



# **LINEA ESPECIAL CREDI-RIEGO**

## **Evaluación de la Instalación de Riego Localizado Financiado por Caja Rural Provincial de Almería**

**TRABAJO EFECTUADO POR:**

**UNIVERSIDAD DE CORDOBA (E. T. S. I. A.)**

**ALCUDIA, S. A.**

**CAJA RURAL PROVINCIAL DE ALMERIA**

**MARZO 1.985**

## PROLOGO

*El actual avance tecnológico de la agricultura en los países desarrollados pone a disposición del agricultor una gama cada vez más amplia de opciones técnicas para incrementar la producción y los beneficios empresariales. Una peculiaridad de la tecnología agraria es que las innovaciones deben ser adaptadas a las condiciones locales para garantizar su viabilidad. En el caso particular de la tecnología del riego localizado, no es suficiente con la adquisición del equipo sino que debe existir información de base en la zona para que la instalación pueda manejarse de forma óptima.*

*Un paso previo a la utilización óptima de los equipos de riego es el contraste cualitativo y cuantitativo del equipamiento instalado frente al proyectado. A menudo el usuario se ve sometido a una presión comercial notable que le impulsa a escoger la alternativa aparentemente más ventajosa, sin posibilidad real de verificar la calidad de lo ofertado. En otros países, instituciones estatales en colaboración con entidades financieras públicas o privadas han creado normas e institutos de control de calidad que permiten la evaluación objetiva de los equipos adquiridos.*

*En nuestro caso, no existen explícitamente las facilidades mencionadas, por lo que es de alabar la iniciativa de la Caja Rural Provincial de Almería, entidad que ha financiado el presente trabajo y que demuestra una preocupación por incrementar la eficiencia en el uso del agua que en una zona donde este elemento constituye el principal factor limitante de la expansión del sector agrario.*

**Elias Ferreres Castiel**

**E.T.S.I.A. y S.I.A., Junta de Andalucía. Córdoba**

# INDICE

Introducción .....	3
Objetivos .....	3
Métodos .....	3
Resultados.....	11
Recomendaciones finales .....	21
Referencias .....	22
Anejo I - Fichas de datos para evaluación individual .....	23
Aclaraciones a los análisis de tubería .....	25

# **EVALUACION DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN INVERNADEROS DE LA PROVINCIA DE ALMERIA**

## **1.- INTRODUCCION**

El desarrollo tecnológico que ha permitido la implantación de sistemas de riego localizado, en buena parte de los cultivos bajo plástico de la provincia de Almería, no se ha visto acompañado por un esfuerzo paralelo en divulgación de estos de manera que permita al regante conocerlos para así obtener su máximo aprovechamiento. Existe, pues, una cierta incertidumbre respecto a si el comportamiento de los nuevos sistemas de riego por goteo en la zona corresponde a las expectativas que se derivan de sus ventajas potenciales ya documentadas en otros sistemas agrícolas.

Esta misma incertidumbre existe respecto de los sistemas instalados en cuanto a diseño, calidad de materiales y coste de las instalaciones se refiere. Factores éstos que condicionarán el funcionamiento de los sistemas cuando el agricultor cuente con la información necesaria para obtener el máximo rendimiento de los mismos.

## **2.- OBJETIVOS**

Habida cuenta de la situación señalada anteriormente, la Caja Rural de Almería solicitó de la Cátedra de Fitotecnia I de la E.T.S.I.A. de Córdoba y del Servicio de Asistencia Técnica y Desarrollo de Alcudia S.A., la realización del presente trabajo, que tiene como objetivo la evaluación de sistemas de riego por goteo instalados recientemente en la provincia de Almería y financiados al 100% por dicha Caja Rural, estimando su eficiencia y adecuación en base a los datos de campo recogidos en treinta invernaderos durante el otoño de 1.984.

La evaluación incluye los siguientes aspectos:

- a) Discrepancias entre el sistema de riego presupuestado y el instalado y comprobación de las partidas presupuestarias referentes a cabezal y tubería portagoteros.
- b) Adecuación del cabezal para cubrir las necesidades de potencia y filtrado de la instalación.
- c) Estudio del diseño de la red y de la uniformidad de aplicación del agua.
- d) Determinación de la calidad de la tubería portagoteros instalada.
- e) Manejo de la instalación por el agricultor.
- f) Estimación del coste de la instalación en función de los puntos b. y c.

## **3.- METODOS**

La toma de datos en campo fue realizada por dos grupos de trabajo formado por tres personas cada uno de ellos, que visitaron cada una de las instalaciones a evaluar junto con el agricultor e instalador de las mismas. Dos componentes del grupo realizaron las lecturas de caudales y presiones necesarias para el cálculo de los coeficientes de que consta la evaluación (a los que se hará referencia posteriormente) mientras que el tercer componente del grupo comprobaba la concordancia entre lo instalado y lo presupuestado y realizaba una encuesta al agricultor sobre distintos aspectos de la instalación cuyo modelo se adjunta. (Anejo 1).

Un sistema de riego por goteo está formado por una unidad central denominada cabezal y por una red de distribución de agua. Los elementos fundamentales que componen el cabezal son: un grupo motobomba, un equipo de filtrado y un equipo de fertirrigación. La red de distribución está compuesta por una tubería principal, tuberías secundarias y líneas portagoteros con los emisores intercalados o adosados. Cada tubería secundaria y las líneas portagoteros asociadas a ella forman un subsector de riego y el conjunto de subsectores que riegan simultáneamente componen un sector de riego. En la figura 1 se representa esquemáticamente los componentes de una instalación de riego por goteo.

