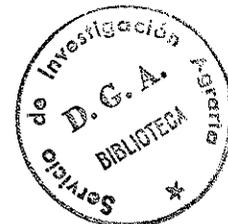


- 7 ENE. 1988



INFORMACIONES TECNICAS

19/1.987

"RIEGO POR ASPERSION"

(Cálculo de tuberías por ordenador)

A. Bercero.

- 7 ENE. 1988



INTRODUCCION

En el presente escrito se describe la forma de calcular los diámetros de tuberías de un sistema fijo por aspersión, con la ayuda de un programa de ordenador. También se incluyen dos ábacos, por ser un sistema utilizado para calcular instalaciones de riego.

Para el desarrollo del ejemplo se ha supuesto un caso imaginario de una finca de forma irregular, situada en las proximidades de Zaragoza y cultivo prioritario maíz.

Se ha elegido el marco de 18 x 21 m. por ser el más usual en Aragón.

No obstante, puede resultar más interesante adoptar marcos más estrechos, para paliar la deficiente distribución del riego cuando sopla viento fuerte. No obstante, se pueden plantear dos versiones:

- a) Utilizar un marco de 18 x 21 m. y procurar regar por la noche cuando hay viento.
- b) Establecer un marco más reducido (15 x 15), (15 x 18), e incluso menor y regar aún cuando haya viento.

Por otra parte, la textura del suelo, la pendiente, la dirección del viento, el cultivo, etc., son factores que hay que tener en cuenta para el diseño de una instalación.

CALCULO DE INSTALACIONES DE RIEGO POR ASPERSION POR METODOS RAPIDOS

EJEMPLO DE UN DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSION FIJO

Suponemos de antemano, que se ha tomado la decisión de equipar una finca con riego por aspersión, no entrando en detalles de si será mas conveniente equiparla con otro sistema, porque obedece a diversos condicionantes que aquí no se exponen.

Partiendo de esta premisa, vamos a repasar ordenadamente los pasos que hay que seguir, para calcular esa instalación de una manera rápida y fiable.

DATOS DE PARTIDA QUE SON NECESARIOS CONOCER

- NECESIDADES DE AGUA EN EL MES DE MAXIMO CONSUMO.
- PLUVIOMETRIA A PRODUCIR POR EL SISTEMA DE RIEGO.
- DISEÑOS DE INSTALACION CON ARREGLO A LA PRESION Y CAUDAL DISPONIBLE.
- CALCULO DE TUBERIAS PRINCIPALES.
- CALCULO DE TUBERIAS PORTAASPERSORES Y PORTARRAMALES.

NECESIDADES DE RIEGO EN EL MES DE MAXIMO CONSUMO

En cada zona agroclimática existen datos suficientes que se pueden obtener de la estación climática o del observatorio meteorológico mas cercano, para poder saber con aproximación las necesidades hídricas de los cultivos de la zona.

Las necesidades hídricas de un cultivo en el mes de máximo consumo, o evapotranspiración del cultivo (ETc) vienen determinados por la fórmula siguiente:

$$ETc = ETo \times Kc \quad \text{donde}$$

ETc = evapotranspiración del cultivo.

ETo = evapotranspiración de referencia.

Kc = coeficiente de cultivo.

Existen varios métodos para calcular la ETo, unos más sencillos, -- que son menos precisos, otros más complicados. Este dato (ETo) se puede obtener a partir de los datos de las estaciones climáticas.

Nos vamos a centrar en un lugar concreto y en un determinado cultivo para la realización de los cálculos.

Cada zona y alternativa de cultivos requerirá los suyos.

El más sencillo, BLANEY CRIDLE, necesita solamente la temperatura - media del mes en cuestión y la latitud del lugar que nos interesa para calcular la

$$ET_o = p (0'46 \times T^{\circ} + 8'13)$$

$p = 0'33$ en nuestra latitud en el mes de julio.

$T^{\circ} = 24^{\circ} C$ temperatura media mes de julio en Zaragoza.

$$ET_o = 0'33 (0'46 \times 24 + 8'13) = 6'30 \text{ mm/día en julio.}$$

Esta ET_o se corrige con arreglo a la velocidad del viento, humedad - relativa y porcentaje de horas con cielo nublado.

En el mes de julio, con arreglo al viento, la humedad y las horas de cielo nublado, estimamos el factor de corrección en 1. Por tanto, la ET_o del mes de julio en Zaragoza es de 6'30 mm/día según el método de BLANEY CRIDLE.

Ahora depende del cultivo en cuestión. El K_c a aplicar para obtener la evapotranspiración real de ese cultivo en el mes considerado.

