

IV

Diseños agronómicos en riego a presión



Diseño agronómico en aspersión

Características en riego por aspersión

El riego por aspersión consiste en la aplicación de agua al terreno en forma de finas gotas que simulan una precipitación natural, su intensidad de aplicación debe ser menor a la velocidad de infiltración del suelo. Se considera que el sistema de aspersión cubre el 100 % del suelo.

Existen diferentes modalidades de riego por aspersión, entre ellas, los sistemas permanentes, los móviles, las máquinas de avance lineal, el pivote central entre otros.

Entre sus ventajas se destacan:

- Gran adaptabilidad a la topografía, tipo de suelos y cultivos
- Se puede utilizar para la aplicación de agroquímicos y fertilizantes
- Se pueden utilizar aguas residuales (con sus excepciones)
- Altas eficiencias en la aplicación

Existen una serie de condiciones de planificación importantes, que se deben tener presentes en todo riego por aspersión, Valverde (1998), detalla las siguientes:

- La precipitación horaria debe ser menor o igual que la velocidad de infiltración
- Se debe tratar de que la tubería principal se ubique en el sentido de la máxima pendiente
- Los laterales debe seguir las curvas de nivel, o trazarse en forma perpendicular a la máxima pendiente

- En la medida de lo posible los laterales deben colocarse perpendiculares al sentido del viento
- El movimiento de los laterales debe de planearse en forma rotativa para evitar largos transportes de tuberías
- Los espaciamientos entre laterales y aspersores deben planearse en múltiplos de la longitud de la tubería a utiliza

En la figura 1 se puede observar la manera de colocar la tubería en campo:

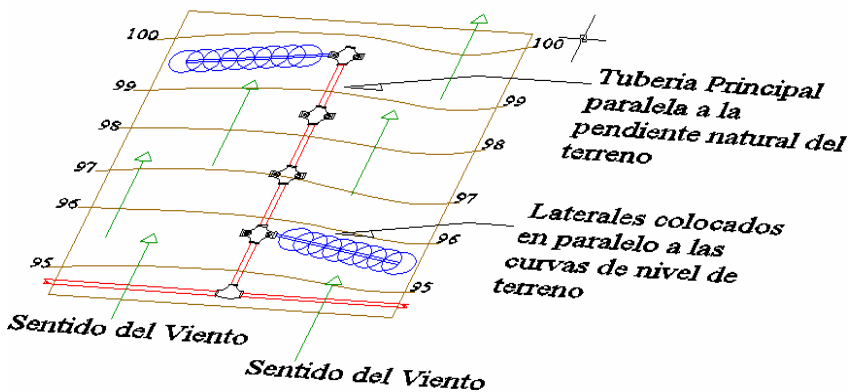


Figura 4.1 Esquema de colocación de tuberías en riego por aspersión

Selección del aspersor

Para realizar la selección se hace necesario conocer tres datos básicos importante: la infiltración básica del terreno, la velocidad del viento y la pendiente del terreno.

Durante la selección se procede de la siguiente forma:

Paso 1:

La infiltración básica la castigamos al multiplicarla por un factor que está en función de la pendiente, este factor se muestra en el cuadro 4.1

$$Ib_{\text{corregida}} = Ib * f$$

Cuadro 4.1 Factor de reducción de infiltración

Pendiente %	% Reducción	Factor f
0-5	0	1.00
6-8	20	0.80
9-12	40	0.60
13-20	60	0.40
> 20	75	0.25

Paso 2:

Posteriormente calculamos el caudal requerido por el aspersor en función del área de riego.

Area (A) = Espaciamiento entre aspersores * Espaciamiento entre laterales

$$Q_{\text{aspersor}} = Ib_{\text{corregida}} * A$$

Paso 3:

El cálculo de los diámetros de riego que se requieren en el aspersor van a depender de la velocidad del viento que se promedie en la zona durante el tiempo de riego. Para su estimación se utiliza el cuadro 4.2, el cual muestra valores porcentuales de detrimento de las distancias de alcance de los aspersores. El programa asume que debe haber un adecuado traslape por lo que el radio de aspersión será igual o superior a la máxima distancia en aspersores ó laterales.