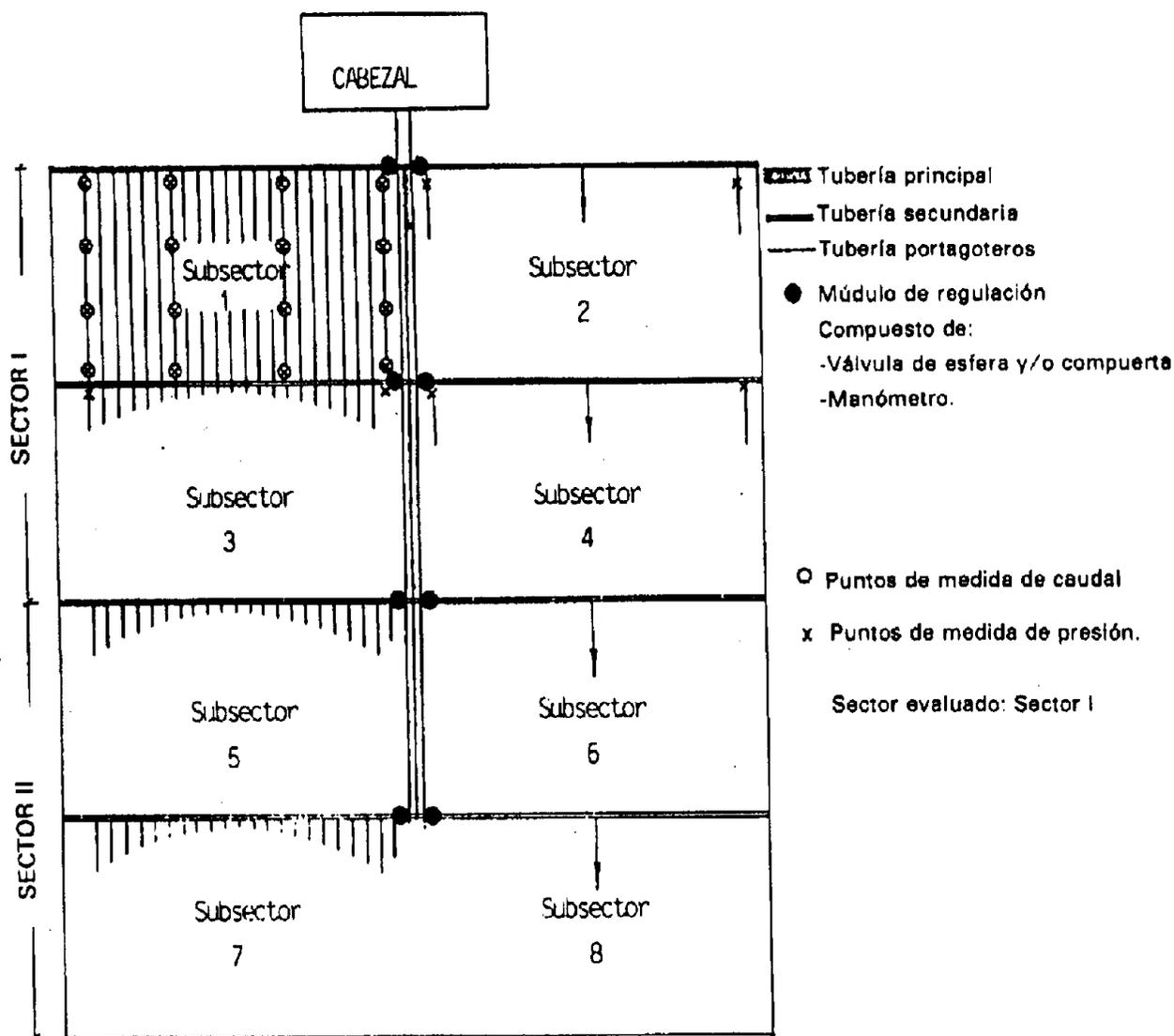


Figura 1.- Esquema de un sistema de riego por goteo típico en los invernaderos de Almería.

Las posibles discrepancias entre el presupuesto e instalación se evaluaron comprobando en campo los apartados siguientes:

- Tipo de motobomba (eléctrica o diesel) y potencia de la misma.
- Tipo y capacidad del equipo de inyección de fertilizante.
- Tipo de instalación de filtrado y capacidad filtrante del mismo.

-Distancia entre líneas portagoteros y superficie puesta en riego, de donde se obtiene la longitud total de tubería portagoteros instalada.

-Distancia entre goteros.

En los presupuestos no se describe el gotero a instalar lo que es importante a la hora de evaluar su comportamiento y su influencia en el coste final de la instalación. No se comprobaron las dimensiones y longitudes de tuberías primarias y secundarias, ni número y tipo de elementos accesorios, por tener estas partidas mucha menor relevancia en el presupuesto y ser muy laboriosa su comprobación.

Para evaluar la adecuación de la bomba instalada para cubrir las necesidades de potencia de la instalación, se ha estimado ésta mediante la siguiente expresión:

$$P = 5,291 \times 10^{-6} \frac{q \times s \times h}{m}; \text{ donde}$$

P: Potencia necesaria (CV)

q: caudal medio emitido por cada gotero (l/h)

s: superficie del mayor sector de riego (m<sup>2</sup>)

h: presión a la salida de la bomba (m.c.a.)

m: marco de los goteros (m<sup>2</sup>/gotero)

Se considera una eficiencia del grupo motobomba del 70%

El valor asignado a cada uno de estos parámetros es el que tienen en campo en las condiciones normales de funcionamiento.

Las necesidades de filtrado son función del caudal circulante, la cantidad de sólidos en suspensión y naturaleza de éstos y el mínimo diámetro de paso del emisor. La adecuación del equipo de filtrado de una instalación a las necesidades de la misma se ha evaluado siguiendo los siguientes criterios:

La densidad de la malla ha de ser tal que el diámetro máximo de las partículas no retenidas sea menor o igual a un octavo del mínimo diámetro de paso en el emisor, resultando, para los emisores instalados, que el tamaño de la retícula de la malla debe ser inferior a 0.1 mm., lo que equivale a una densidad de malla mayor o igual a 140 "mesh".

La capacidad de filtrado debe corresponder al caudal máximo circulante para que las pérdidas de carga en el filtro no sean elevadas, con una frecuencia de limpieza adecuada.

Cuando se instalan varios filtros en serie su capacidad filtrante debe ser la misma.

La diferencia entre las pérdidas de carga correspondientes al equipo de filtrado para su caudal de trabajo (obtenidas en catálogo) y las pérdidas de carga observadas durante la evaluación deben reflejar si la frecuencia de limpieza es la adecuada.

Un sistema de riego debe distribuir el agua uniformemente en toda la superficie regada, de manera que todas las plantas reciban la misma cantidad de agua y ésta sea la adecuada para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo durante el intervalo entre riegos. En la práctica es muy difícil que un sistema opere con una uniformidad perfecta. Una forma de evaluar la uniformidad con que un sistema de goteo distribuye el agua es mediante el coeficiente de uniformidad (C.U.), el cual se define como:  $C.U. = 100 \times \frac{\bar{q}_{25\%}}{\bar{q}_n}$ ; donde:

$\bar{q}_{25\%}$  es la media de la descarga del 25% de los emisores con caudal más reducido y  $\bar{q}_n$  es la descarga media de todos los emisores. La medida de caudales para la estimación de C.U. se

ha realizado, en un subsector de riego, siguiendo el método propuesto por Keller y Karmeli (1.974) y Merriam y Keller (1.978) y que ha sido descrito con anterioridad (Férreres y Berengena, 1.981) (Ver fig. 1).

Se tomaron lecturas de presión en los mismos puntos del subsector en los que se midió caudal, de las que se obtuvieron las pérdidas de carga a lo largo de la tubería secundaria y los ramales portagoteros y un coeficiente de uniformidad debido a presiones definido como:

C.U. debido a presiones =  $\left( \frac{P_{25\%}}{\bar{P}_n} \right)^x \times 100$ ; donde  $P_{25\%}$  es la media de la presión del 25% de las

lecturas menores;  $\bar{P}_n$  es la media de todas las lecturas tomadas en el subsector; y "X" es el exponente de descarga de los goteros, cuyo valor se ha supuesto  $X= 1,0$  para régimen laminar y  $X= 0,5$  para régimen turbulento (Keller y Karmeli, 1.974). De ello se obtienen los criterios suficientes para evaluar la calidad del diseño y cómo influye éste en la uniformidad de distribución del agua.

La uniformidad del sistema se ha evaluado mediante el C.U. del sector, calculado mediante el producto del C.U. del subsector por un factor de corrección  $f_c$ , que es función de la diferencia de presión entre subsectores. Para su cálculo se tomaron lecturas de presión en los puntos de inserción de la primera (a) y la última línea de portagoteros (b) en cada tubería secundaria (Ver fig. 1), siguiendo el método descrito por Handley y Cols. (1983). Estos autores

definen el factor de corrección como:  $f_c = \left( \frac{P_{25\%s}}{\bar{P}_s} \right)^x$  donde  $\bar{P}_s$  y  $P_{25\%s}$  son la media total y la del 25% de los valores menores, de la serie de presiones que resulta de escoger de cada par de presiones (a-b) la menor de ellas.  $x$  es el exponente de descarga de los goteros.

Se consideran excelentes aquellas instalaciones cuyo C.U. del sector es superior al 90%, buenas cuando oscila entre el 80% y el 90%, aceptables cuando se sitúa entre el 70% y el 80%, e inaceptables cuando es inferior al 70%.

Para la determinación de la calidad de la tubería portagoteros instalada en cada uno de los invernaderos, se tomaron muestras de cuatro metros de longitud por duplicado para proceder a su análisis.

La calidad de un tubo de riego viene dada, por un lado por las características de la materia prima, y por otro por las condiciones de transformación a la hora de fabricar la tubería. Tanto una circunstancia como la otra, así como las condiciones mínimas para su uso, vienen recogidas en normas que en este caso concreto se plasman en la norma UNE 53367 "Tubos de polietileno de baja densidad (LDPE) para ramales de microirrigación. Características y métodos de ensayo," que a su vez se base en otra serie de normas UNE que se citan en la misma y que son reflejo de la normativa internacional.

Ante un número tan elevado de muestras, se seleccionaron los ensayos que de una forma rápida y completa, dieron la información suficiente para establecer un dictamen de calidad de las tuberías, por lo que se hicieron los siguientes ensayos:

-Medidas del tubo, que vienen definidas por unos valores nominales relacionados con los medidos en su expresión del valor medio con sus tolerancias, según UNE 53367.

- El diámetro exterior medio obtenido tras diez medidas no puede tener en ningún caso, un valor por debajo del nominal y como máximo + 0,3 mm.
- El espesor se ha expresado como espesor medio, que es el resultado de diez medidas, redondeado a su 0,1 mm. inmediato superior; y como espesor puntual

mínimo que es el más pequeño de los diez valores medidos para la determinación del espesor medio redondeado al 0,05 mm. inmediato superior.