Si se trata de un maíz, en esta época el $K_c = 1'2$, por tanto $ET_c = 6'30 \times 1'2 = 7'56 \text{ mm/día.}$

PLUVIOMETRIA A PRODUCIR POR EL SISTEMA DE RIEGO

Tenemos que tener muy en cuenta que la pluviometría del sistema de - riego debe ser igual o inferior a la permeabilidad del suelo, para que no se pro - duzca escorrentía.

Conocemos la permeabilidad de distintos tipos de suelos y de forma - general la resumimos así:

Arcillosos	4-5 mm/h.
Franco limosos	7-8 "
Franco	10-12 "
Franco arenosos	14-16 "
Arenosos	18-22 "

La textura de la tierra y la profundidad del suelo nos permite cono - cer la capacidad de retención de agua útil en el suelo y la dosis máxima de rie - go.

La tendencia actual es proyectar un sistema de riego, que nos produzca una pluviometría de 5-6 mm/h. por tres razones:

- 1ª. No hay peligro de escorrentía en la mayoría de los suelos.
- 2ª. Permite una instalación con diámetros de tuberías mas pequeños y por tanto mas baratos.

Si pretendemos una pluviometría de 10 o 15 mm/h. la instalación se nos en carece ostensiblemente.

- 3ª. El tiempo de riego de cada módulo es razonable.

A continuación y pensando en los 5-6 mm/h. de pluviometría, hay que elegir el aspersor adecuado, en función de la presión que disponemos en el hidrante de entrada en finca, y consiguientemente la presión que podemos disponer en aspersores.

Suponemos que en hidrante tenemos 4 atm. de presión = 40 m.c.a.

Podemos pensar de antemano que la presión media de los aspersores puede ser de 3'5 atm.

Sabiendo ésto, miramos los catálogos de las casas comerciales y elegimos el Modelo que a la presión de 3'5 atm. nos produzca entre 5 y 6 mm/h. de pluviometría que pretendemos.

El catálogo de la casa comercial nos dice la descarga del aspersor (l/h) y el alcance (radio) en mts., para distintas presiones y diámetros de boquillas.

El espaciamiento entre aspersores debe oscilar entre 1 y 1'4 multiplicado por el radio de alcance. Supongamos que elegimos un espaciamiento de 1'3 x radio de alcance. En nuestros climas de frecuentes vientos puede ser prudente elegir un espaciamiento menor y si no, regar por la noche.

Si el alcance de ese aspersor, trabajando a 3'5 atm. es de 15 m., el espaciamiento teórico será de $15 \times 1'3 = 19'5$ m.

Se puede adoptar marco real, rectangular o triangular. En principio es mejor el triangular porque aprovecha mejor el área regada, es decir, hay menos superficie doblemente mojada y poco mojada.

En este caso podemos adoptar un marco de 18 x 21 m. triangular ya que $18 \times 21 \text{ m.} = 378 \text{ m}^2$ se aproxima a $19'5 \times 19'5 \text{ m.} = 380'25 \text{ m}^2$.

Elegimos pues un aspersor que trabajando a 3'5 atm. de presión con una boquilla de 5'1 mm de \varnothing nos produce una descarga de 1.925 l/h. y un alcance de 15 m. Se puede elegir otro diámetro de boquilla con distinta descarga.

Al haber elegido un marco de 18 x 21 m. = 378 m² nos producirá una pluviometría de $1925 : 378 = 5'09$ l/h/m² o mm/h. acorde con nuestras pretensiones.

DISEÑOS DE INSTALACION DE RIEGO POR ASPERSION

Pensemos en la finca concreta que ha de regarse. Se trata de 12 Ha. de forma irregular según la figura.

Teniendo en cuenta las necesidades de riego en el mes de máximo consumo y la alternativa de cultivos de la zona, se ha calculado el caudal característico en 1'2 l/sg/Ha. Entonces deben llegar al hidrante de entrada a finca 12 Ha. x 1'2 l/sg/Ha. = 14'4 l/sg de caudal (51.840 l/h.).

Con el aspersor elegido previamente, se pueden regar a la vez con $51.840 : 1.925 = 26'92987 \approx 27$ aspersores. Luego habrá que diseñar cada módulo de 27 aspersores.

Como se trata de una finca de forma irregular, se proyectan los sectores regulares primero, y se completa con los de forma irregular.

En este caso según el diseño debe haber el mayor número de sectores regulares con 27 aspersores cada uno, y los mínimos irregulares con un número de aspersores variable, preferible con un número de aspersores próximos a 27. Solamente se puede regar un sector cada vez (un máximo de 27 aspersores), porque tenemos la limitación de caudal en el hidrante de entrada.

Si en hidrante disponemos de 4 atm. y pretendemos que la presión media de trabajo de los aspersores sea de 3'5 atm., debemos procurar que las pérdidas de carga desde el hidrante de entrada hasta la entrada del módulo mas desfavorecido (pérdidas en la tubería principal), sea como máximo de 0'25 atm. = 2'5 m.c.a. para que a la entrada del módulo haya 3'75 atm. y la presión media de cada módulo sea 3'5 atm.