Cuadro 4.2 Espaciamientos de aspersores y laterales en función al tipo espaciamiento y la velocidad del viento

Velocidad del Viento	Espaciamiento en % del diámetro			
	Cuadro	Rectángulo		Triángulo
		EA	EL	
Sin viento	65	65	65	75
Hasta 6 Km/h	60	50	65	70
Hasta 12 Km/h	50	40	60	60
Hasta 15 Km/h	40	40	50	35
Mayor 15 Km/h	30	30	40	35

Paso 4:

Para el cálculo del diámetro de aspersión, multiplicamos el espaciamiento entre aspersores y laterales por el factor del cuadro 4.2. El máximo valor entre los dos establece el diámetros de aspersión mínimo necesario, este valor y el de el caudal del aspersor son los datos que se buscan en los catálogos comerciales.

El programa calcula el caudal para una serie de espaciamientos preestablecidos, luego de ser valorados por los criterios anteriores.

Cálculos Agronómicos

Una vez seleccionado el aspersor, para realizar un diseño de riego por aspersión, se deben de saber ciertos aspectos que ya sea por el ambiente, o por las características del equipo, nos definirán la forma de operar el sistema. Los datos generales en todo diseño de riego por aspersión son:

- De índole ambiental
 - Lámina neta (Ln)
 - Evapotranspiración real (ETR)
 - Infiltración básica (Ib)
- Por equipo y operación
 - Caudal de operación (Qo)
 - Área efectiva (A) = Esp. Aspersores * Esp. Laterales
 - Eficiencia deseada (Efic)

Con esta información podemos determinar:

$$\text{Grado de aplicación} = \frac{Qo}{A} \Rightarrow \Rightarrow \text{Debe ser menor al Ib}$$

$$\text{Frecuencia de riego} = \frac{Ln}{ETR} \approx \text{redondear al menor}$$

$$\text{lámina neta corregida} = ETR * \text{Frecuencia}$$

$$\text{lámina bruta} = \frac{\text{Lámina neta corregida}}{Efic}$$

$$\text{Tiempo de riego} = \frac{\text{Lámina bruta}}{\text{grado de aplicación}}$$

Ejemplo. Diseño agronómico en riego por aspersión

Se necesita seleccionar los aspersores para un proyecto de riego, de igual forma se requiere saber la forma de operar el equipo. Los datos conocidos son:

- Infiltración básica (Ib): 9.1 mm/h
- Lámina neta (Ln): 50 mm
- Evapotranspiración real (ETr): 5 mm/día
- Eficiencia deseada (efic): 85 %
- Pendiente del terreno (S): 10%
- Velocidad promedio del viento (V) : 10 km/h

SOLUCION

Lo primero es seleccionar el aspersor, para esto ingresamos los datos de infiltración, pendiente y velocidad, oprimimos el botón Calcular.

La forma de elegir el aspersor es como se muestra en la figura 4.2:

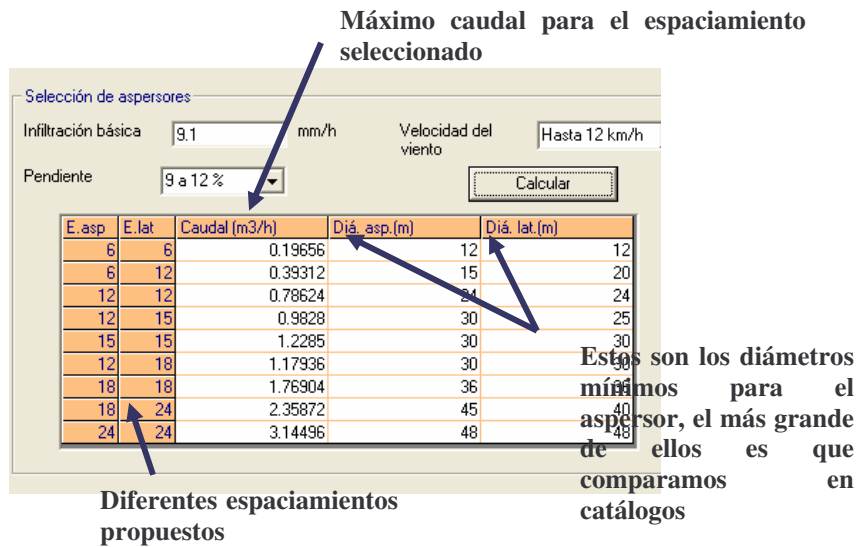


Figura 4.2

Se decide trabajar con espaciamiento de 12 X 12, por lo que el aspersor que buscamos comercialmente debe tener un diámetro no menor a 24 metros y el caudal no debe superar 0.786 m³/h .