-Aumento del diámetro interior del tubo al introducir el gotero, en las tuberías portagoteros y que se expresa en tanto por ciento. Viene dado por la dilatación que produce en el diámetro interior de un tubo, un gotero (interlínea) introducido a tope, y que como máximo debe ser del 13%.

El diámetro interior medio se obtiene por diferencia entre el diámetro exterior medio y el espesor medio, y el aumento se calcula de la fórmula

$$\tilde{A}\% = \frac{(D - D_i) 100}{D_i}$$

donde D= diámetro exterior medio del gotero

D<sub>i</sub>= diámetro interior del tubo calculado.

-Resistencia al cuarteamiento por tensiones en medio ambiente activo o al "cracking", con gotero o con boquilla. Este ensayo se lleva a cabo a la temperatura de 50°C y en un medio tensoactivo, como es una disolución al 10% de Antarox CO-630 (agente tensoactivo del tipo nonilfenoxi-poli (etilenoxi) etanol), y conforme a lo expresado en la norma UNE 53367. Se ensayaron solamente cuatro probetas por falta de tubo suficiente para llevar a cabo con las diez necesarias según la norma. Con las tuberías portagoteros se tomaron cuatro de sus goteros y se ensayaron. En el caso de que las medidas estuvieran conforme a la norma UNE, el ensayo se llevó a cabo también con boquillas (simulador de gotero) metálicas como las indicadas en la citada norma.

Tras una hora de ensayo se examinaron las probetas, expresándose que pasa el ensayo cuando no existen fisuras o rajaduras. Se observaron y describieron el tipo y forma de estas.

-Índice de fluidez, medido en un plastómetro marca DAVENPORT, a 190°C de temperatura y con peso de 2,160 kg. conforme a la norma UNE 53200; no debe ser superior a 1 gr/10 min.

-Comportamiento al calor del tubo, expresado en tanto por ciento, y que es el valor medio de la contracción que sufren tres tubos muestra, al estar durante 30 minutos sumergidos en agua a 100 ± 2°C de temperatura, de acuerdo con la norma UNE 53133, que en ningún caso será superior al 3%.

-Contenido en negro de carbono, expresado en tanto por ciento, después de descontar el contenido en cenizas, medido por el procedimiento que se expone en la norma UNE 53375, y que deberá ser de un 2,5 ± 0,5% en peso.

-Contenido en antioxidante en cantidad y calidad apropiadas determinado mediante Calorimetría Diferencial de Barrido, en un aparato METTLER DSC-30, por medida del tiempo de inducción, en minutos, a la oxidación, en condiciones isoterma a 200°C de temperatura, con fusión inerte en atmósfera de argón y posterior oxidación en atmósfera de oxígeno con un caudal de 100 ml/min. El tiempo de inducción, es el tiempo que necesita la muestra para degradarse por completo, considerándose como nivel mínimo para que la muestra esté protegida a la degradación u oxidación suficientemente, el tiempo de 20 minutos.

-Dispersión del negro de carbono, vista a 100 aumentos al microscopio por dos observa-

dores, conforme a lo que se expresa en la norma UNE 53133, expresándose tipo y observaciones a la misma, tales como, defectos, partículas extrañas y granos oxidados que se presentan.

La adecuación del manejo por parte del agricultor a las necesidades de la instalación se ha evaluado en base al manejo de los módulos reguladores, que es la forma en que el agricultor influye en la uniformidad en la aplicación del agua y al mantenimiento y limpieza de filtros (frecuencia de limpieza, aplicación de ácido en la red, sustitución de goteros obturados, etc.) Un buen manejo de los módulos reguladores consiste en el ajuste de la válvula del módulo de manera que la presión sea la misma en todos los subsectores que componen el sector de riego evaluado. La frecuencia de limpieza del equipo de filtrado es adecuada cuando la pérdida de carga en el mismo no supera sustancialmente a la pérdida de carga correspondiente a ese equipo de filtrado, para el caudal circulante, cuando el mismo está limpio. En función de estos indicadores, se evaluó el manejo de cada instalación como bueno, normal o inadecuado.

La cantidad de agua aplicada debe ser la adecuada para cubrir las necesidades hídricas del cultivo, es decir, debe ser la suficiente para compensar la evapotranspiración del cultivo (Necesidades Netas  $ET_c$ ) y las necesidades de lavado de sales. La  $ET_c$  de los distintos cultivos ha sido calculada mediante el producto de un coeficiente K por la evaporación medida con evaporímetro de la clase A situado dentro del invernadero ( $E_o$ ) en la estación experimental de la Caja Rural de Almería "Las Palmerillas". El coeficiente K depende del estado de desarrollo del cultivo y se conoce para los principales cultivos de la zona (Castilla y cols. 1984). Las necesidades brutas del cultivo resultan de dividir la  $ET_c$  por el C.U. del sector. Se estimó, en los casos estudiados, que la diferencia entre el consumo bruto y el consumo neto es suficiente para el control de la salinidad. La cantidad de agua aplicada se ha estimado en función de la información aportada por el agricultor en cuanto a frecuencia y duración de riegos. Hay que resaltar que los datos así obtenidos son poco precisos y dado que, sorprendentemente, no existen contadores en ninguna de las instalaciones evaluadas, las estimaciones deben considerarse como pocas exactas. La relación agua necesaria/agua aplicada indica si el manejo del agricultor es adecuado en cuanto a cantidad de agua aplicada. Se ha considerado que la cantidad de agua aplicada es adecuada cuando la relación está comprendida entre 0.8 y 1.1, es excesiva cuando la relación es inferior a 0.8 e insuficiente cuando la relación es mayor de 1.1.

Para cada instalación se ha calculado su coste en pts/m<sup>2</sup>, dividiendo la cantidad total presupuestada por la superficie en riego y corrigiéndolo en los casos en que no se incluye la bomba en el presupuesto y en los que la distancia entre líneas portagoteros es diferente a 1 m. (En el primer caso se ha aumentado el presupuesto total en la cantidad correspondiente al precio normal de una bomba de igual potencia a la instalada. En el segundo caso se ha multiplicado la parte del presupuesto correspondiente a tuberías portagoteros por la distancia entre las mismas). Se han efectuado dos rectas de regresión:

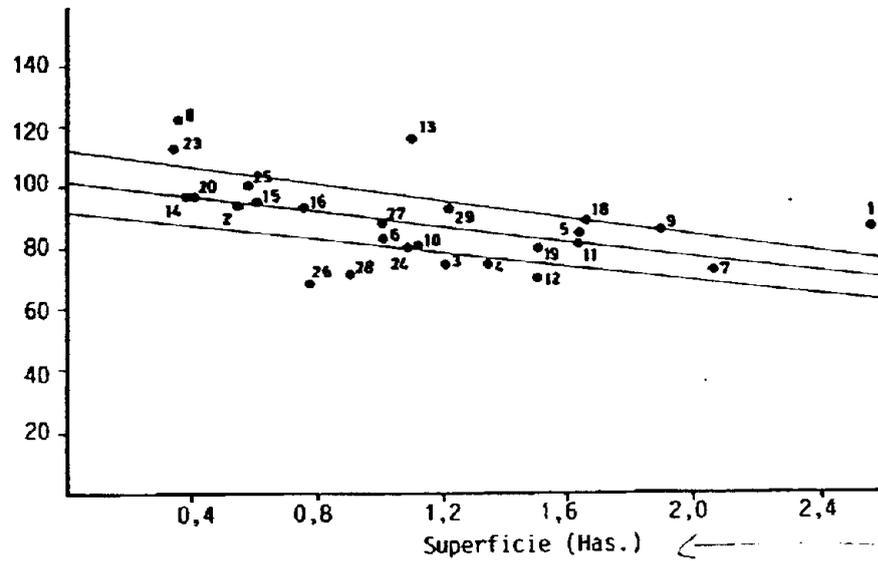
- 1 - Coste (pts/m<sup>2</sup>) - superficie instalada.
- 2 -  $\frac{\text{Coste (pts/m}^2\text{)}}{\text{C.U. subsector}}$  - superficie instalada.

