

28
2020



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



**SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADOS:
ASPERSION, MICROASPERSION Y GOTEO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A:
MARIO CARDENAS GUTIERREZ

ASESOR: ING. RAYMUNDO GOMEZ ORTA
COASESOR: ING. JUAN CARLOS ROLDAN MONTERO

Cuautitlán Izcalli, México.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1994



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR

DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Sistemas de Riego Presurizados: Aspersión, microaspersión y Goteo".

que presenta _____ pasante:
con número de cuentas: Mario Cárdenas Gutiérrez para obtener el TITULO de:
8313831-3

Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 26 de Noviembre de 1973

PRESIDENTE

Ing. Manuel García de la Rosa

VOCAL

Ing. Raymundo Gómez Orta

SECRETARIO

Ing. Francisco Cruz Pizarro

PRIMER SUPLENTE

Ing. Aurelio Valdez López

SEGUNDO SUPLENTE

Ing. Carlos Gómez García

H. O. J. K.
[Firma]
[Firma]
[Firma]

AGRADECIMIENTOS

- CON EL ING. JUAN CARLOS ROLDAN, POR SU SIEMPRE OPORTUNO COMENTARIO Y DESINTERESADA COLABORACION... MIL GRACIAS.

- CON EL ING. RAYMUNDO GOMEZ ORTA, POR QUE SIEMPRE CONFIO EN MI Y ME ENTENDIO EN MIS PROBLEMAS.

- CON EL ING. FELIPE SOLIS TORRES, POR SU APOYO ACADEMICO Y SUS GESTOS DE AMISTAD.

- CON LA LIC. EMMA DAVILA MARMOLEJO, POR SU INVALUABLE AYUDA EN LABORES COMPUTACIONALES.

- CON GERMAN HUGO ESTRADA SOTO, POR SU EXCELENTE TRABAJO GRAFICO.

- A TODOS LOS QUE ME HAN APOYADO... MIL GRACIAS.

DEDICATORIA

+ A LA MEMORIA DE MIS HERMANAS TERE Y ALICIA. POR QUE SE, QUE DESDE AHI ME ACOMFANAN.

+ A LA MEMORIA DE MI ABUELITA CRUCITA, POR QUE FUISTE UN SER BELLISIMO... Y AUN TE EXTRAÑO.

- A MIS PADRES. QUE GRACIAS A DIOS ESTAN CONMIGO.

PREFACIO

La experiencia humana contemporanea, de explotar sus recursos naturales, tratando de causar los minimos efectos ambientales se ha convertido en un tema de interes social y politico. Sin embargo, no hay soluciones en discursos politicos ni en movimientos sociales que cuestionen la operacion de una planta altamente contaminante o un parque vehicular tan elevado, sino en la planeacion de las actividades del hombre, conforme a leyes naturales y proyectos tecnologicos que permitan actuar -en la medida que sea posible- sin quebrantar la dinamica de aquellas.

Los recursos humanos es el eje pensante de esta actividad, y la generacion de estos, es labor de las instituciones universitarias.

Entre otros recursos naturales tambien importantes, el agua es una sustancia indispensable. no obstante, el uso de ella no ha caido en las practicas mas conscientes del hombre.

En la agricultura nacional, la falta de precipitaciones adecuadas, exige la necesidad de eficientar la que se tenga disponible, y esto solamente ha de ser posible, conociendo la tecnologia que permita lograrlo.

Indice General

	pag.
I.-Introduccion.....	2
II.-Objetivos.....	4
III.-Metodo.....	5
IV.-Revision bibliografica.....	8
V.-Conclusiones.....	78
VI.-Bibliografia.....	79
VII.-Anexos.....	81
VIII.-Glosario.....	101

I.-Introduccion:

La practica humana de aplicar agua a los cultivos tiene un origen muy remoto. Antiguas labores de riego fueron practicadas en Egipto, Iran, China, Turquia, India, Espana e Inglaterra. En el hemisferio occidental, los habitantes de Peru, Mexico y el suroeste de los Estados Unidos practicaron la irrigacion miles de años atras.

En los primeros años de este siglo, se inicio el uso de los sistemas presurizados para regar jardines. El riego por aspersión empezó con los parques y jardines de las ciudades y posteriormente a cultivos de alta rentabilidad. (Irrigation Association 1983)

Después de la segunda guerra mundial la tubería de aluminio y acero de fácil conexión, asociado con los aspersores de impacto, permitieron que un gran número de cultivos se introdujeran al riego, tanto en zonas áridas como húmedas. (Irrigation Association, 1983).

El creciente desarrollo de la sociedad humana y el afán de satisfacer sus necesidades, ha tenido consecuencias graves en su medioambiente.

En la actualidad, aproximadamente 7% de la superficie de la tierra (9 115 000 Km), se encuentra en condiciones de aridez debido al mal manejo de sus recursos; sumándose a un 36% ya existente por causa natural. En Mexico los problemas también son graves; en el estado de Chiapas, la quema de la selva para asentar cultivos ha inutilizado casi 9 millones de hectáreas (Rodríguez Suppo, 1982).