Comercialmente escogemos un aspersor con estas características:

- Caudal 0.75 m³/h
- Diámetro 25 metros

Posteriormente digitamos los datos básicos en el apartado de Otros Cálculos, para así terminar el diseño del sistema:

Caudal del aspersor comercial

Otros cálculos

Caudal del aspersor	0.75	m3/h	Lámina neta	50	mm
Area de riego	144	m2	Eficiencia	85	%
Evapotranspiración	5	mm/día	<input type="button" value="Evaluar"/>		

(Esp. Asp * Esp. Lat.)

Intensidad de aplicación	5.208	mm/h
Frecuencia de riego	10.0	días
Tiempo de riego	11.294	hrs
Lámina neta corregida	50.0	mm
Lámina bruta	58.824	mm

Figura 4.3

Diseño agronómico en riego por microaspersión

Características de la microaspersión

Los sistemas de riego por microaspersión se puede caracterizar por la aplicación de agua en forma localizada, mediante unos aspersores pequeños que al pulverizar el agua se distribuye por la superficie del suelo hasta una distancia determinada.

Por sus características, son empleados para el riego de especies leñosas en suelos permeables donde los bulbos de humedecimiento se extienden más vertical que horizontalmente, donde sistemas como el goteo dan lugar a insuficiencia en cuanto al área de suelo mojado (Pizarro, 1990); otra aplicación encontrada a estos sistemas son en los ambientes controlados: viveros, cámaras de germinación, invernaderos, donde en muchos casos son utilizados para el control de humedad relativa.

Algunas de sus principales ventaja son:

- Economía tanto en agua como en energía
- Poco propensos a obturaciones
- Alta uniformidad del riego
- No se moja el follaje ni el fruto
- No interviene con las labores culturales
- Adaptable a todo terreno
- Entre otras

Diseño agronómico

Al igual que en el diseño de riego por aspersión se hace necesario conocer previamente una serie de factores de índole ambiental y técnico para poder desarrollar el sistema. A continuación se enlista dos datos básicos necesarios para desarrollar un diseño agronómico en riego por microaspersión:

- Datos de tipo ambiental
 - Infiltración básica (Ib)
 - Lámina neta (Ln) ó frecuencia si lo que se busca es controlar los riegos mediante la metodología de altas frecuencias
 - Evapotranspiración real (ETR)
 - Porcentaje de área regada (PAR): Es la razón entre el área humedecida por el riego y el Marco de riego (MR)¹

$$PAR = \frac{\pi(D_{micro})^2/4}{M.C} = \frac{\pi(D_{micro})^2/4}{Esp. plantas * Esp. Hileras}$$

- Datos de operación
 - Eficiencia esperada
 - Horas para el riego disponibles por día

A continuación se presenta un diagrama de flujo que muestra la secuencia para el diseño de estos sistemas utilizando los datos básicos ya mencionados:

¹ Esta ecuación es adaptada para el caso de marco de riego sea igual al marco de cultivo, es decir un micro por planta.

