivote se realizaba en menor tiempo que en el centro del mismo. Por tanto, la pluviometría instantánea (mm/h) en la parte externa será más alta, y en muchos casos, bastante superior a la propia capacidad de infiltración de muchos de los suelos de Aragón. Esto presupone, que puede haber serios problemas de escorrentía y que es preciso evitar o al menos paliar.

Si tenemos estas consideraciones en cuenta, se deduce que los "SASOS" son los suelos ideales para este sistema de riego, si bien en tierras de permeabilidad baja a media, se pueden colocar los denominados "booms" o alargaderas transversales a la tubería principal del pivote, para que el agua que hubiera de salir por el emisor, salga por 3 ó 5 emisores y así se distribuya en una superficie mayor, bajando la pluviometría instantánea.

Otra forma de paliar el problema de la alta pluviometría instantánea es aplicar la técnica del 'bacheado' del terreno con un cultivador especial, donde el agua se recoge en las "pocetas" hechas al efecto con lo que se consigue que el agua quede recogida en la superficie del suelo y pueda infiltrar en el terreno.

En algún caso concreto, a pesar de proyectar un pivote bien calculado hidráulicamente, debido a la pendiente y a la textura del suelo, puede ser desaconsejable instalar este tipo de riego por los problemas de escorrentía en la parte exterior del mismo.

#### Ejemplo.

Pivote de 290 m. de radio de tubería compuesto por 6 torres de 45 m. cada una (270 m.), un alero de 20 m. más el alcance del último aspersor de 10 m. (total radio de riego 300 m.l.).

Si la velocidad máxima de avance de la última torre es de 100 m /hora y suponiendo que avanzase a su velocidad máxima, tardaría en dar una vuelta completa.

$$2 \pi R / 100 \text{ m./h.} \quad (R=270 \text{ m})$$

$$2 \cdot \pi \cdot 270 / 100 = 16.95 \text{ horas} = 17 \text{ horas.}$$

Si en una zona determinada, las necesidades máximas diarias son de 7 mm. (l/m<sup>2</sup>), deberá llegar un caudal a la entrada del pivote de  $\pi R^2 (m^2) \times E.T.c (m.m.) / h(\text{horas}) \times 3.600 \text{ sg}$

$$\pi \cdot 300 \cdot 300 \cdot 7 / 17 \times 3.600 = 32.4 \text{ l/sg /ha.} \quad (R=300) \text{ que equivale a } 32,4 \text{ l/sg} / 28,26 \text{ ha} = 1,14 \text{ l/sg/Ha}$$

(Area regada en Ha. =  $\pi \times R^2 / 10000$ )

Supongamos que colocamos aspersores que trabajando a 2.5 atm. de presión, tienen un radio de alcance de 12 m. (así lo dice el catálogo de la casa comercial), y una descarga (l/h.) en función del diámetro de la boquilla.

Conviene pues colocarlos a una distancia uno de otro de 12 m. máximo. Para mayor seguridad decidimos colocarlos cada 10 m.

Habr  que colocar:

$290/10 = 29 + 1$  aspersores =30 , ya que de instalar sólo 29, los 10 últimos metros del radio regado quedarían regados a la mitad de dosis.

El primero regará una superficie equivalente de  $-2 \text{ PI } 10 \times 10 = 200 \text{ PI. m}^2$ .

El segundo regará una superficie equivalente de  $-2 \text{ PI } 20 \times 10 = 400 \text{ PI. m}^2$ .

El vigésimo noveno regará una superficie equivalente de  $2 \text{ PI } 290 \times 10 = 5800 \text{ PI. m}^2$ .

El trigésimo, colocado a la par con el anterior le corresponde una superficie equivalente a la mitad del vigésimo noveno (sectorial)  $2 \text{ PI } 290 \times 10/2 = 2900 \text{ PI. m}^2$ .