CALCULO DE TUBERIAS PRINCIPALES

En una instalación de este tipo lo mas corriente es que sean de P.V.C. por resultar mas económicas.

Para hallar las pérdidas de carga se pueden utilizar ábacos confeccionados al efecto o fórmulas. Aquí utilizo indistintamente las fórmulas de Scobey o Hazen-Williams, ya que dan unos resultados muy parecidos.

$$\text{Scobey: } J = \frac{K}{387} \times \frac{V^{1,9}}{D^{1,1}}$$

J = pérdida de carga en m.c.a./m.l.

K = coeficiente según material de tubería, P.V.C. K = 0'32

V = velocidad del líquido en la tubería en m/sg.

D = diámetro interior de la tubería en mts.

$$\text{Hazen-Williams: } J = (V/0'85 \times C \times R^{0'63})^{1'852}$$

J = pérdida de carga en m.c.a./m.l.

$$V = \text{velocidad del agua en m/sg} = \frac{Q(\text{l/sg})}{\text{Sección (dm}^2)} / 10$$

C = coeficiente según material de la tubería.

$$\text{P.V.C.} = 140$$

$$R = \text{radio hidráulico} = \frac{\text{Sección}}{\text{Perímetro}} = \frac{D \text{ interior en mts.}}{4}$$

Hallada la pérdida de carga por m.l. de conducción, se multiplica por la longitud de la tubería y se obtiene la pérdida de carga total. Posteriormente se suma o se resta la pérdida de carga correspondiente al desnivel y se obtiene la pérdida de carga real.

Pérdida de carga real = pérdida de carga hidráulica ± desnivel.

La distancia máxima hasta el módulo mas alejado es de 500-550 m.l. - según diseño.

Haciendo los cálculos por cualquiera de las fórmulas anteriores, o empleando ábacos, se obtiene el diámetro de tubería comercial que produce una pérdida de carga inferior a 2'5 m.c.a. teniendo en cuenta la pendiente del terreno, que en este caso es descendente del 1'5% a partir del hidrante.

En este caso será suficiente una tubería de 140 mm de Ø para que pueda llegar una presión de 3'75 atm. al módulo mas alejado:

A la entrada de cada uno de los módulos o sectores es conveniente colocar un regulador de presión para que todos los sectores rieguen en las mismas condiciones.



CALCULO DE TUBERIAS PORTAASPERORES Y PORTARRAMALES

Hemos dicho que la presión a la entrada de cada módulo va a ser de 3'75 atm. La diferencia de presión entre el aspersor más y menos favorecido no debe llegar al 20%, es decir, si el más favorecido dispone de una presión de 3'75 atm., el más desfavorecido debe tener una presión mínima de 3'05 atm. Para esto se calcula la pérdida de carga de la tubería portaspersores de mayor longitud (desde la salida de la secundaria) y ésta será la pérdida de carga máxima que se produce en ese trozo.

Después se calcula la pérdida de carga que se produce en cada tramo de tubería portarramales con arreglo al caudal que lleva cada uno. Cada tramo tendrá el diámetro adecuado.

En el caso que nos ocupa, la tubería portaspersores puede ser de P.E. o P.V.C. y el diámetro exterior de 32 o 40 mm. El timbraje de las tuberías enterradas debe ser de 6 atm. para que trabaje a la mitad de la presión nominal.

La fórmula que utilizo es la de D. Jesús Rodrigo López.

$$J = 7'89 \times 10^5 \times Q^{1'75} \times D^{-4'75}$$

J = pérdida de carga en m.c.a./m.l.

Q = caudal en cada tramo en l/sg.

D = diámetro interior en mm.

La tubería portarramales consta de varios tramos de determinada longitud cada uno según el diseño.

Como esto es muy laborioso de calcular, por tener que utilizar los ábacos cada tramo y tener en cuenta la pendiente del terreno, es preferible hacer los cálculos con ordenador. Para ello se dispone de un programa confeccionado al efecto, el cual te pide los datos necesarios, que son:

TUBERIA PORTAASPERORES

Caudal de la tubería portaspersores de mayor número de aspersores ($1.925 \times n$). n = número de aspersores en ese lado.

Distancia entre dos aspersores o distancia desde la salida hasta el aspersor.

Número de tramos.

Descarga de cada aspersor (1.925 l/h).

Pendiente en % (ascendente +, o descendente -).

Presión de trabajo (3'5 atm.).

Una vez introducidos estos datos por pantalla, el ordenador te imprime en pantalla o impresora la pérdida de carga habida y el diámetro comercial necesario, para que cumpla las condiciones estipuladas.