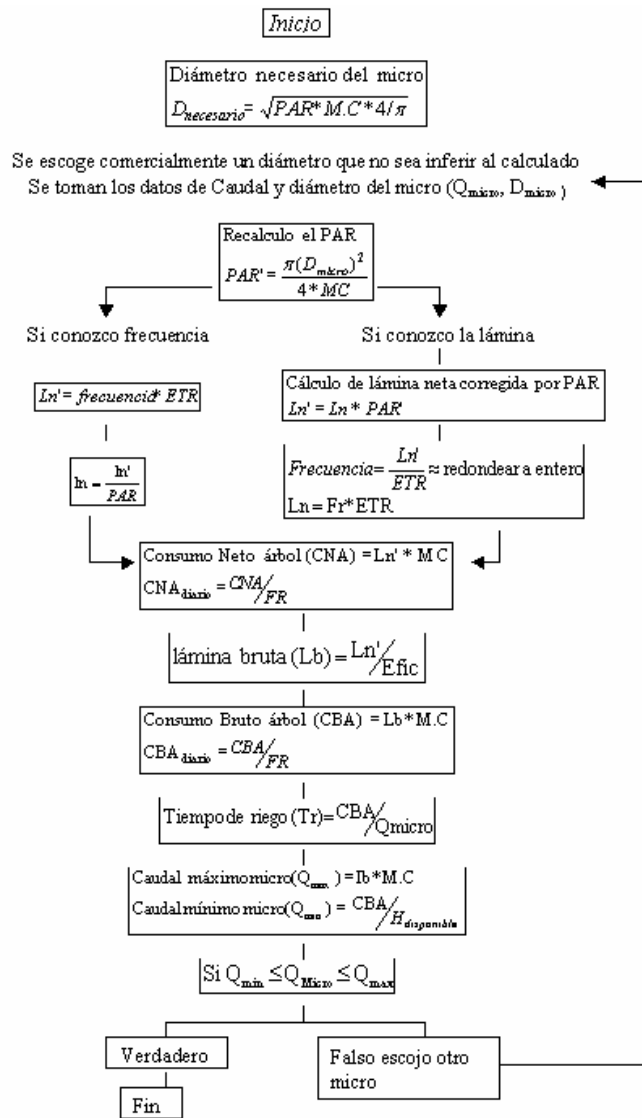


Figura 4.4 Esquema de diseño en riego por microaspersión

Problema. Ejemplo en riego por microaspersión

En un cultivo de guayaba se desea regar por microaspersión. Escoja los micros y diseñe la forma de operar el sistema sabiendo que:

- Infiltración básica (Ib): 15 mm/h
- Lámina neta (Ln): 85 mm
- Evapotranspiración real (ETr): 5 mm/día
- Porcentaje de área regada (PAR): 50 %
- Eficiencia deseada (efic): 80 %
- Marco de Cultivo (MC): $6 \times 6 = 36 \text{ m}^2$
- Horas disponibles para el riego: 10 hrs/día

SOLUCION

Al saber cual es la lámina neta del suelo lo que nos interesa es calcular la frecuencia, para esto seleccionamos en el formulario de riego por microaspersión como se muestra en la siguiente figura

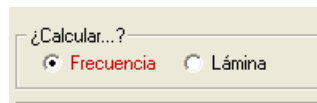


Figura 4.5

Para iniciar los cálculos digito los Datos Básicos y oprimo el botón de Calcular para así estimar el diámetro necesario del micro:

Datos básicos

Infiltración básica	15	mm/día	Lámina neta	85	mm
Evapotranspiración	5	mm/día	Eficiencia	80	%
Porcentaje área regada (PAR)	50	%	Área =marco de cultivo	36	m2
Horas disponibles	10	hrs/días	<input type="button" value="Calcular"/>		

Diámetro de mínimo del micro aspersor mts

Ingrese los datos del micro a utilizar

Diámetro del micro mts

Caudal del micro lts/h

Con el diámetro mínimo recomendado se consulta las características de los micro comerciales y se digitan las características del elegido

Figura 4.6

Se escogen un micro aspersor con las siguientes características

- Caudal = 260 l/h
- Diámetro = 5 mts

Los resultados se muestran en la siguiente figura:

Porcentaje de área humedecida recalculada	54.5415	%	Tiempo de riego	7.7885	horas
Ln * PAR recalculado	46.3603	mm	Consumo neto árbol	1620.00	lts/arb*fr
Frecuencia de riego	9.0	días	Consumo neto árbol diario	180.00	lts/arb*fr
Lámina neta corregida	45.00	mm	Consumo bruto árbol	2025.00	lts/arb*fr
Lámina bruta	56.25	mm	Consumo bruto árbol diario	225.00	lts/arb*fr

Caudal mínimo del micro lts/h

Caudal máximo del micro lts/h

Figura 4.7

Diseño agronómico en riego por goteo

Características del riego por goteo

El riego por goteo se puede definir como la aplicación gota a gota de agua a la zona radicular. El agua es conducida mediante conductos cerrados desde la toma hasta la planta y aplicada mediante dispositivos conocidos como goteros, los cuales tienen la cualidad de aplicar caudales pequeños y a ser poco sensibles a las variaciones de presión (Medina, 1993).

Sus características principales son:

- Se puede considerar la aplicación como puntual, se infiltra en el terreno y se mueve en las direcciones vertical y horizontal.
- Existe una zona conocida como bulbo de humedecimiento, la cual depende de las características del terreno y el gotero. Aquí se concentra la masa radicular.
- Al desarrollarse las raíces dentro de el bulbo húmedo es muy oportuna la fertirrigación, alcanzando excelentes resultados y máximo aprovechamiento de los recursos.