En cuanto al recurso hídrico, Mexico presenta uno de los más altos índices de consumo de agua per capita (920 m³). y los estudios para la utilización de aguas subterráneas requieren tiempo (Rodríguez Suppo, 1982).

Novelo Guizar (1989), enfatiza lo anterior de la siguiente manera: " La sobreexplotación de acuíferos ha llegado a niveles alarmantes (30 % del total extraído), afectando ya a más de 70 acuíferos en 1985 frente a 30 detectados en 1979, en 18 entidades del país en la que se cuenta con el 90 % del área de riego aprovechada".

La razón de lo anterior, el mismo lo explica por los estudios realizados por la SARH y SEMIP: " En la región lagunera se obtuvo una eficiencia electromecánica promedio del 38 % y en la Costa de Hermosillo del 43 al 45 %, lo que da una idea de la gravedad de este problema".

II.-Objetivos

Objetivo General:

Crear un documento descriptivo, que permita comprender la importancia e impostergable necesidad de implementar sistemas tecnificados de riego en el manejo agrícola nacional.

Objetivos Particulares:

Desarrollar la metodología de cálculo, para el diseño de los sistemas de riego tipo.

Establecer las características o factores más importantes para el diseño de un sistema y la importancia de cada uno de ellos.

I.-Introduccion:

La practica humana de aplicar agua a los cultivos tiene un origen muy remoto. Antiguas labores de riego fueron practicadas en Egipto, Iran, China, Turquia, India, Espana e Inglaterra. En el hemisferio occidental, los habitantes de Peru, Mexico y el suroeste de los Estados Unidos practicaron la irrigacion miles de anos atras.

En los primeros anos de este siglo, se inicio el uso de los sistemas presurizados para regar jardines. El riego por aspersion empezo con los parques y jardines de las ciudades y posteriormente a cultivos de alta rentabilidad. (Irrigation Association 1983)

Despues de la segunda guerra mundial la tuberia de aluminio y acero de facil conexion, asociado con los aspersores de impacto, permitieron que un gran numero de cultivos se introdujeran al riego, tanto en zonas aridas como humedas. (Irrigation Association, 1983).

El creciente desarrollo de la sociedad humana y el afan de satisfacer sus necesidades, ha tenido consecuencias graves en su medioambiente.

En la actualidad, aproximadamente 7% de la superficie de la tierra (9 115 000 Km), se encuentra en condiciones de aridez debido al mal manejo de sus recursos; sumandose a un 36% ya existente por causa natural. En Mexico los problemas tambien son graves; en el estado de Chiapas, la quema de la selva para asentar cultivos ha inutilizado casi 9 millones de hectareas (Rodriguez Suppo, 1982).

En cuanto al recurso hidrico, Mexico presenta uno de los mas altos indices de consumo de agua per capita (920 m3), y los estudios para la utilizacion de aguas subterranas requieren tiempo (Rodriguez Suppo, 1982).

Novelo Guizar (1989), enfatiza lo anterior de la siguiente manera: " La sobreexplotacion de acuíferos ha llegado a niveles alarmantes (30 % del total extraído), afectando ya a mas de 70 acuíferos en 1985 frente a 30 detectados en 1979, en 18 entidades del país en la que se cuenta con el 90 % del área de riego aprovechada".

La razon de lo anterior, el mismo lo explica por los estudios realizados por la SARH y SEMIP: " En la region lagunera se obtuvo una eficiencia eletromecanica promedio del 38 % y en la Costa de Hermosillo del 43 al 45 %, lo que da una idea de la gravedad de este problema".

Rodriguez Suppo (1982) detecta un gran potencial agrícola nacional, con la aplicación de sistemas de riego en ciertas zonas del país: por ejemplo:

En el noroeste de México hay tres zonas de acuerdo a sus precipitaciones, una con 800 mm considerada de buen temporal, otra con 600-800 mm pero con irregularidad en su distribución y una tercera con menos de 600 mm, donde en estas dos últimas deben contar con sistemas de riego.

El Bajío con buena distribución de lluvias (700 mm) requiere de obras que mejoren la productividad.

Los valles de Mexicali, Tehuacan y canada Oaxaqueña con sistemas de riego son buenas regiones agrícolas.

En contraste, en regiones donde las precipitaciones son buenas la falta de obras de captación y drenaje, originan problemas de erosión, como ocurre en el sureste mexicano.

Si consideramos que el 75 al 90 % de las lluvias en la República Mexicana se concentran en 4-6 meses, son 8 meses los que pueden ser aprovechados mediante el uso de un sistema de riego.

II.-Objetivos

Objetivo General:

Crear un documento descriptivo, que permita comprender la importancia e impostergable necesidad de implementar sistemas tecnificados de riego en el manejo agrícola nacional.

Objetivos Particulares:

Desarrollar la metodología de cálculo, para el diseño de los sistemas de riego tipo.

Establecer las características o factores más importantes para el diseño de un sistema y la importancia de cada uno de ellos.