TUBERIA PORTARRAMALES

Para calcular los diámetros de los distintos tramos, a continuación y dentro del mismo programa, te pide los datos necesarios, que son:

Caudal total del módulo o sector (caudal (l/h)/aspersor x número de aspersores del sector) (1.925 l/h x 27 aspersores).

Número de tramos.

Longitud de cada tramo.

Número de aspersores del ramal mayor.

Descarga de cada aspersor (1.925 l/h).

Pendiente (ascendente +, o descendente -).

Presión media de trabajo (3'5 atm.).

Comprobaremos que con los diámetros calculados, en la tubería portaspersores y portarramales, la suma de las pérdidas de carga de ambas es inferior al 20% de la presión media del sector.

La ventaja fundamental de hacer los cálculos con ordenador, aparte de la fiabilidad es la rapidez y sencillez.

DATOS A INTRODUCIR SEGUN TIPO DE DISEÑO

DISEÑO A

Módulos regulares

Tuberías portaspersores:

Caudal máximo a cada lado = 2 aspersores x 1.925 l/h. = 3.850 l/h.

Distancia entre dos aspersores = 21 m.

Número de tramos = 2.

Descarga de cada aspersor = 1.925 l/h.

Pendiente en % = + 1'6

Presión media de funcionamiento = 35 m.c.a.

Resultado:

pérdida de carga hidráulica = m.c.a. 4'43

pérdida de carga por desnivel = m.c.a. 0'63

pérdida de carga real = m.c.a. 5'06

diámetro de la tubería portaspersores = mm. 32

Tuberías portarremales:

Caudal total del sector = 27 aspersores x 1.925 l/h = 51.975 l/h.

Longitud de cada tramo = 18 m.

Número de aspersores máximo de la tubería portaspersores = 5.

Caudal de cada aspersor = 1.925 l/h.

Número de tramos = 6.

Pendiente en % = 0.

Presión media de trabajo = 35 m.c.a.

Resultado:

	<u>l/h</u>	<u>pérdida de carga hidráulica</u>	<u>pérdida de carga por desnivel</u>	<u>Real</u>	<u>Ø mm.</u>
tramo 1º	51.975	0'250	--		125
tramo 2º	44.275	0'367	--		110
tramo 3º	34.650	0'233	--		110
tramo 4º	26.950	0'392	--		90
tramo 5º	17.325	0'417	--		75
tramo 6º	9.625	0'331	--		63
Total.....		1'990	0	1'99	

No exponemos los módulos irregulares por no ampliar en exceso esta información.

DISEÑO B

Módulos regulares

Tuberías portaspersores:

Caudal de cada lado = 1 aspersor x 1.925 l/h = 1.925 l/h.

Distancia de la salida al aspersor = 26 m.

Número de tramos = 1

Descarga del aspersor = 1.925 l/h.

Pendiente en % = + 1

Presión de trabajo = 35 m.c.a.

Resultado:

pérdida de carga hidráulica = 4'13 m.c.a.

pérdida de carga por desnivel = 0'26 m.c.a.

pérdida de carga real = 4'39 m.c.a.

diámetro de la tubería portaspersores = 25 mm.

Tuberías portarramales:

Caudal total del sector = 27 aspersores x 1.925 l/h. = 51.975 l/h.

Número de tramos = 13

Longitud de cada tramo = 10 m.

Número de aspersores de la tubería portaaspersores = 2

Descarga del aspersor = 1.925 l/h.

Pendiente en % = - 1

Presión media de funcionamiento = 35 m.c.a.

Resultado:

	<u>l/h</u>	<u>pérdida de carga hidráulica</u>	<u>pérdida de carga por desnivel</u>	<u>Real</u>	<u>Ø mm.</u>
tramo 1º	51.975	0'27	---		110
tramo 2º	48.125	0'24	---		110
tramo 3º	44.275	0'20	---		110
tramo 4º	40.425	0'17	---		110
tramo 5º	36.575	0'15	---		110
tramo 6º	32.725	0'31	---		90
tramo 7º	28.875	0'25	---		90
tramo 8º	25.025	0'19	---		90
tramo 9º	21.175	0'34	---		75
tramo 10º	17.325	0'23	---		75
tramo 11º	13.475	0'15	---		75
tramo 12º	9.625	0'18	---		63
tramo 13º	5.775	0'075	---		63
Total		2'75	- 1'30	1'45	

DISEÑO C

Módulos regulares

Tuberías portaaspersores:

Caudal a cada lado = 2 aspersores x 1.925 l/h. = 3.850 l/h.

Distancia compensada de la salida al aspersor = 15 m.

Número de tramos = 2

Descarga del aspersor = 1.925 l/h.

Pendiente en % = 1'5

Presión de funcionamiento = 35 m.c.a.