Algunas ventajas del sistema son:

No se requiere nivelación

No impide las labores culturales

Altísima eficiencia

Permite la dosificación de nutrientes

Muy oportuna para los ambientes controlados

Diseño agronómico

En los sistemas de riego por goteo hay que tener presentes los siguientes factores de carácter ambiental y de cultivo ha saber:

- Espaciamiento de plantas e hileras
- Marco cultivo (MC) = espaciamiento plantas * espaciamiento hileras
- Profundidad de raíces
- textura
- Lámina neta (Ln)
- Evapotranspiración real (ETR)
- Porcentaje de área sombreada (PAS), este dato será de importancia en la determinación de la ETR_{goteo} por efecto de la sombra. A continuación la secuencia de cálculo para el ETR_{goteo} presentada por Pizarro (1990) para riego por goteo.

$$PAS = \frac{\pi(Día_{\text{folear}})^2}{MC}$$

$$K1 = PAS + 0.5(1 - PAS)$$

$$K2 = 1.34 * PAS$$

$$K3 = 0.1 + PAS$$

$$K4 = PAS + 0.15(1 - PAS)$$

$$\bar{K} = \frac{K1 + K2 + K3 + K4}{4}$$

$$ETR_{\text{goteo}} = ETR * \bar{K}$$

- Otros datos como la relación de transpiración (RT) se obtiene ingresando en el siguiente cuadro

Cuadro 4.3 Relación de transpiración (RT), según textura y profundidad de cultivo

profundidad raíces (m)	Textura			
	Muy arenosa	Arenosa	Media	Fina
< de 0,75	0,90	0,90	0,95	1,00
De 0,75 a 1,50	0,90	0,95	1,00	1,00
> de 1,50	0,95	1,00	1,00	1,00

Otros factores asociados al goteo como:

- Número de filas a utilizar (# filas)
- Descarga del gotero (Q_{gotero})

Porcentaje de área de riego (PAR)

Este parámetro se deja abierto para la evaluación del técnico, sin embargo se propone un metodología desarrollada por Keller y Karmelli (1974), para la estimación de este parámetro

1. Si es una única fila de goteros, se consulta el cuadro 4.4 para la estimación del PAR desarrollado por los autores
2. Cuando se tienen dos filas, se calcula de la siguiente forma:

$$PAR = \frac{P1 \times S1 + P2 \times S2}{Sr}$$

Donde:

$P1$ se obtiene del cuadro 4.4 con $S1$ que da un 100% de mojado, según gotero y tipo de suelo.

$P2$ del cuadro 4.4 con $S2$ que queda ($S2 = Sr - S1$).

Sr es el espaciamiento entre hileras.

$S1$ es el espaciamiento corto entre laterales.

$S2$ es el espaciamiento largo entre laterales.

3. Con goteros alrededor del árbol:

$$PAR = \frac{100 \times n \times Sep \times Sw}{St \times Sr}$$

Donde:

n es el número de puntos de emisión.

Sw es el espaciamiento entre laterales que se tendría para una determinada descarga y tipo de suelo que de un PAR de 100%

St es el espaciamiento entre árboles.

A continuación se muestra el diagrama para el diseño de riego por goteo utilizando la información ya señalada;