Cuando el coste de la instalación supera en más de un 10% su valor estimado mediante la regresión 1, se considera que su coste es elevado; si es inferior a un 90% de su valor estimado, se considera que su coste es reducido y en el resto de los casos se considera que su coste es normal.

De la misma forma, con la regresión 2 y con un intervalo del 15% (hay mayor dispersión), se estima si el coste de la instalación en relación a su uniformidad en la distribución de agua es elevado, normal o reducido.

Precio C = -13.5 (Superf.) + 103; r = -0.7; n = 26

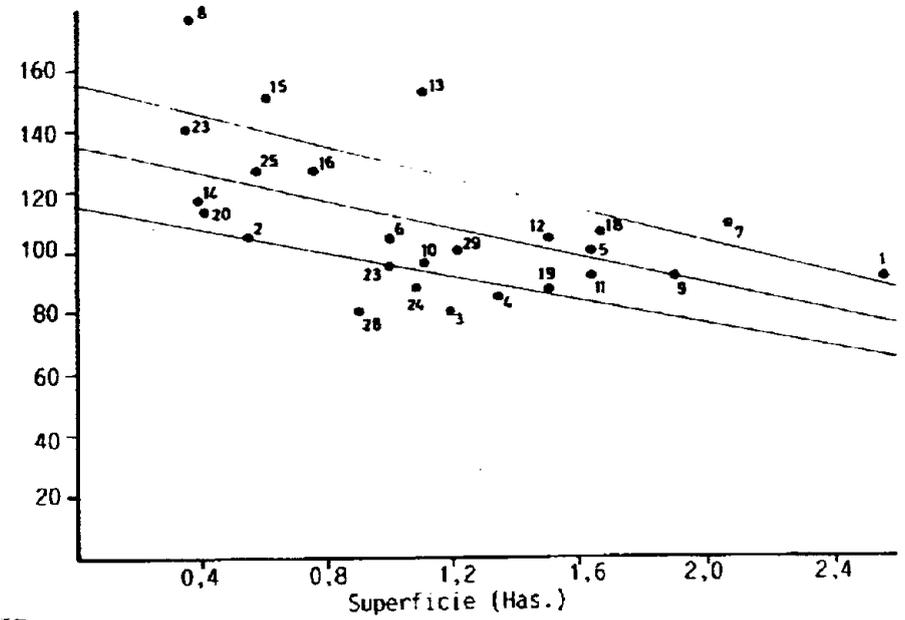
Precio corregido \* (pts./m<sup>2</sup>)



Precio C. = -24.6 (superf.) + 135; r = -0.55; n = 25

C.U. subs.

100 x  $\frac{\text{Precio correg.} = (\text{pts./m}^2)}{\text{C.U. subsec.}}$



\* corregido según se indica en el informe

Nota: No aparecen las instalaciones que no incluyen el cabezal en el presupuesto. (Una de ellas (21) tiene un precio excesivo)

#### 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la evaluación de los treinta sistemas de riego por goteo estudiados, siguiendo la metodología expuesta en el apartado anterior, se condensan en la tabla nº 1. De su análisis cabe señalar lo siguiente:

-Solamente en un porcentaje reducido de las instalaciones evaluadas (23%, que corresponde a 7 instalaciones) existe alguna discrepancia entre lo instalado y presupuestado. En la gran mayoría de estos casos las modificaciones efectuadas no tienen relevancia económica y hubo acuerdo entre agricultor e instalador para su realización.

-En la totalidad de los sistemas evaluados la potencia instalada es muy superior a la necesaria para el funcionamiento correcto de la instalación. La relación potencia instalada/-potencia necesaria, media para las instalaciones evaluadas es de 2.8, lo que quiere decir que por término medio se instala una potencia casi tres veces superior a la necesaria.

-En un 42% de las instalaciones evaluadas el equipo de filtrado no era el adecuado debido a las siguientes causas:

- Sobredimensionamiento de los filtros: 19%.
- Insuficiente capacidad filtrante: 4%.
- Filtro de arena y filtro de malla con diferente capacidad filtrante colocados en serie: 11%.
- Densidad de malla inadecuada: 8%.

Todas estas causas inciden nevatigamente, a corto o largo plazo, en la economía del sistema, debido a: a) exceso de inversión, b) consumo excesivo de energía, ó c) problemas frecuentes de obturaciones.

En cuanto a la uniformidad en la aplicación de agua solamente un 4% de las instalaciones evaluadas funcionan con una uniformidad excelente (C.U. del 90 al 100%). Un 40% tienen una buena uniformidad y más de la mitad (56%) tienen un C.U. menor que el 80%, siendo un 20% de las instalaciones inaceptables en lo que a uniformidad en la aplicación del agua se refiere. El coeficiente de uniformidad medio de las instalaciones evaluadas es del 76%. (Ver fig. 2).

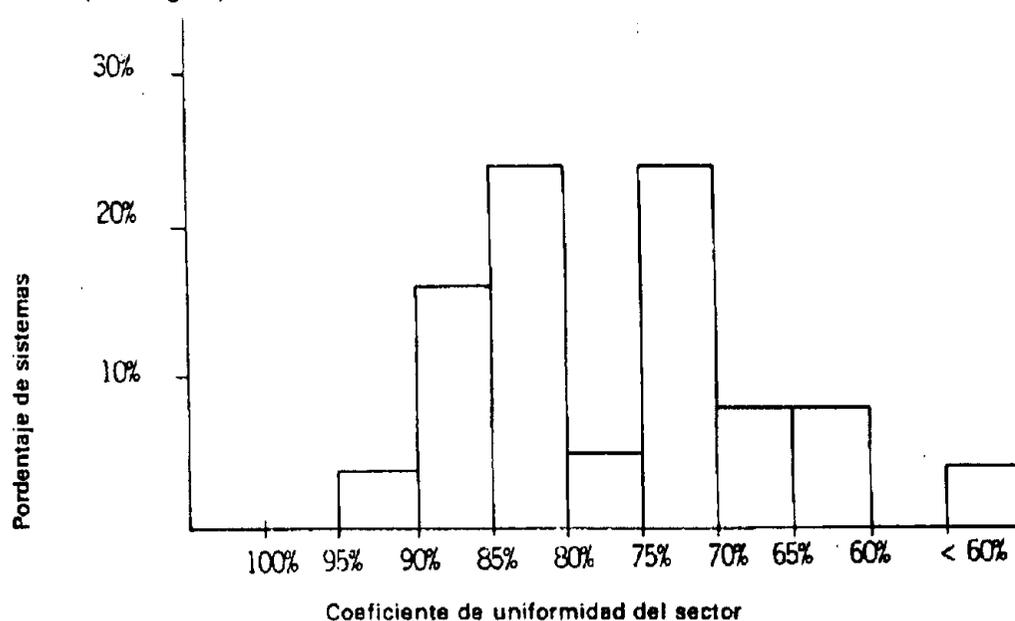


Figura 2

Tabla 1: Resumen de resultados

Instal	A	B	C	D	E	F	G	
							a	b
1	si	si	84	-	0.9	Bueno	E	E
2	si	no	78	d	0.7	Inadec.	N	N
3	no	si	93	-	1.0	Bueno	R	R
4	si	no	85	-	0.3	Inadec.	R	R
5	no	si	81	b	-	Normal	N	N
6	si	si	71	c/d.	1.1	Bueno	N	N
7	si	no	63	c	-	Normal	N	E
8	si	si	66	c	2.2	Normal	F	F
9	si	si	86	-	0.6	Normal	N	N
10	si	si	60	d	0.5	Normal	N	N
11	si	no	88	-	2.3	Normal	N	N
12	si	si	65	c	0.9	Normal	R	N
13	si	no	73	c	1.1	Bueno	F	F
14	si	si	78	c	1.2	Inadec.	N	N
15	no	si	51	c/d	1.4	Inadec.	N	E
16	si	si	78*	c	1.1	Normal	N	N
17	si	-	73	c	0.5	Normal	N	N
18	no	no	73	c/d.	0.9	Normal	N	N
19	si	si	88	-	0.4	Normal	N	N
20	si	no	84	-	1.3	Bueno	N	N
21	si	-	83	-	1.5	Normal	E	E
22	si	si	80	a	0.6	Normal	N	N
23	si	no	70	c/d.	2.1	Inadec.	E	N
24	si	si	84	-	0.6	Normal	N	R
25	no	no	72	c	0.6	Normal	N	N
26	si	-	-	-	-	-	R	-
27	no	no	75*	d	0.6	Inadec.	N	R
28	si	si	89*	-	0.8	Inadec.	R	R
29	si	no	93*	-	0.5	Bueno	N	N
30	si	-	-	-	-	-	-	-

12

A: Adecuación de lo instalado al presupuesto.