III.- Metodo:

La finalidad de ofrecer un documento que describa y destaque la importancia de los sistemas de riego tecnificados en nuestro país, implica hacer uso de fuentes informativas diversas: por un lado, las de carácter puramente técnico, que justifiquen los procedimientos de cálculo sobre los cuales se ejecuta el diseño de un sistema, y por otro lado, los de tipo socioeconómico, que manifiesten la relación directa entre la tecnología y la producción, y las repercusiones de esta última, en el desarrollo socioeconómico de una unidad productiva.

Considerar la importancia que ejercen los sistemas computacionales en el proceso de investigación, a través de programas y paquetería, es considerar esta herramienta, como un elemento de apoyo sumamente importante. Para este trabajo se utilizó el procesador de textos Choice, la hoja de cálculo de Lotus 123 para los cálculos de pérdidas por fricción y evapotranspiración y el programa Ventura para los gráficos.

En esta revisión se incluye un repaso de los conceptos hidráulicos más importantes, para comprender los elementos de cálculo utilizados en el diseño de un sistema de riego presurizado.

Complementariamente se incluirán ilustraciones de los componentes de cada uno de los sistemas, para hacer más fácil la comprensión de la operación del mismo.

Por último, se manejará un glosario básico que apoye a la fácil comprensión de los conceptos hidráulicos más utilizados.

Relacion de Tablas

Tabla	Descripcion
A	Coeficientes de Rugosidad
B	Potencias de bombeo
C	Grupos texturales
D	Velocidades de infiltracion
E	Capacidades de Retencion de humedad
F	Topografía del terreno y calidad del suelo
G	Estimacion de capacidad de campo
H	Profundidades de raiz
I	Eficiencias de los sistemas de riego
J	Eficiencia del sistema de riego por aspersión, bajo condiciones de viento
K	Factores para seleccionar los sistemas de riego
L	Tabla de uso consuntivo para metodología de Hardie
M	Factores de cultivo (Hardie)
N	Evapotranspiracion, metodo de Wade Rain
O	Usos consuntivos (Wade Rain)
P	Porcentajes de horas luz (%P)
Q	Valores de Fac. T para usarse en la hoja de calculo para estimar la evapotranspiracion por el metodo de Blaney-Criddle.
R	Valores de correccion a utilizarse en la hoja de calculo para evapotranspiracion.
S	Coeficientes de desarrollo K_d
T	Coeficientes de desarrollo K_c

Relacion de Figuras

Figura	Descripcion
1	Bombas centrifugas
2	Sistemas de acoplamiento para tuberias de aluminio
3	Aspersor de impacto y sus partes
4	Tipos de sistemas de aspersión
5	Sistema semiportatil con una lateral
5.1	Sistema semiportátil con dos laterales
6	Canon viajero
7	Pivote central
8	Equipo lateral sobre ruedas
8.1	Detalle del equipo lateral sobre ruedas.
9	Microaspersor
10	Cabezal para sistema de riego por goteo
11	Formas de aplicar riego por goteo
12	Tipos de emisores

Indice Programatico

4.1. HIDRAULICA

4.1.A. Conceptos de Hidraulica

- 1.- Concepto y ramas de la Hidraulica
- 2.- Presion

4.1.B. Circulacion de agua en tuberias

- 1.- Gasto: concepto y unidades
- 2.- Regimen laminar
- 3.- Regimen turbulento
- 4.- Velocidad critica alta
- 5.- Velocidad critica baja
- 6.- Carga hidraulica

4.1.C. Perdidas Hidraulicas

- 1.- Perdidas de carga por friccion en tuberias
 - A.- Metodo de Manning
 - B.- Metodo de Hazen-Williams

4.1.D. Bombas

- 1.- Concepto de Bomba
- 2.- Tipos de Bombas
- 3.- Como se calculan los requerimientos de bombeo.

4.2. RELACION AGUA - SUELO - PLANTA-AMBIENTE (RASPA)

4.2.A. Principales factores edafologicos

- 1.- Textura y Estructura
- 2.- Velocidad de Infiltracion
- 3.- Capacidad de Almacenamiento de Agua

4.2.B. Factores topograficos

- 1.- Pendiente
- 2.- Importancia de los factores topograficos para el diseno
- 3.- Consideraciones para cada tipo de sistema

4.2.C. El agua y la planta

- 1.- Tipos de agua en el suelo
- 2.- Absorcion de agua

4.2.D. El clima y la planta

- 1.- Factores climaticos que intervienen
- 2.- Evapotranspiracion

A.- Metodo de Blaney-Criddle para calcular la evapotranspiracion.