POSICION	AREA A REGAR M <sup>2</sup>	HORAS RIEGO H	CAUDAL DEL ASPERSOR EN FUNCION DE LAS NECESIDADES MAXIMAS L/H
1	200 PI (628)	17	$628 \text{ } 7/17 = 258 \text{ } 5$
2	400 PI (1256)	17	$1256 \text{ } 7/17 = 517 \text{ } 2$
...	...	...	...
29	5800 PI (18212)	17	$18212 \text{ } 7/17 = 7500$
30	2900 PI (9106)	17	$9106 \text{ } 7/17 = 3750$

El diámetro de las boquillas de cada aspersor se puede calcular según una de las fórmulas siguientes:

$$Q(l/h) = \phi^2(25+14 P) \quad \phi = \text{diámetro de la boquilla en mm.}$$

$$Q(l/h) = \phi^2(7+34\sqrt{P}) \quad P = \text{presión en atmósferas.}$$

$$\phi_1^2 = 258 \text{ } 5 / (25+14 \cdot 2 \text{ } 5) = 258 \text{ } 5/60 = 4 \text{ } 3 \quad \phi_1 = 2 \text{ } 1 \text{ mm}$$

$$\phi_2^2 = 517 \text{ } 2/60 = 8 \text{ } 62 \quad \phi_2 = 2 \text{ } 91 \text{ mm}$$

$$\phi_{29}^2 = 7500/60 = 125 \quad \phi_{29} = 11 \text{ } 2 \text{ mm}$$

$$\phi_{30}^2 = 3750/60 = 62 \text{ } 5 \quad \phi_{30} = 7 \text{ } 9 \text{ mm}$$

Hemos visto que a la entrada del pivote llegan  $32 \text{ } 4 \text{ l/sg}$  Si empleamos la fórmula de Scobey para calcular la pérdida de carga debemos hallar primero la velocidad en m/sg

$$V_1 = Q \text{ (dm}^3\text{/sg)}/\text{Secc (dm}^2) = 32 \text{ } 4/3 \text{ } 14 \text{ } D^2 \text{ (dm.) } /10 \quad \text{m/sg}$$

La pérdida de carga hidráulica del primer tramo será,

$$J_1 = K/387 \times V^{1 \text{ } 9} \text{ (m/sg)}/D^{1 \text{ } 1} \text{ (m) m.c.a./m l}$$

Como la longitud son 10 m l

$$J_1 = 0 \text{ } 44 \times V^{1 \text{ } 9} / 387 \cdot D^{1 \text{ } 1} \text{ (m) } \times 10 \text{ m l}$$



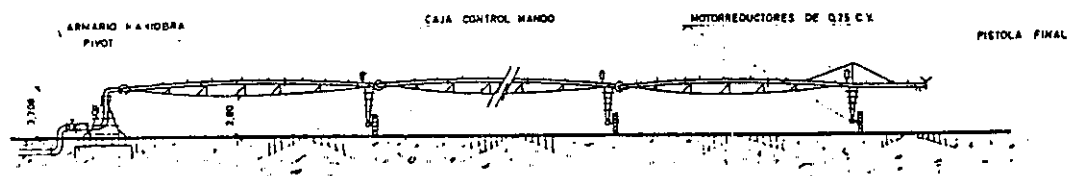
Cuando el agua sale por el primer aspersor que teóricamente son 258'5 l/h. en el segundo tramo e caudal que llevará será de 32'4 l/sg. (258'5/3600 l/sg.) tendrá otra velocidad y una pérdida de carga en función de la velocidad y consiguientemente del caudal. Así sucesivamente hasta el penúltimo aspersor, cuyo caudal son 7500/3600 litros/sg. y una velocidad en función de la sección de la tubería y consecuentemente una pérdida de carga que se calcula por la fórmula

Sumadas las pérdidas de carga de los 29 tramos, tenemos la pérdida de carga hidráulica total

Si suponemos un desnivel ascendente desde el centro del pivote hasta el último aspersor del 5% , en los 290 mts. de la tubería serán 14'5 m.c.a. de pérdida de presión por diferencia de cota.