Si: la instalación se adecua al presupuesto.

No: Hay disconformidad entre lo instalado y lo presupuestado: Especificado en los informes particulares.

B: Adecuación del equipo de filtrado:

Si: el equipo de filtrado es adecuado para el sistema de riego instalado.

No: El equipo de filtrado no es adecuado para la instalación. Especificado en los informes particulares.

C) Coeficiente de uniformidad en la aplicación de agua en el sector de riego. (%)

	Excelente	Bueno	Aceptable	Inaceptable
C.U. 100 %		90%	80%	70%

D) Causa principal de la falta de uniformidad (en su caso).

-a: Excesivas pérdidas de carga en los ramales portagoteros.

-b: Excesivas pérdidas de carga en la secundaria.

-c: Coeficiente de variación de los goteros elevado.

-d: Diferencia de presión entre subsectores (mal funcionamiento y/o manejo de los módulos reguladores)

E: Relación agua necesaria/agua aplicada.

	Excesiva		Adecuada			Insuficiente			
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4

F: Mantenimiento del funcionamiento por parte del agricultor.

G: Coste de la instalación.

a) Coste en si:

-Elevado (E) Normal (N) Reducido (R)

b) Coste en relación a la uniformidad en la aplicación del agua.

-Elevado (E) Normal (N) Reducido (R)

# Es el C.U. del subsector (no se pudo evaluar el del sector)

-Nota: Las instalaciones que corresponden a cada número aparecen en los informes particulares. (anexo 2).

Las causas por la que los sistemas de riego por goteo evaluados no apliquen el agua con una uniformidad ideal (C.U.= 100%) pueden ser:

-Diferencias de presión dentro del subsector debidas a pérdidas de carga a lo largo de la secundaria y las líneas portagoteros, y a factores topográficos. Su influencia en la uniformidad de aplicación de agua se estima mediante el C.U. debido a presiones. El C.U. medio debido a presiones, medido en las instalaciones evaluadas es del 92,5%, con unas pérdidas de carga medias a lo largo de la secundaria y los ramales portagoteros del 9 y 10 por ciento respectivamente.

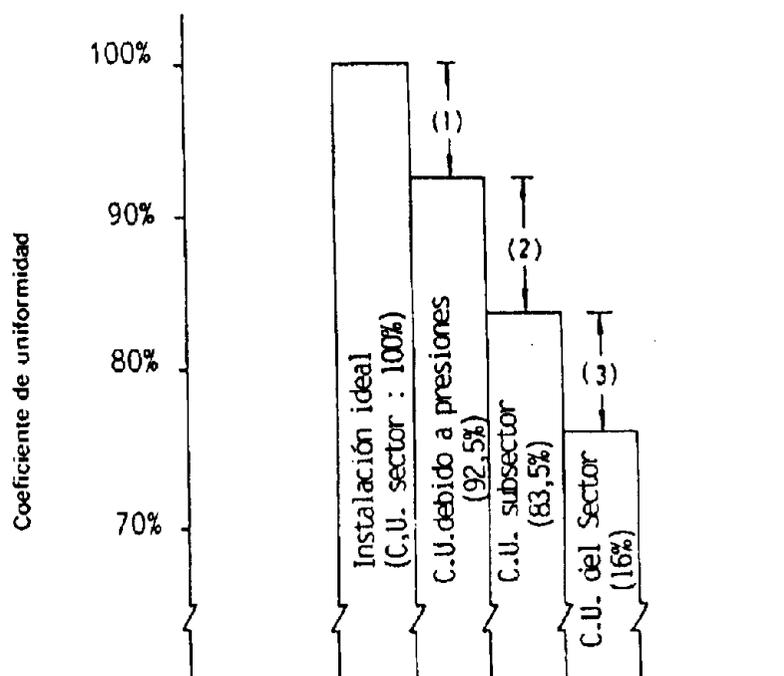
-Coeficiente de variación de los goteros, que mide las variaciones en la descarga, existente entre los goteros funcionando bajo las mismas condiciones de presión. Esta variación se debe a la variabilidad en la fabricación, a defectos en el montaje de los goteros en la tubería y a problemas de obturaciones, aunque estas últimas son poco frecuentes, en el caso que nos ocupa, por el poco tiempo que llevan funcionando las instalaciones evaluadas. Un indicador del coeficiente de variación de los goteros, y por tanto de su calidad, es la diferencia entre el coeficiente de uniformidad debido a presiones y el C.U. del subsector. El C.U. del subsector medio de las instalaciones evaluadas es del 83,5%.

-Diferencias de presión entre subsectores debidas a un mal funcionamiento o un mal manejo de los módulos reguladores existentes a la entrada de cada subsector de riego y a factores relacionados con el diseño de la instalación. La relevancia de estas diferencias de presión entre subsectores en la uniformidad en la aplicación del agua se estima mediante la diferencia entre el C.U. del sector y el del subsector. El C.U. del sector medio es del 76%.

A la vista de los coeficientes se comprueban que por término medio el coeficiente de variación de los goteros (indicador de la calidad de los emisores) es la causa que más afecta a la disminución de la uniformidad en la aplicación de agua respecto de la ideal, seguida de las diferencias de presión dentro del subsector y entre subsectores que afectan en igual cuantía (Ver fig. 3).

**Figura 3.** Causas que hacen disminuir la uniformidad en la aplicación del agua, por término medio.

- (1) -Diferencias de presión en subsector
- (2) -Coeficiente de variación de los goteros
- (3) -Diferencias de presión entre subsectores



Si se analiza la causa principal responsable de la falta de uniformidad en los sistemas con un coeficiente de uniformidad del sector bajo (aceptable o inaceptable), se observa que el coeficiente de variación de los goteros toma un papel más preponderante que en el caso anterior, siéndolo en un 47% de los casos; en un 12% de los casos lo son las diferencias de presión el subsector; en un 18% de los casos lo son las diferencias de presión entre subsectores y en un 23% de las ocasiones es consecuencia de la interacción de varias causas, sin que ninguna de ellas sobresalga.

Los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad de las treinta muestras de tubería de riego, siguiendo los métodos de ensayo expuestos en el apartado anterior, se reflejan en las tablas I, II (y en el anexo de las mismas) de donde se puede deducir:

-Del total muestras el 96,8% son tuberías portagoteros (todas menos una, con gotero interlínea) y una de las muestras, es decir, el 3,2% corresponde a una tubería de distribución de un sistema de riego localizado que no utiliza gotero.

-Las medidas de los tubos nos indican que

- El 3,2% es de 32 mm. (una muestra).
- El 3,2% es de 16 mm. (una muestra).
- El 6,4% es de 13 mm. (dos muestras).
- El 6,4% es de 10 mm. (dos muestras).
- Y el 80,8% restante es de 12 mm. (veinticinco).

-El 25,8 de las tuberías cumplen con la norma UNE 53367, en cuanto a medidas se refiere, lo que significa que el 74,2% restante tiene, alguna de sus medidas por debajo de los valores

mínimos tolerados en la norma. Cifrándonos al caso más numeroso y representativo de los tubos de 12 mm., de las veinticinco muestras medidas, el diámetro exterior medio en el 40% de los casos está por debajo del valor mínimo de 12,0 mm., mientras que con el espesor medio inferior a 1,0 mm. solamente están el 16% de las muestras, aunque con el espesor puntual mínimo por debajo de 1,00 mm. hay un 68% de las muestras.