4.3. FUNDAMENTOS DE IRRIGACION

4.3.A. Capacidad de campo y profundidad de raiz

4.3.B. Punto de marchitez permanente

4.3.C. Humedad aprovechable

4.3.D. Lamina neta

4.3.E. Lamina bruta

4.3.F. Precipitacion

4.4. RIEGO POR ASPERSION

4.4.A. Concepto de Riego por aspersion

4.4.B. Antecedentes

4.4.C. Tipos de sistema para riego por aspersion

1.- No mecanizados

A.- Fijo

B.- Semifijo

C.- Semiportatil

D.- Portatil

2.- Mecanizados

A.- Aspersor viajero

B.- Side roll

C.- Pivote central

D.- Avance frontal

4.4.D. Componentes del sistema

4.4.E. Ventajas y desventajas

4.5. RIEGO POR MICROASPERSION

4.5.A. Concepto de riego por microaspersion

4.5.B. Antecedentes

4.5.C. Componentes del sistema para riego por microaspersion

4.5.D. Tipos de sistema para riego por microaspersion

4.5.E. Ventajas y desventajas

4.6. RIEGO POR GOTEO

4.6.A. Concepto riego por goteo

4.6.B. Antecedentes

4.6.C. Componentes del sistema de riego por goteo

4.6.D. Tipos de sistema para riego por goteo

4.6.E. Ventajas y desventajas

4.7. INFRAESTRUCTURA AGRICOLA NACIONAL Y FACTIBILIDAD DE CAMBIO

4.7.A. Situacion actual de la irrigacion en Mexico

4.7.B. Instituciones crediticias que fomenten la adquisicion de infraestructura de riego.

IV. REVISION BIBLIOGRAFICA

4.1. HIDRAULICA

4.1.A. Conceptos de Hidraulica

1. Concepto y ramas de la hidraulica:

Trueba Coronel (1991) define a la hidraulica, como la parte de la física que estudia las leyes que rigen el comportamiento de los líquidos y particularmente del agua.

Divide a la hidraulica en dos ramas:

HIDROSTATICA: Estudia las propiedades que tiene el agua cuando esta en reposo.

HIDRODINAMICA: Estudia el agua en movimiento.

Para interes de esta obra solo se considerara la hidrodinamica, la que se desarrollara en los puntos subsiguientes.

2. Presion:

El agua como cualquier cuerpo fisico posee un peso especifico (1 Kg/Lt), si este ejerce una fuerza sobre un punto A, y se incrementa el area de contacto (el area de A), la fuerza que se ejerce por unidad de area (cm²) es menor, podemos entonces definir, a la presion como la fuerza que ejerce una columna de agua, sobre una unidad de area (fig.A).

Sin embargo, la presion ejercida sobre un mismo punto si es afectada por la altura de la columna de agua, pues el peso especifico de una columna de mayor altura es directamente proporcional, y por tanto, ejerce mayor fuerza.

Las unidades de presion mas utilizadas en el diseno de sistemas de riego presurizado, son en sistema metrico decimal el Kg/cm² v en el sistema ingles lb/in² (psi), habiendo de reconocer que el sistema metrico ingles se ha impuesto como el mas utilizado.

4.1.B. Circulacion de agua en tuberias

1. Concepto y unidades de gasto

Se considera que un conducto se comporta como un tubo cuando el liquido llena completamente el conducto de seccion transversal circular y ejerce una presion sobre la envoltura.

Suponiendo que el conducto es un tubo, y se determina una seccion transversal del mismo, el gasto se define como la cantidad o volumen de agua que pasa por esa seccion transversal en cada unidad de tiempo y se denota por la letra Q .

El sistema metrico mide el gasto por las unidades $m^3/\text{seg.}$ o $Lt/\text{seg.}$ si el volumen de agua es pequeno. En el sistema ingles el gasto se mide en $Ft^3/\text{seg.}$ o $\text{gallon}/\text{min.}$

Una vez definido un conducto tipo tubo, y las unidades que determinan el gasto, veamos como se comporta cierto volumen de agua en una tuberia dada, segun el diametro de esta.

2. Regimen laminar

Tippens (1981) define el flujo laminar, como el movimiento de un fluido en el que toda partícula del mismo, sigue la misma trayectoria (al pasar por un punto en particular) que la seguida por las partículas anteriores. Por otro lado Trueba Salazar, conceptualiza al regimen laminar cuando las partículas se van moviendo longitudinalmente sin acercarse ni alejarse del eje del tubo, formando filetes liquidos con una determinada velocidad y entonces el liquido circula en lo que se llama regimen laminar o regimen tranquilo.

3. Regimen turbulento

El regimen laminar es la condicion deseable para la circulacion de los fluidos, sin embargo, pueden existir obstaculos que nos lleven a un regimen turbulento. Tippens (1981) considera que un regimen turbulento absorbe mucha energia del fluido, incrementando el rozamiento con las paredes del tubo. Trueba Coronel (1991) llama a este comportamiento de un liquido, regimen turbulento o turbillonario.

4. Velocidad critica alta

Cuando un liquido se mueve en una tubería, inicialmente se comporta con un regimen laminar, pero a medida que la velocidad se eleva, el regimen puede llegar a ser turbulento. A la velocidad que hace que el comportamiento del liquido, pase de un regimen laminar a turbulento se le llama velocidad critica alta.

5. Velocidad critica baja

En el caso contrario, si un liquido circula en un regimen turbulento y se le disminuye la velocidad de tal manera que su regimen de circulacion sea laminar, entonces se llamara a esa velocidad, velocidad critica baja.