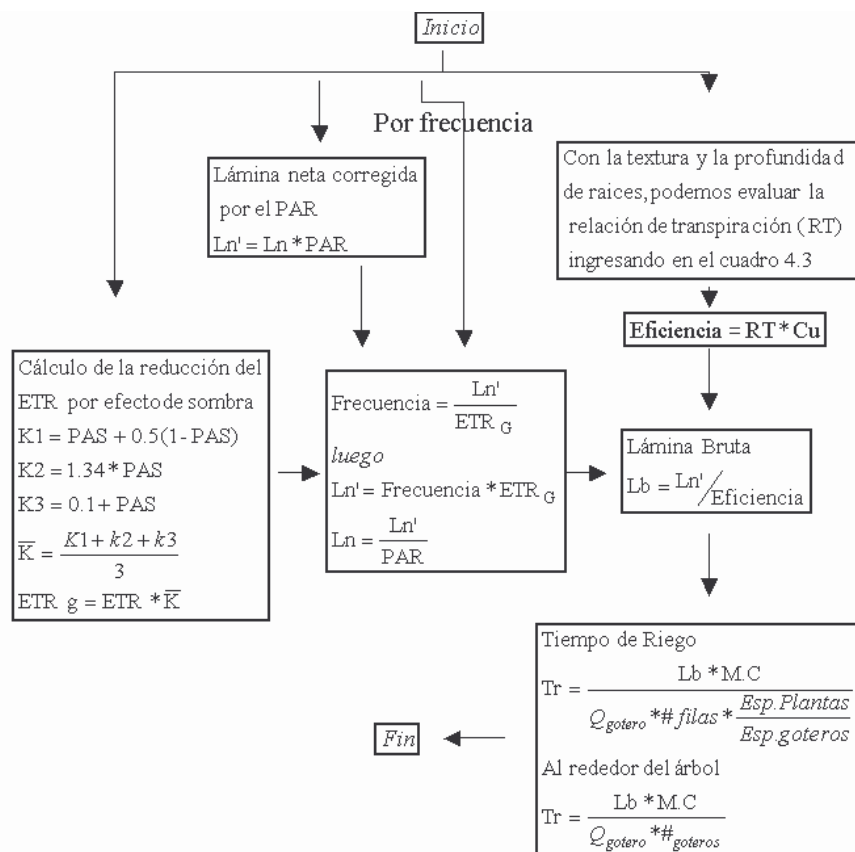


Figura 4.8

PAGINA RESERVADA PARA EL PAR

Ejemplo Riego por goteo

En un cultivo de cítricos se desea implementar un sistema de riego por goteo, por lo cual se requiere del diseño agronómico. Los datos básica disponible es:

- Lámina neta : 60 mm
- Marco de cultivo: $5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$
- Profundidad de raíces: 1.5 mts
- Evapotranspiración: 6 mm/día
- Porcentaje de área sombreada (PAS) = 66.5 %
- Textura media

Algunas características del equipo de goteo:

- Caudal del gotero 8 lts/h
- Coeficiente de Uniformidad 90 %
- Dos filas de goteros

SOLUCIÓN

Primero se estima el PAR por el método de Keller y Karmelli

En el Formulario para el cálculo se ingresa con el caudal 8 lts/seg, la textura media, espaciamiento entre laterales de 5 metros y con una situación de doble línea de goteros.

Estimación del porcentaje de área regada

Datos básicos

Caudal del gotero 8 lts/s	Textura Medio	Espaciamiento entre hileras 5.0 mts
Situación Doble línea		

Espaciamiento de goteros 1.3 mts	PAR 62.2 %
<input type="button" value="Cuadro del PAR"/>	

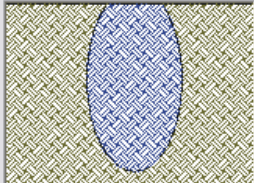


Figura 4.9

Luego en el formulario de goteo ingrese los datos y oprima el botón de Calcular para hacer efectivo el diseño agronómico.

Diseño agronómico en Goteo

Parámetros Suelo- clima Hidráulica de tuberías Menú principal

Diseño agronómico en Riego por Goteo

¿Calcular...?
☒ Frecuencia ☐ Lámina

Datos básicos:

Marco de plantación	25	m2	Gotero		
Lámina neta	60	mm	Coefficiente de uniformidad	90	%
Porcentaje de área sombreada	66.5	%	Caudal del gotero	8	lts/h
Evapotranspiración real	6	mm/día	Profundidad de raíces	0.75 a 1.50	mts
P.A.R.	62.2	%	Textura	Media	
Cultivo en: <input checked="" type="radio"/> Hileras <input type="radio"/> Al rededor árbol					
N° de filas	2	Esp. goteros			1.3
			Esp. plantas	5	m

K (Cte. para el ETR)	80.0963	%	Lámina neta corregida	38.4462	mm
ETR * K	4.8058	días	Eficiencia	95.50	mm
Relación de transpiración	0.95	días	Lámina bruta	44.9663	mm
Frecuencia de riego	8.0	días	Tiempo de riego	18.2676	hrs
Ln * PAR	37.32	mm			

Ingrese los datos básicos y oprima el botón de Calcular

18/07/2005

Figura 4.10