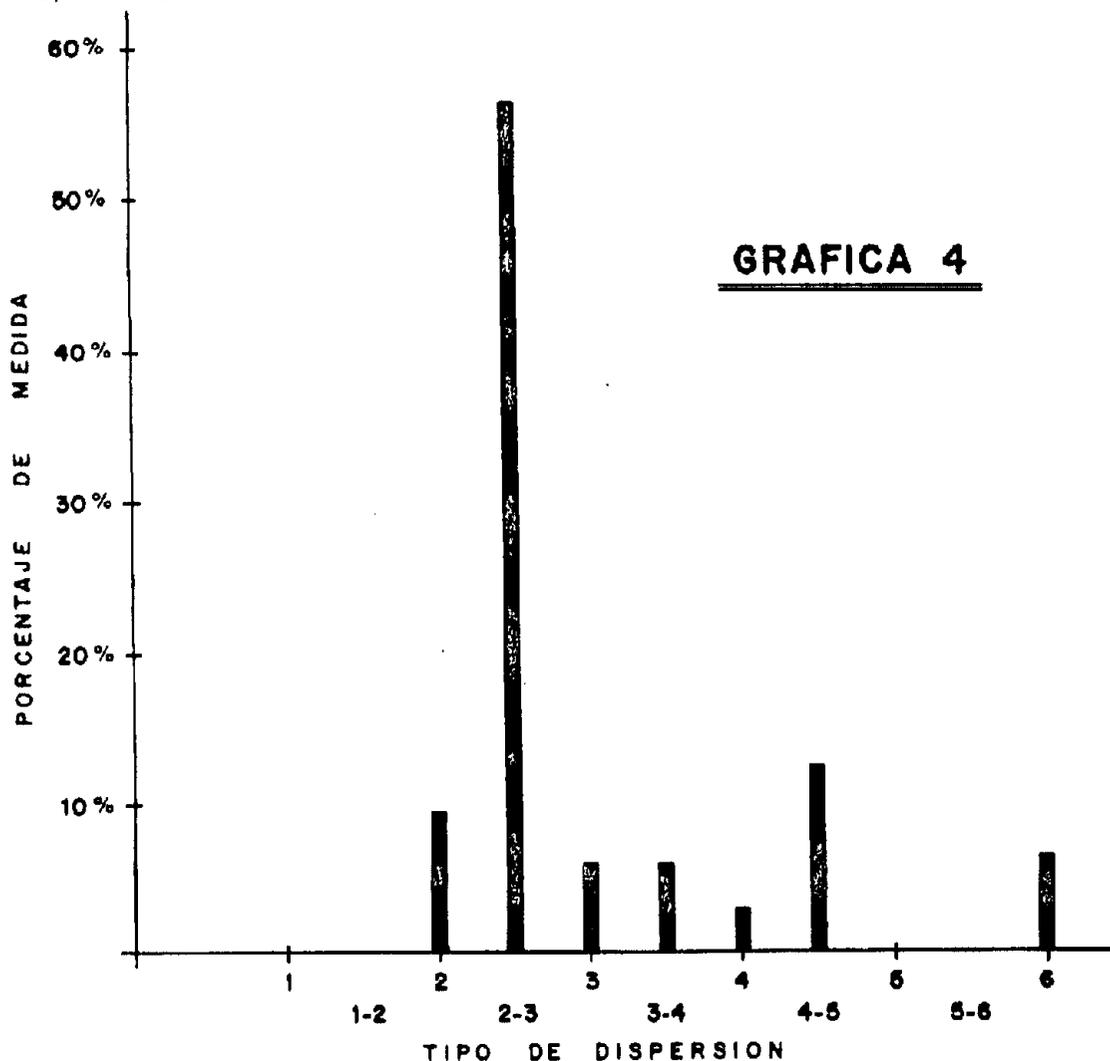
-En un 55,2% de los casos los goteros producen un aumento del diámetro interior del tubo superior al 13%, habiendo casos extremos en los que el aumento es del 21,0% (muestra nº 1), o del 24,5% (muestra nº 28) y del 28,8% (muestra nº 25).

-De las ocho muestras que se ha hecho el ensayo de "cracking" son boquilla por estar las medidas conforme a UNE 531367, el 100% han presentado fisuras o rajaduras no pasando el ensayo. Solamente el 6,7% de las muestras han pasado el ensayo de "cracking" en gotero. Se pone de manifiesto en muchos de ellos la influencia de un aumento del diámetro interior por el gotero superior al 13%.

-Todas las muestras tienen un valor inferior al 3% en cuanto al comportamiento del calor se refiere.

-En cuanto a la materia prima se refiere, el 48,4% de las tuberías analizadas no cumplen con la norma UNE 53367 ya que

- El 48,4% no contiene antioxidante en cantidad y calidad apropiados.
- El 16,1% no contiene el 2% mínimo de negro de carbono.



● El 18,75% tiene una dispersión del negro de carbono mayor del tipo 4, límite superior en cuanto a la calidad de la dispersión y un 3,1% está en el límite, como se desprende de la grafica 4. Existen distintas observaciones a la dispersión que también haría que estuvieran fuera de la norma.

● El 100% de las muestras tienen su indice de fluidez por debajo de 1 gr/10 min. y existe una distribución de las mismas que se corresponde con la gráfica nº 5.