Es muy importante considerar los valores de la velocidad de circulacion, porque esta estrechamente relacionada con las perdidas de energia, por la friccion del liquido con las paredes del tubo.

Cuando se maneja cierto gasto y este circula con una velocidad mayor de 1.5 m/seg., es recomendable aumentar el diametro de nuestra tubería, y asi disminuira la velocidad y se alcanzara un regimen laminar, habiendo menos friccion con las paredes del tubo.

6. Carga Hidraulica

La importancia de determinar las perdidas de energia en la circulacion hidraulica, se expresan en el concepto de carga hidraulica. Definirla de manera conceptual, provocaria impresiones, que lejos de explicarlo crearia confusiones por lo que es mejor llegar a un razonamiento:

En la interpretacion mas sencilla del teorema de Bernoulli, nos dice que para desplazar un liquido de un punto A a un punto B de mayor elevacion, es necesario aplicar una fuerza mayor a la suma de la resistencia de circulacion que ofrece el material de conduccion (coeficiente de rugosidad), la altura del punto B, la distancia entre A y B, el diametro de la linea de conduccion y el volumen de agua a desplazar.

La carga hidraulica se simboliza por la letra H que en ingles significa (Head) y la unidades son pies, en sistema ingles y metros en sistema metrico decimal.

Cabe mencionar que aparte de los factores antes considerados para calcular la carga hidraulica, tambien debe considerarse que en un terreno el efecto de pendiente puede afectar la carga de un sistema, por lo tanto, si la pendiente es a favor del sentido de la circulacion, debe restarse a la carga total y en caso contrario debe sumarse.

4.1.C. Perdidas hidraulicas

1. Perdidas de carga por friccion en tuberias

A.- Metodo de Manning

Manning formulo la siguiente ecuacion, para calcular las perdidas por friccion en tuberias (PPF):

$$PPF = 10.3 (n)^2 L Q^2 \frac{1}{16/3 D} \dots \dots \dots (1)$$

Donde :

- n = coeficiente de rugosidad (tabla A)
- L = longitud de la tuberia (m)
- Q = gasto en m³/seg.
- D = diametro de la tuberia

B.- Metodo de Hazen-Williams

Este metodo tambien emplea coeficientes de rugosidad (tabla A) dependiendo del material conductor, y la formula por utilizar es la siguiente :

$$H_f = K \frac{1.852 L (V)^{1.852}}{1.167 (d)^{4.87}} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

- K = coeficiente de rugosidad del material conductor (Tabla A)
- L = longitud de la tuberia (m)
- v = velocidad en m/seg.
- d = diametro del conductor (m)

Para calculo de las perdidas por friccion, tambien se puede utilizar la hoja de calculo que para este efecto se ofrece en el diskette contenido en esta obra. Corre en Lotus 123, y es necesario llamar el archivo llamado FRICC1.WK1, donde se deben ingresar los datos de la siguiente manera:

Gasto en litros por segundo (lps)
 Diametro del tubo (mm)
 Longitud del tubo (m)
 Coeficiente de rugosidad Tabla A

Una vez hecho lo anterior, la hoja calculara las velocidades y la carga, si se observa que la velocidad excede 1.5 m/s, es necesario aumentar el diametro del tubo a la medida comercial inmediata superior, para que asi, disminuyan los indices anteriores. En la parte inferior de la hoja, aparecera la suma de fricciones.

Una vez calculadas la suma de fricciones, se debe ingresar la presion de operacion del aspersor y el desnivel a vencer, al que se sumara automaticamente un valor de perdidas menores, para obtener el valor de la carga dinamica total (C.D.T.) y el gasto total del sistema. Con estos valores, se puede calcular la bomba necesaria para ese sistema. Es recomendable dar un 10% del valor de carga calculado, por proteccion de la bomba.

4.1.D. Bombas

1. Concepto

La imposibilidad de disponer de agua de riego, en cualquier punto del terreno llevo a la necesidad de disponer, de un dispositivo mecanico que fuera capaz de crear un vacio al interior de un tubo, que sumergido en un espejo de agua fuera capaz de llevarla, de una cota menor a otra mayor. Entonces, es posible definir una bomba hidraulica, como el dispositivo mecanico que es capaz de succionar el agua desde un deposito de menor elevacion y descargarla en un punto de mayor elevacion, venciendo las fuerzas de gravedad y de oposicion al flujo del agua.

2. Tipos

Schwab et. al. (1981) identifican tres bombas como las mas comunes, de acuerdo a su tipo de funcionamiento:

- a) Centrifugas
- b) de Propulsor
- c) Reciprocantes o de Piston

La utilizacion de una u otra, depende del gasto y la carga hidraulica, daremos una descripcion breve de las tipo b y c, y una mas detallada de las del tipo a por ser las que se utilizan en los sistemas de riego presurizados.