Resultado:

pérdida de carga hidráulica = 3'7974 m.c.a.

pérdida de carga por desnivel = 0'54 m.c.a.

pérdida de carga real = 4'3374 m.c.a.

diámetro de la tubería portaspersores = 32 mm.

Tubería portarramales:

Caudal total del sector = 15 aspersores x 1.925 l/h. = 28.875 l/h.

Número de tramos = 5

Longitud de cada tramo = 18 m.

Número de aspersores en cada tramo = 3

Descarga del aspersor = 1.925 l/h.

Pendiente en % = 0

Presión media de funcionamiento = 35 m.c.a.

Resultados:

	<u>Q(l/h)</u>	<u>Pérdida de carga hidráulica</u>	<u>Pérdida de carga por desnivel</u>	<u>Pérdida de carga real</u>	<u>Ø mm.</u>
tramo 1º	28.875	0'445	---	0'445	90
tramo 2º	23.100	0'30	---	0'30	90
tramo 3º	17.325	0'42	---	0'42	75
tramo 4º	11.550	0'46	---	0'46	63
tramo 5º	5.775	0'13	---	0'13	63
Total.....		1'75	0	1'75	

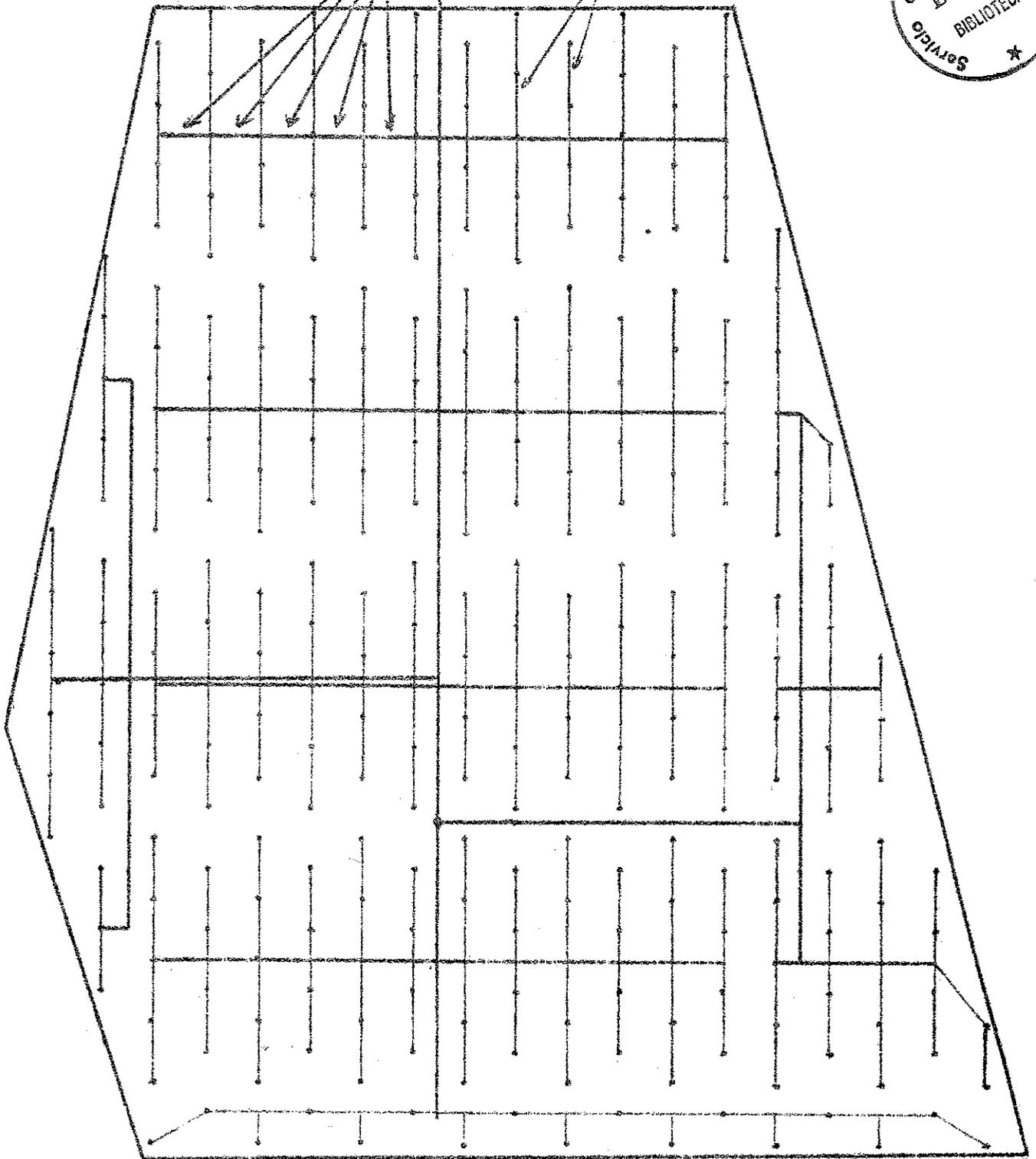
Sumando las pérdidas de carga real de la tubería portaspersores (4'3374 m.c.a.) más las de las tuberías portarramales (1'75 m.c.a.) nos da 6'0874 m.c.a. y vemos que es inferior a 7 m.c.a. que es el 20% de la presión media de funcionamiento (35 m.c.a.).