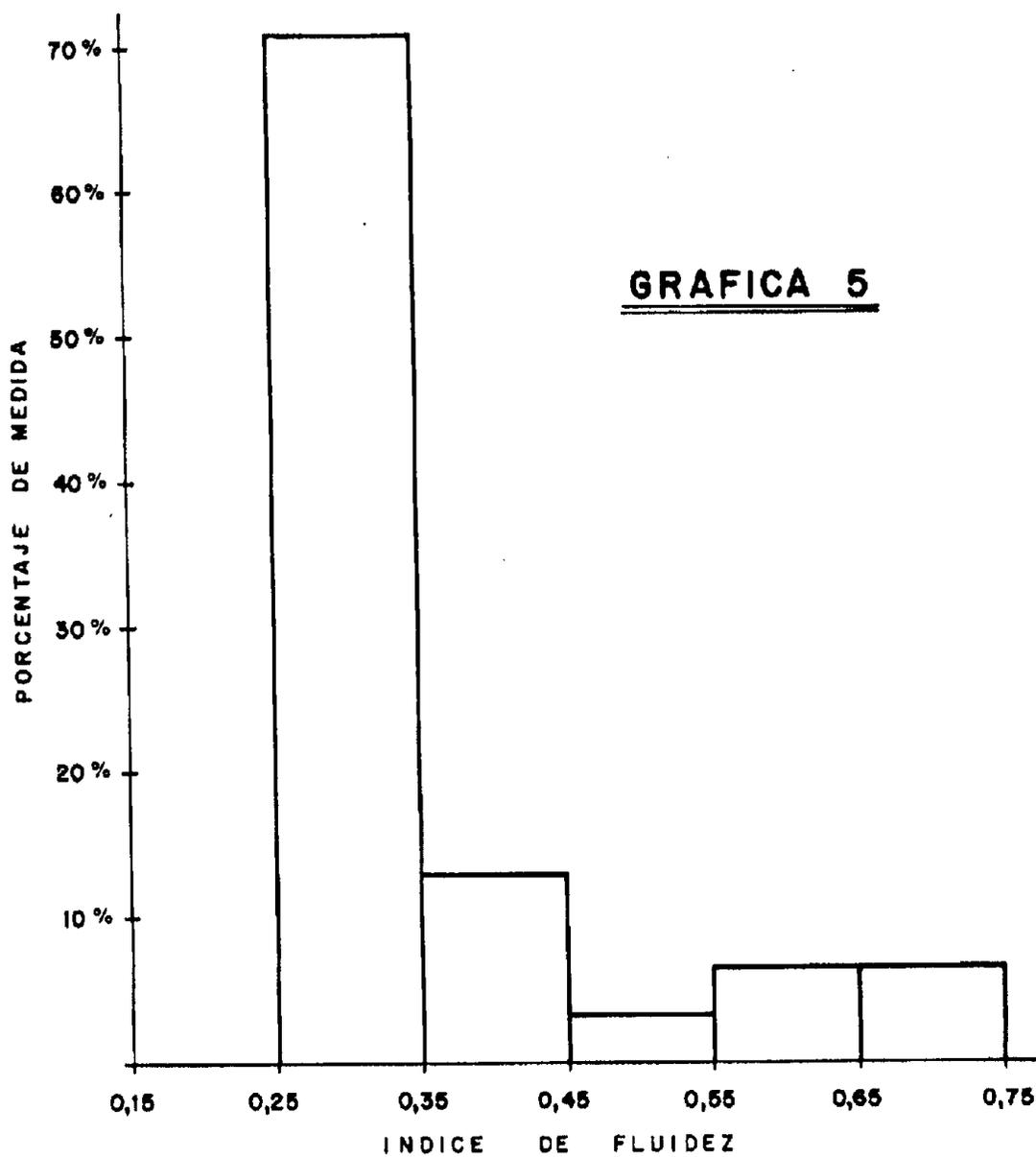


TABLA I

# ANALISIS DE TUBERIA PORTAGOTEROS (Del 1 al 15)

Muestra	MEDIDAS DE TUBO			Aumento del diámetro interior del tubo al introducir el gotero (%)	ENSAYO DE RESISTENCIA AL "CRACKING" SEGUN NORMA UNE 53.367 (1)		
	Diámetro exterior medio (mm)	Espesor medio (mm)	Espesor puntual mínimo (%)		Con boquilla	Con gotero	OBSERVACIONES
1	12,3	1,3	1,30	21,0	No pasa	No pasa	Pequeñas roturas
2	10,5	0,9	0,80	11,0	---	Pasa	---
3	12,3	0,9	0,80	14,6	---	No pasa	Tubería rajada por completo
4	12,4	0,9	0,90	13,2	---	No pasa	Tubería rajada por completo
5	10,6	0,8	0,70	11,3	---	No pasa	Pequeñas roturas
6	12,1	1,0	1,00	12,4	No pasa	No pasa	Tubería rajada por completo
7	11,9	1,0	0,95	16,5	---	No pasa	Pequeñas roturas
8	12,0	1,0	0,85	10,3	---	No pasa	Rajas muy grandes
9 A/B	12,5 / 12,6	1,0 / 0,9	1,00 / 0,90	14,3 / 12,1	---	No pasa / No pasa	Pequeñas roturas / Tubería rajada por completo
10	11,7	0,9	0,90	11,3	---	No pasa	Pequeñas roturas
11	12,2	1,1	1,05	13,1	No pasa	No pasa	Pequeñas roturas
12	11,9	1,0	0,85	17,3	---	No pasa	Tubería rajada por completo
13	12,3	1,0	0,90	13,3	No pasa	No pasa	Rajas grandes
14	12,4	1,0	0,95	13,0	---	No pasa	Pequeñas roturas
15	12,1	1,1	1,05	15,3	No pasa	No pasa	Tubería rajada por completo

TABLA I

**ANALISIS DE TUBERIA PORTAGOTEROS** (Del 16 al 30)

Muestra	MEDIDAS DE TUBO			Aumento del diámetro interior del tubo al introducir el gotero (%)	ENSAYO DE RESISTENCIA AL "CRACKING" SEGUN NORMA UNE 53.367 (1)		
	Diámetro exterior medio (mm)	Espesor medio (mm)	Espesor puntual mínimo (%)		Con boquilla	Con gotero	OBSERVACIONES
16	12,0	1,0	0,95	7,2	---	Pasa	---
17	12,9	1,2	1,05	7,8	---	No pasa	Tubería rajada por completo
18	11,7	1,0	0,95	12,6	---	No pasa	Algunas roturas
19	12,1	1,1	0,95	16,9	No pasa	No pasa	Tubería rajada por completo
20	11,5	1,0	0,95	14,7	---	No pasa	Rompen 3 probetas de las 4. Roturas pequeñas.
21	15,8	1,2	1,15	---	No pasa	---	Lleva gotero pinchado
22	11,8	1,0	0,95	11,9	---	No pasa	Pequeñas roturas
23	11,8	1,0	0,85	11,8	---	No pasa	Pequeñas roturas
24	12,4	1,0	0,90	12,4	---	No pasa	Tubería rajada por completo
25	11,7	1,1	1,00	28,8	---	No pasa	Tubería rajada por completo
26	11,9	1,1	1,05	16,7	---	No pasa	Roturas muy pronunciadas
27	11,7	1,0	0,85	13,4	---	No pasa	Pequeñas roturas
28	13,1	1,0	0,95	24,5	---	No pasa	Tubería rajada por completo
29	12,2	1,1	1,05	13,6	No pasa	No pasa	Pequeñas roturas
30	32,2	1,9	1,80	---	---	---	No lleva gotero

TABLA II

**ANALISIS DE TUBERIA PORTAGOTEROS** (Del 1 al 13)

	Indice fluidéz (gr/10 min.)	Comportamiento al calor (%)	Contenido en negro de carbono (%) (3)	Contenido en antioxidante en cantidad y calidad adecuadas (2)	Dispersión del negro de carbono conforme a UNE 53.133		Observaciones a la dispersión del negro de Carbono (6)
					Tipo	(microfotografía A)	
1	0,31	0,6	2,26	Contiene	2-3	Mejor que A	
2	0,34	1,0	2,08	Contiene	2	Mejor que A	
3 A/ B	0,60	1,1	2,02	No contiene	6 2	Peor que A Mejor que A	En el tipo A los aglomerados de N. de C. son muy grandes. Existen abundantes granos oxidados; zonas sin pigmentar.
4	0,31	1,7	0,75	No contiene	3-4	Mejor que A	Existen granos oxidados (uno de ellos muy grande) Partícula verde. Aglomerados muy grandes. Tamaño de partícula N. de C. no apropiada.
5	0,31	0,3	2,03	Contiene	2-3	Mejor que A	
6	0,70	1,3	1,41	No contiene	6	Peor que A	Existen innumerables granos oxidados, aglomerados grandes, partículas extrañas. El tamaño de partícula en N. de C. no es el apropiado.
7	0,38	0,8	2,22	Contiene	2-3	Mejor que A	
8	0,29	1,6	2,28	No contiene	2-3	Mejor que A	
9 A/ B	0,30 0,30	1,3 2,0	2,40 2,87	Contiene No cont.	2 4	Mejor que A Mejor que A	En el tipo B aparecen aglomerados gordos y el tamaño de partícula del N. de C. no es el apropiado.
10	0,30	0,9	2,13	Contiene	2-3	Mejor que A	
11	0,27	0,9	2,43	Contiene	2-3	Mejor que A	
12	0,30	1,0	2,41	No contiene	2-3	Mejor que A	Aparecen algunos granos oxidados y también granos aglomerados del negro de carbono.
13	0,30	1,8	2,12	No contiene	2-3	Mejor que A	Aparecen aglomerados muy grandes.

TABLA II

**ANALISIS DE TUBERIA PORTAGOTEROS** (Del 14 al 30)

	Indice fluidez (gr/10 min.)	Comportamiento al calor (%)	Contenido en negro de carbono (%) (3)	Contenido en antioxidante en cantidad y calidad adecuadas (2)	Dispersión del negro de carbono conforme a UNE 53.133		Observaciones a la dispersión del negro de Carbono (6)
					Tipo	(microfotografía A)	
14	0,38	1,0	0,56	No contiene	2-3	Mejor que A	Aparecen granos oxidados, aglomerados gordos; el tamaño de partícula de N. de C. no parece apropiado.
15	0,50	0,8	2,23	No contiene	4-5	Peor que A	Tamaño de partícula del N. de C. muy irregular. Existen partículas extrañas, granos oxidados y aglomerados grandes. Se ven zonas sin pigmentar.
16	0,70	0,9	2,63	Contiene	2-3	Mejor que A	Partículas sin pigmentar.
17	0,33	1,4	2,08	Contiene	2-3	Mejor que A	
18	0,29	1,3	2,25	Contiene	2-3	Mejor que A	
19	0,31	1,2	2,25	No contiene	3	Mejor que A	Aparecen aglomerados de N. de C. muy grandes.
20	0,28	1,1	2,19	Contiene	2-3	Mejor que A	
21	0,33	0,9	2,19	Contiene	3-4	Mejor que A	
22	0,31	1,0	2,36	Contiene	2-3	Mejor que A	
23	0,30	1,5	2,30	Contiene	2-3	Mejor que A	
24	0,33	1,0	0,31	No contiene	2-3	Mejor que A	
25	0,31	1,2	2,25	No contiene	4-5	Peor que A	Aparecen partículas extrañas
26	0,35	1,0	2,89	No contiene	4-5	Peor que A	
27	0,35	1,7	2,32	Contiene	2-3	Mejor que A	
28	0,32	1,2	2,15	No contiene	4-5	Peor que A	Agglomerados de N. de C. grandes y partículas extrañas no pigmentadas.
29	0,33	1,0	2,39	Contiene	2-3	Mejor que A	
30	0,55	-	1,53	No contiene	3	Mejor que A	Aparecen granos oxidados, partículas extrañas. El tamaño de partícula del N. de C. no es apropiado.