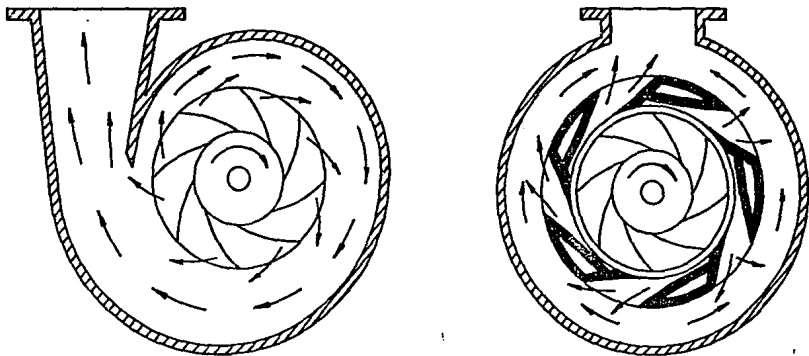
Bombas centrifugas : De manera general, es posible decir que las bombas centrifugas son economicas y de construccion simple. Su capacidad es pequena y su descarga es suave, siendo capaces de manejar aguas de baja calidad.

Principio de operacion : Schwab et. al (1981) distinguen dos partes principales en este tipo de bombas : a)Rotor o impulsor, que genera la energia necesaria para desplazar el agua a mayor velocidad y presion y b)El cuerpo de la bomba, que guia el curso del agua hacia y desde el impulsor (fig.1).

El agua penetra en las bombas centrifugas en sentido axial y es impulsada en el radial, y pueden ser de eje vertical u horizontal. La ventaja que reportan Israelsen & Hansen (1975) de las de tipo horizontal, es que tienen altos rendimientos, bajo costo, faciles de instalar y alcanzan altas velocidades.

Debido a que usan un solo impulsor, su capacidad de succion no puede exceder 4 metros de profundidad, ademas considera que en altitudes mayores de 1.500 msnm, no es recomendable succionar por encima de ese valor.

FIGURA 1



BOMBAS CENTRIFUGAS:

Entre las desventajas mayores de las bombas centrifugas, estan evitar ser operadas expuestas a humedad, por posibles danos al motor electrico (caso mas comun) aunque tambien son acopladas a motores de combustion (caso menos frecuente), ademas de que es necesario colocarlas lo mas cerca del espejo de agua (por su poca capacidad de succion), y la necesidad de cebarla.

En las bombas de tipo vertical, es frecuente que se utilize mas de un impulsor, y algunos autores prefieren manejarlas en otro tipo, porque no todos los impulsores trabajan bajo el principio centrifugo (Schwab et. al.).

Bombas de propulsor : Se les conoce como bombas de flujo axial. A diferencia de las centrifugas, las bombas de propulsor trabajan altos gastos y bajas cargas hidraulicas (.04-4.4m³/seg. y 9 metros de carga).

Aunque la mayoria de las bombas de propulsion trabajan en sentido vertical, el impulsor puede estar montado en forma horizontal.

Comparadas con las bombas centrifugas, su curva de eficiencia es mas baja, sus cargas son considerablemente menores y su curva de potencia decrece a grandes descargas.

Bombas de piston : Son capaces de desarrollar altas cargas pero su capacidad es relativamente pequena. No son frecuentemente ocupadas para irrigacion, porque no pueden manejar aguas con sedimentos.

3. Como se calcula y unidades que intervienen

Es comun que la capacidad de trabajo de un motor se maneje en Hp (caballos de fuerza), pues bien, es importante decir que la potencia mecanica nos indica una relacion de trabajo por unidad de tiempo y el trabajo es un producto de la fuerza por la distancia. Entonces entenderemos por un Hp a la potencia necesaria para elevar 75 Kilogramos cada segundo a 1 metro de altura, con una eficiencia del 100% (potencia teorica).

Llamaremos potencia al freno, a la que proporciona la fuente de energia (motor electrico o de combustion), potencia hidraulica util a la que sale de la bomba, y rendimiento de la bomba a la relacion de estas dos. Entonces la potencia hidraulica se define, como la potencia teoricamente necesaria para elevar una cantidad dada de agua por segundo a una determinada altura.

Si conocemos el gasto y la carga, la potencia hidraulica (PH) sera :

$$PH = Qh / 76 \dots \dots \dots (3)$$

donde : Q = gasto (lt/s)

h = carga (m)

Para la eficiencia, Israelsen & Hansen (1962) proponen utilizar la siguiente formula :

$$E_f = \frac{Q(h)}{76 \times \text{Pot. suministrada}} \dots \dots \dots (4)$$

Donde: * dato fabricante

John ton citado por Israelsen & Hansen (1962) en pruebas hechas en 91 estaciones de bombeo, encontro que para bombas centrifugas horizontales los rendimientos son de 49.8%.

En la seleccion de una bomba para un caso particular la relacion entre la carga y la capacidad (gasto) a diferentes revoluciones debera conocerse a una cierta eficiencia. Las curvas que aportan esta informacion se llaman curvas caracteristicas, las cuales pueden variar en forma y magnitud dependiendo del tamaño de la bomba.