Hemos querido exponer brevemente, la variabilidad que puede existir en los diseños, estando los aspersores en el mismo lugar.

El decidirse por uno u otro, dependerá del precio a que resulte cada uno, y esto entra ya dentro de la optimización del riego que es tema de otra publicación.

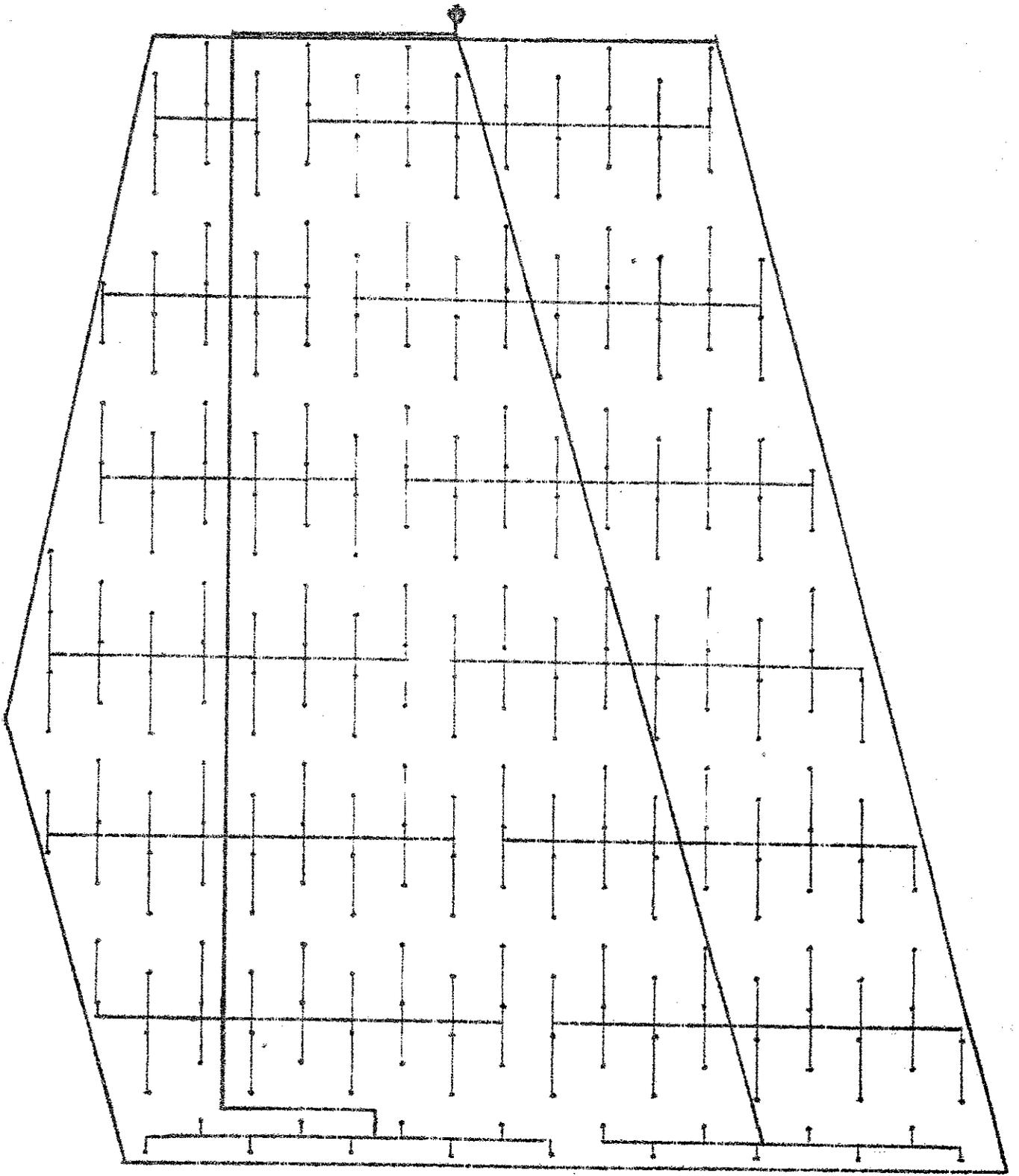
Tuberías portarremales

Tuberías porta-aspersores



DISEÑO A

Hidrante

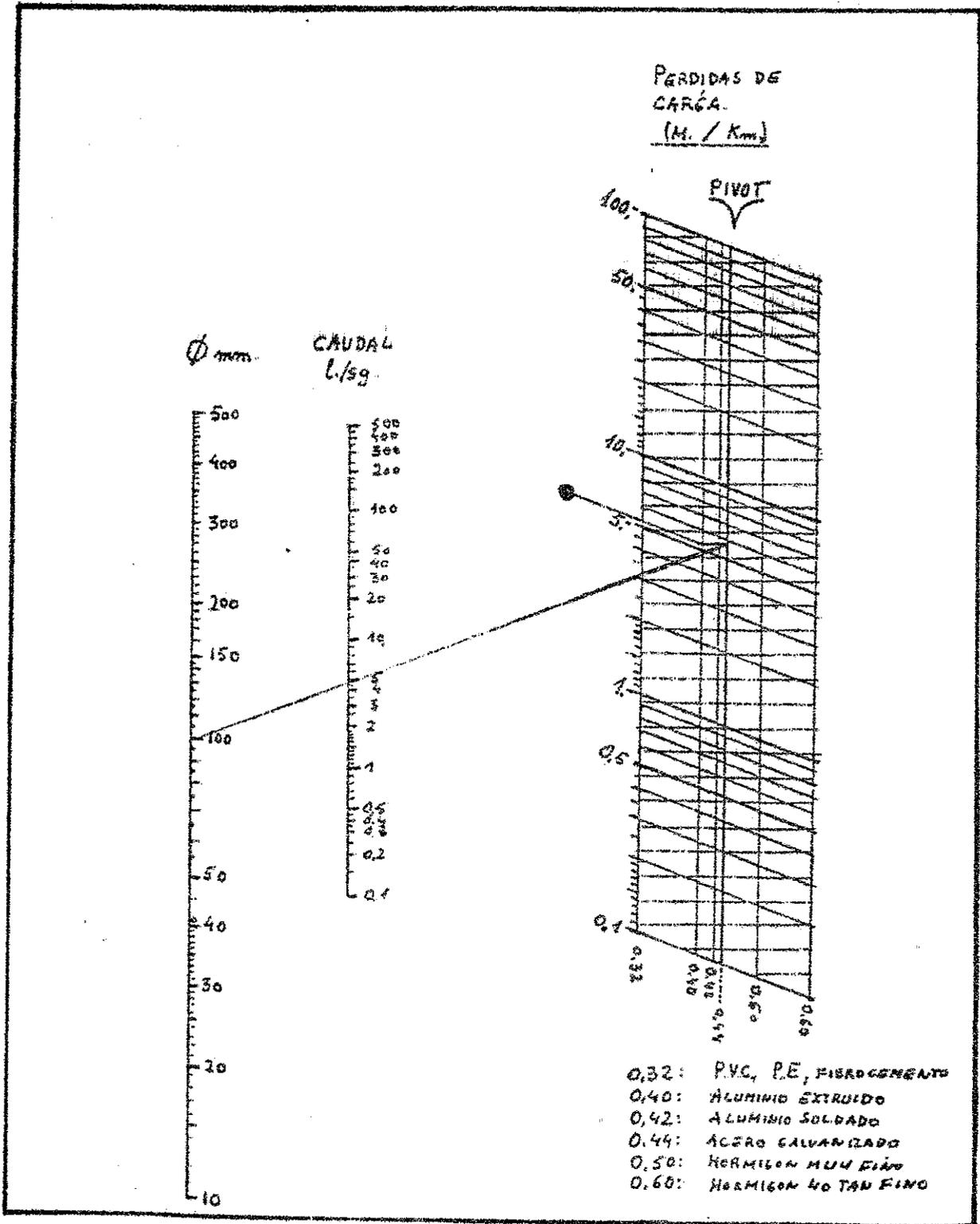


DISEÑO C

PERDIDAS DE CARGA

ABACO DE MC CUNLOCH

FORMULA DE SCOBEY

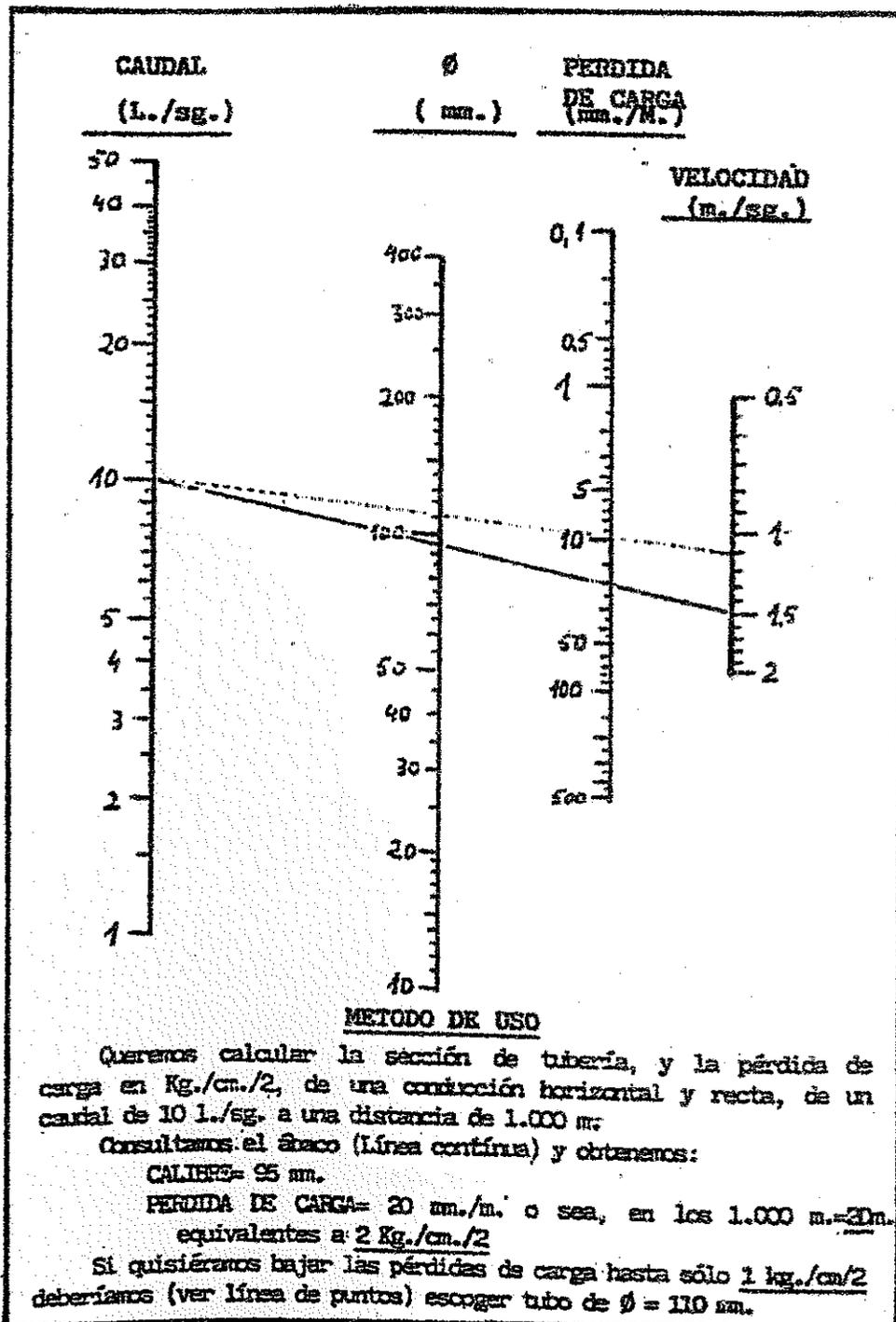