Con tubería de 150 mm. existe una pérdida de carga hidráulica de 5 m.c.a., si a ésta le añadimos los 14'5 m.c.a. como la presión de funcionamiento de los aspersores es de 25 m.c.a. (2'5 atm.), la presión a la entrada del pivote deberá ser de  $19'5 + 25 = 44'5$  m.c.a., es decir 45 m.c.a. (4'5 atm.).

Si la disponibilidad de presión es menor, habrá que cambiar los aspersores por difusores, ya que pueden trabajar a menor presión (hasta 0'7 atm.) No obstante, los difusores tienen algún inconveniente, ya que al tener un radio de alcance menor, la pluviometría instantánea es superior que con los aspersores y habrá que extremar precauciones con la escorrentía cuando la textura y la pendiente del suelo sean desfavorables.



TIERRA PIVOTE INDEPENDIENTE

DETALLE MAQUINA DE RIEGO "PIVOTE"

#### COMO DISEÑAR UNA MAQUINA LATERAL (RANGER).

Igual que en el caso del pivote, se necesita conocer las necesidades máximas diarias en el mes punta, teniendo en cuenta los cultivos que predominen en la zona concreta.

Por otra parte, si la velocidad máxima teórica de avance es de 100 m/h, habrá que pensar que pueda hacer un recorrido completo de ida y vuelta en 16-18 horas, para tener un margen de seguridad por si hay alguna avería.

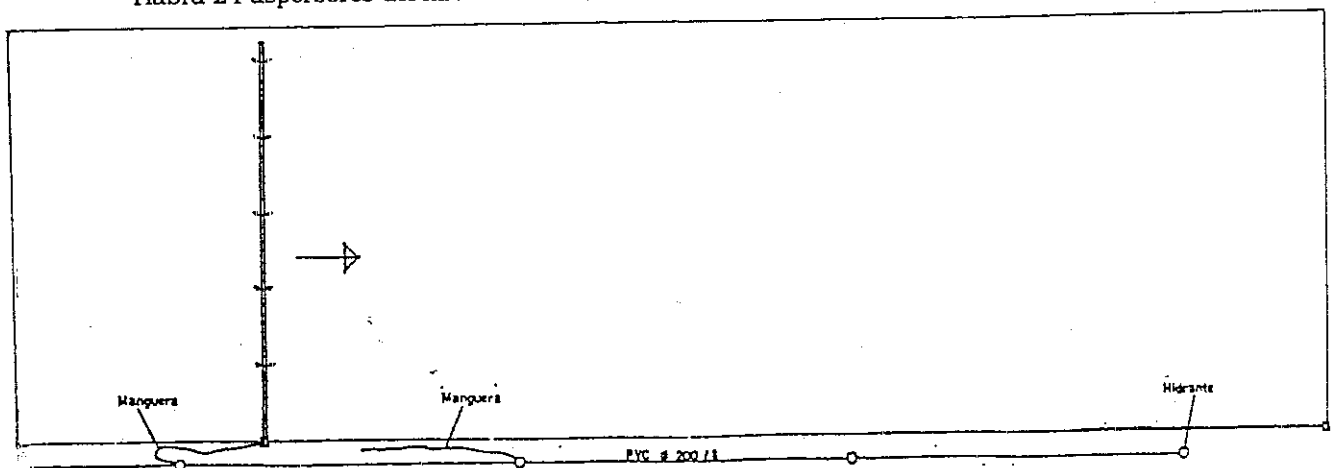
Si las necesidades máximas diarias en la época crítica son de 7 mm. de agua, la longitud de la parcela en condiciones normales no deberá sobrepasar los 800-1000 ml. si bien esto no es excluyente. Con 800 ml. a razón de 100 m/h. puede hacer el recorrido de ida y vuelta en 16 h. teóricas.

Supongamos una parcela de 250 m. de ancha y 800 m. de larga (20 Ha.).

Se pueden colocar 5 torres distanciadas 45 m. más un alero de 15 m. y un último aspersor con alcance de 10-12 m.l. (Total 250 m. de ancho).

Queremos colocar aspersores que trabajando a 2'5 atm. tengan un radio de alcance de 12 mts según catálogo. Para que no afecten las irregularidades del terreno a la presión, se intercala una regulador entre cada salida de la tubería principal y cada aspersor.