Schwab et. al (op. cit.) plantean que los requerimientos a considerar para una unidad de bombeo, deben incluir la evapotranspiracion, la eficiencia de riego, la frecuencia de riegos y la duracion de operacion de la unidad de bombeo. Supuieren que un cultivo que necesita 5mm/dia, requerira una unidad de bombeo de 0.56 lbs/ha (litros por segundo por hectarea) irrigada.

La tabla B, relaciona los gastos requeridos y la potencia necesaria, para elevar esa cantidad de agua a diferentes alturas. Se propone utilizarla como una aproximacion.

4.2. RELACION AGUA - SUELO - PLANTA- AMBIENTE (RASPA)

4.2.A. Principales factores edafologicos

1. Textura y estructura

Teuscher & Adler (1979) definen la textura de un suelo, como una propiedad determinada por el tamaño de las partículas que lo componen. En cambio Saint-Foulc (1973) asocia el tamaño y distribución de las partículas como los factores que determinan una textura y define a la estructura por la forma en que las partículas se ligan a los coloides.

Caer en cuestiones de concepto, no es el interés en este caso, se considerara a la textura como una propiedad importante que determina la velocidad de infiltración en un suelo. La tabla C, reporta las clases de textura de acuerdo a la composición porcentual de arenas, limos y arcillas.

2. Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración esta determinada por la permeabilidad de un suelo, los valores para diferentes texturas se reportan en la tabla D.

La velocidad de infiltración se mide en centímetros por hora (cm/hr) en sistema métrico decimal y pulgadas por hora (inches/hora) en sistema inglés. Es una propiedad muy importante en un suelo, porque ella determina la precipitación que debe aplicarse para evitar la erosión en el terreno.

Es fácil comprender que a medida que las partículas del terreno sean más grandes (arenas) las velocidades serán muy altas y al contrario para partículas pequeñas (arcillas).

3. Capacidad de almacenamiento de agua

La capacidad de almacenamiento de agua esta determinada por la textura y la profundidad del suelo, pero para fines de riego, ha de considerarse la profundidad de raíz del cultivo.

Se denomina capacidad de campo, al contenido de humedad óptimo, y se ha alcanzado cuando las tensiones varían de 0.1 a 0.3 atmósferas (atm.) y punto de marchitez permanente al contenido mínimo de humedad en el cual la planta ya no se recupera, aunque se reponga nuevamente agua al suelo y sus valores de tensión son alrededor de 15 atm. (manual técnico del FIRA, 1985).

A la diferencia de capacidad de campo y punto de marchitez permanente se le denomina humedad aprovechable y se expresa en valor porcentual (%). Grassi citado por el FIRA (1985) considera el 75% de la capacidad de campo como humedad fácilmente aprovechable y los valores extremos son 50 y 80%. La tabla E, relaciona esta variable con la textura y la densidad del suelo.

4.2.8. Factores Topograficos

1. Pendiente

La pendiente es un indicador de suma importancia para el diseño de un sistema, pues un terreno desnivelado puede ser susceptible de erosionarse sino se controla debidamente la precipitación. El factor pendiente solo ha de considerarse para el sistema de riego por aspersión pues en el caso del riego por goteo y microaspersión no es una condición determinante.

Definiremos la pendiente con la siguiente expresión matemática :

$$\% P = \frac{A - B}{d (A - B)} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

donde :

%p = porcentaje de pendiente

A = cota de mayor elevación (m)

B = cota de menor elevación (m)

d (A - B) = distancia horizontal entre A y B (m)

Entonces la pendiente es el cociente de la diferencia de elevación de dos puntos, sobre la distancia horizontal entre ellos, multiplicada por 100. En la tabla F, se clasifican los suelos de acuerdo a diferentes valores de pendiente.

El FIRA en su manual técnico define tres aspectos importantes a considerar para el factor topográfico. El primero de ellos es el relieve, pudiendo ser uniforme o accidentado.

El relieve uniforme es aquel en que el terreno presenta una sola dirección más o menos definida, y accidentado en caso de que el terreno, manifieste diferentes grados de pendiente y direcciones.

El segundo aspecto es el microrrelieve que puede ser regular para terrenos nivelados, e irregular para aquellos terrenos en donde hay depresiones o elevaciones.

Por ultimo, el tercer aspecto es la pendiente que debe ser expresado en unidades porcentuales, para aquellos casos en que el relieve es uniforme, y porcentajes minimos y maximos para relieves ondulados.

4.2.C. El Agua y La Planta

1. Tipos de agua en el suelo

Las fuerzas de gravedad permiten que el agua aplicada a un suelo, descienda ocupando espacios de aire. El tamaño de estos se considera como criterio para clasificarlos en micro y macroporos. Los primeros en ocuparse son los microporos y la importancia del agua contenida en ellos es la que nos interesa definir.

El agua capilar, es aquella que el suelo es capaz de almacenar en contra de las fuerzas de gravedad, y que esta disponible para la absorcion radicular. A esta agua tambien se le llama fisiologica, porque es la que la planta utiliza para sus procesos biologicos.