QUEREMOS TRANSPORTAR 5 l./sg. POR TUBERIA DE ALUMINIO EXTRUIDO DE CIENTO mm. A MIL METROS DE DISTANCIA. ¿ CUAL ES LA PERDIDA DE CARGA ?

RESULTADO : 5,25 m.

ABACO DE PERDIDAS DE CARGA EN TRAMOS RECTOS DE TUBERIA

(Según TISOT)



METODO DE USO

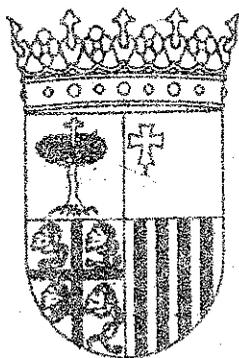
Queremos calcular la sección de tubería, y la pérdida de carga en Kg./cm.², de una conducción horizontal y recta, de un caudal de 10 l./sg. a una distancia de 1.000 m:

Consultamos el abaco (Línea continua) y obtenemos:

CALIBRE= 95 mm.

PERDIDA DE CARGA= 20 mm./m. o sea, en los 1.000 m.= 20m. equivalentes a 2 Kg./cm.²

Si quisiéramos bajar las pérdidas de carga hasta sólo 1 kg./cm.² deberíamos (ver línea de puntos) escoger tubo de Ø = 110 mm.



● Información elaborada por Angel Bercero Bercero, Especialista en Suelos y Riegos del Servicio de Extensión Agraria de la Diputación General de Aragón:

● Se autoriza la reproducción íntegra de esta publicación, mencionando su origen: Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes de la Diputación General de Aragón.

● Una información más completa podrá solicitarse en las Oficinas - Comarcas del Departamento.