Habrán 24 aspersores del mismo caudal, situados a 10 m.l. uno de otro.



Se colocan en un lateral los cuatro hidrantes a 100 mts. de inicio de la parcela y a una distancia unos de otros de 200 mts.

Es conveniente tener dos mangueras (una de repuesto) para acoplar, desde el hidrante a la entrada de la máquina de riego.

El agua que debe aportar cada aspersor a la velocidad máxima de avance para cubrir las necesidades máximas de riego, si ha de hacer el recorrido de ida y vuelta, como cada aspersor regará en 8 h.,  $10\text{ m.} \times 800\text{ m} = 8000\text{ m}^2$  tardará 16 horas en aplicarle los 7 mm (56000 l). El caudal horario de cada aspersor será de  $56000/16 = 3500\text{ lts./h}$ .

El diámetro de cada boquilla de los aspersores será de:

$$\phi^2 = Q(l/h)/(25+14 \times 2.5) = 3500/600 = 58.33$$

$$\phi = 7.63\text{ mm.}$$

La pluviometría instantánea es:

$$\text{Pluv. inst} = \text{Plv.} \times V_{\text{max}} / 2.R \text{ alcance.}$$

$$3.5 \times 100/24 = 14.58\text{ l/m}^2/\text{h} \text{ (mm/h)}$$

La pluviometría instantánea está fuertemente relacionada con la longitud de la parcela y el radio de alcance del aspersor.

Para saber el caudal que le debe llegar a esta máquina de riego, se puede hacer fácilmente. Si hay que regar  $250 \times 800\text{ m}$  con  $7\text{ l/m}^2$  en 16 h. supondrá 1400000 l. en 16 h. lo que equivale a 87500 litros/hora =  $24.3\text{ l/sg}$

$$\text{El caudal característico será de } (24.3\text{ l/sg})/20\text{ Ha} = 1.215\text{ l/sg/Ha.}$$

Si la pendiente del terreno es de un 5% en el sentido de la anchura de la parcela, hemos de procurar que la entrada del agua esté en la parte más alta para ir a favor de la pendiente. En los 240 m l. de la tubería ganaremos  $240 \times 5/100 = 12\text{ m.c.a.}$  en el último aspersor y nos evitará diámetro en la tubería principal caso de tener poca presión a la entrada.

En este caso concreto, la pérdida de carga hidráulica se puede hacer por la fórmula de Scobey.

$$V = Q/S\text{ m/s}$$

$$J = 0.44/387 V^{1.9}\text{ m/sg} / (D^{1.1}\text{ mts})\text{ m.c.a./ml}$$

La pérdida de carga hidráulica total es de 2 m.c.a. con un diámetro de tubería de 150 mm y que se compensa con la ganancia de presión por disminución de cota, (cada aspersor lleva su correspondiente regulador).

Visto esto, es necesario que a la entrada de la máquina llegue al menos una presión de 2.8 atm suficiente para que cada aspersor trabaje a 2.5 atm.

### CONSIDERACIONES FINALES

Hasta aquí hemos visto los factores que hay que tener en cuenta para que el funcionamiento de estas máquinas de riego sea correcto desde el punto de vista hidráulico y la respuesta que cabe esperar en algunos tipos de suelo.

No obstante, hay otros factores no menos importantes, que el agricultor que quiera instalar una máquina de riego debe conocer, como la uniformidad de distribución del agua, las pérdidas por evaporación en función del viento, la temperatura ambiente y humedad relativa en el momento que se está regando

A tal fin, se está realizando un trabajo sobre evaluaciones de sistemas de riego por aspersión, y se viene observando que las máquinas de riego suelen tener altos coeficientes de uniformidad, siempre que tengan la presión de agua suficiente para la que están diseñadas

El viento les afecta menos que a los sistemas fijos en la uniformidad de distribución, pero las pérdidas por evaporación son importantes.

Angel Bercero Bercero  
Especialista en Suelos y Riegos  
Diputación General de Aragón