-En cuanto al manejo por parte del agricultor (mantenimiento del funcionamiento de la instalación) puede considerarse que es bueno en un 21% de los casos, normal en un 55% y en un 24% de las instalaciones evaluadas es inadecuado. Hay que señalar aquí que, con el tipo de sistemas instalados, sin componentes de tecnología sofisticada y que requieren poco tiempo, debe resultar muy simple un manejo bueno de la instalación por parte del usuario.

-La cantidad de agua aplicada se estimó que era adecuada en un 27% de las instalaciones evaluadas, excesiva en un 50% e insuficiente en un 23%. Hay que destacar que en ninguna de las instalaciones evaluadas se siguen criterios técnicos para estimar la cantidad de agua de riego necesaria ni existen instalados contadores que permitan dosificar el agua aportada. Debido a que la evaluación se realizó en una época de baja demanda evaporativa, estas estimaciones pueden estar sujetas a errores considerables.

-En cuanto a tipos y cantidades de fertilizantes aplicados se detectó una falta de información y desconcierto absoluto, por lo que fue imposible sacar ninguna conclusión, excepto la de que la fertilización puede ser causante de problemas de obstrucciones, debido a la aplicación a través de la red de mezclas de los productos más diversos.

Estos dos últimos apartados ponen de manifiesto la ausencia de servicios de asesoramiento técnico al agricultor que le permitan obtener el máximo rendimiento a las inversiones notables realizadas en instalaciones de riego tan sofisticadas.

-El coste en ptas/m<sup>2</sup> está relacionado con la superficie total instalada, aumentando aquel al disminuir ésta. En un 64% de las instalaciones evaluadas el coste de las mismas puede considerarse normal, en un 18% de los casos es excesivo y en otro 18% el coste es reducido.

En cuanto al coste en relación a su uniformidad en la aplicación del agua, es normal en un 54% de las instalaciones, elevado en un 23% y reducido en otro 23% de los casos.

El que el precio de una instalación sea elevado no quiere decir que el precio de sus componentes lo sea. Normalmente el precio de éstos es normal pero su sobredimensionamiento en relación a las necesidades de instalación hace que ésta se encarezca.

Los resultados obtenidos para cada instalación de modo individual se adjuntan en el anejo 2.

## **5.- Recomendaciones finales**

1\* La calidad de las instalaciones es aceptable y la labor de los instaladores es, en general, positiva. Sin embargo se aprecian deficiencias en el diseño técnico que repercuten en el coste de las instalaciones. Estas deficiencias podrían subsanarse fácilmente adecuando la potencia de la bomba y el equipo de filtrado y fertirrigación a las necesidades reales de la instalación.

2\* La uniformidad en la aplicación del agua es baja teniendo en cuenta que los sistemas evaluados son de reciente instalación. El motivo fundamental de la baja uniformidad en la aplicación del agua es la deficiente calidad de los goteros, aspecto fundamental a tener en cuenta por el instalador. Sería conveniente exigir la descripción, características y marca de los goteros en futuras instalaciones.

3\* Es bastante alarmante que casi el 50% de las tuberías evaluadas, no estén fabricadas con la materia prima adecuada, estando en un nivel de calidad no aceptado, ni por la norma UNE 53367, ni por las normas internacionales de tubería.

Los problemas que se pueden producir debido a una calidad no adecuada de la materia

prima es la poca duración y rotura de los tubos. Sería interesante que agricultor e instalador conociesen la calidad de la tubería que están instalando.

4\* Sería necesario hacer hincapié en la necesidad de una mayor exactitud en las medidas de los tubos portagoteros, con el fin de evitar la disparidad de valores y acogerse preferentemente a las expresadas en las normas vigentes.

Es importante unificar los criterios y exigencias que se van a pedir a las tuberías portagoteros, pues aunque una mayor dilatación del diámetro interior del tubo por parte del gotero lo hace más estanco y no se sale con facilidad al tirar del tubo, tiene la contrapartida de que se sobrepasa los límites elásticos de los tubos produciéndose roturas, incluso sin la presencia de agresivos contra el tubo de polietileno, contenidos en el agua de riego.

5\* Una vez instalado, el sistema se maneja sin ningún tipo de orientaciones técnicas en lo que se refiere a conocer el volumen de agua a añadir ni el fertilizante. Parece aconsejable la creación de un servicio de asesoramiento técnico post-venta, en mantenimiento, programación de riegos y fertirrigación.

### **Referencias**

Castilla y Cols. 1.984. Necesidades de agua de los principales cultivos en los invernaderos de la costa de Almería. Horticultura, nº 17 pag. 23-32.

Fereres, E. y J. Berengena. 1.981. El manejo del agua en los cultivos forzados bajo invernadero de Almería. Comunicación presentada a la Reunión Técnica de la Comisión Internacional de Ingeniería Rural, Almería. Febrero 1.981.

Handley y Cols. 1.983. Evaluating low-volume irrigation systems for emission uniformity. California Agriculture 10-12. Enero-Febrero.

Keller, J. y Karmeli, D. 1.974. Trickle Irrigation Design, Rainbird Corp. Glendora, Ca. 197 p.

Merriam, J.L. y Keller, J. 1978. Farm Irrigation System Evaluation. Utah State University misc. pub. 217 p.



**4.- GOTERO**

Marca: (s)

Tipo(s):

Caudal:

Inspección y mantenimiento:

Tratamientos:

Mínimo diámetro de paso:

**5.- MANEJO DE RIEGO**

Frecuencia (s):

Duración (s):

Fecha de riego anterior:

Criterios para riego:

Cultivo:

**6.- OBSERVACIONES**

Emisores obturados (sobre 100).

**7.- ABONADO Y PESTICIDAS****8.-**

Superficie instalada.

Superficie del sector evaluada.

Superficie máxima que se riega simultáneamente.

UNIFORMIDAD DEL RIEGOPresión entrada

	1er. GOTERO		1/3 GOTERO		2/3 GOTERO		ULTIMO GOTERO	
	q	p	q	p	q	p	q	p
1 <sup>er</sup> LATERAL								
1/3 LATERAL								
2/3 LATERAL								
ULTIMO LATERAL								

	P	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>3</sub>	q	$\bar{q}$
PRESION (P <sub>1</sub> )						
PRESION (P <sub>2</sub> )						

OBSERVACIONES

## **ACLARACIONES A LOS ANALISIS DE TUBERIAS**

- 1) El ensayo se llevó a cabo en todos los casos con cuatro probetas por falta de material suficiente (la norma exige 10 probetas); en unos casos por falta de más goteros y en otros de tubo. Se uso la boquilla correspondiente sólo en los casos en el que las medidas del tubo estaban conforme a UNE 53.367; en todos los casos se llevó a cabo con los goteros existentes con cada muestra; este último ensayo no es especificado en dicha norma pero si es orientativo.
- 2) El contenido en antioxidante se determinó por Diferencial Scanning Calorimetric, mediante el tiempo de inducción en minutos.
- 3) El contenido en negro de carbono se determinó conforme a la norma UNE 53.375 descontando las cenizas en caso de que las hubiere.
- 4) En la muestra núm. 3 se han encontrado dos tipos de dispersiones distintas.
- 5) En la muestra núm. 9 se han encontrado dos tipos de tubería, tanto en los resultados de los ensayos como en la marca de los mismos.
- 6) Aunque en el ensayo de dispersión no se cita nada acerca de lo que se observa al microscopio específicamente, se ha creído conveniente el señalarlo en algunos casos.

**Mayo, 1985**