Las fuerzas que permiten que esta agua quede adsorbida en los coloides del suelo, se conoce como fuerzas de densidad de carga.

Existe otro tipo de agua que tambien se queda fijada al suelo por fuerza de atraccion de tipo ionico, y que no es disponible para la planta y se le conoce como agua higroscopica, ionica o absorbida.

Un tercer tipo de agua se conoce como agua gravitacional y es el agua que escurre de manera superficial o subterranea, por no poder ser almacenada por el suelo. La importancia de esta es por los efectos erosivos que puede producir en el terreno, haciendose necesario realizar obras de conservacion de suelos.

2. Absorcion de agua

Rodriguez Sudon (1982) define dos vias por las cuales la planta absorbe el agua, a) via pasiva y b) via activa.

La via pasiva se define asi porque la planta no gasta energia para realizar la absorcion, lo que existe en este caso, es una diferencia de presiones entre la solucion del suelo y las raices de la planta. El proceso que la planta realiza, es mantener alto el contenido de solutos en sus tejidos radicales, asi el agua se dirige a los puntos de menor potencial, que en este caso son los tejidos radicales de la planta.

El efecto contrario sucede cuando hay un suelo salino o una fertilización excesiva, entonces el potencial negativo existe en el suelo y la planta no es capaz de absorber el agua, por que su presión osmótica es menor al potencial de la solución del suelo.

En la vía pasiva es importante la transpiración para mantener alto el nivel de solutos en la raíz.

La vía activa se define así porque hay una inversión de energía para la absorción del agua y no interviene la transpiración.

4.2.D. El Clima y La Planta

1. Factores climáticos

El manual técnico del FIRA (1985), considera que los factores que determinan las necesidades de agua de un cultivo son: Luminosidad, viento, humedad relativa y temperatura. A estos podemos agregar uno no menos importante que es el factor genético, pues es bastante comprensible que hablando de una misma especie, una variedad tropical requerirá agua en cantidad diferente a una de clima seco.

2. Evapotranspiración

El estimador que permite calcular las necesidades de agua en un cultivo se llama uso consuntivo, sin embargo, actualmente el concepto evapotranspiración comprende tanto la pérdida de agua del suelo (evaporación) como la transpiración de la planta.

Existen numerosos métodos de cálculo de este estimador de humedad, los cuales, pueden ser considerados como directos e indirectos:

1) Directos: Son aquellos que se calculan utilizando instrumentos de medición, y entre los cuales se pueden mencionar, Lisímetros volumétricos y evaporímetro.

2) Indirectos: Son cálculos matemáticos que permiten hacer estimaciones, en base a variables determinadas, y las más importantes que intervienen son, la temperatura y la luminosidad, que están determinadas por factores climáticos. Los métodos más reconocidos son, el de Thornwaite, Cociente de Bowen, Ecuación de Penman, Grassi & Christiansen y Blaney Criddle, entre otros.

El calculo de los usos consuntivos para diversos cultivos, se puede efectuar con el programa que se incluye en esta obra, basado en el metodo de Blaney-Cridle y que se explica en capitulo de diseno hidraulico (Ver indice).

4.3. FUNDAMENTOS DE IRRIGACION

4.3.A. Capacidad de campo y profundidad de raiz (Incidencia edafica)

Rodriguez Suppo (1982) reporta que la capacidad de campo en un suelo se alcanza, cuando este posee la maxima cantidad de agua retenida por los microporos, despues del drenaje por gravedad del exceso. El aire y el agua se hayan en equilibrio.

El FIRA (1985) en su manual tecnico, establece que la capacidad de campo es el contenido optimo de humedad en el suelo, con tensiones que varian de 0.1 a 0.3 atm. y se expresa en porcentaje de suelo seco.

La tabla 6, permite estimar la capacidad de campo utilizando indicadores perceptibles de humedad en el suelo.

4.3.B. Punto de marchitez permanente (PMP)

El punto de marchitez permanente Rodriguez Suppo (1982) lo define como el "estado en que el suelo se seca completamente por la evapotranspiracion quedando solo el agua higroscopica fuertemente retenida por las particulas del suelo que esta en equilibrio con la humedad atmosferica, no pudiendo ser absorbida por las plantas". Establece medidas de tension de alrededor de 16 Kg/cm² (1 atmosfera = 1 Kg/cm²). El FIRA establece 15 atm. de tension superficial para un suelo en estado de PMP.

4.3.C. Humedad aprovechable

La humedad aprovechable es el intervalo de humedad que se establece entre la capacidad de campo y Punto de Marchitez Permanente (PMP), sin embargo, no toda esta humedad esta disponible para la planta por lo que debe calcularse lo que se conoce como agua util.

$$AU = PAU \times DA \times F \dots \dots \dots (6)$$

donde :

AU= Agua util (mm)

PAU= % de agua util se determina segun los distintos niveles que posee el suelo.

DA = densidad aparente es el peso por unidad de volumen en su condicion natural del suelo.
 P = profundidad de raiz para cada cultivo (ver tabla H).

El FIRA propone otro metodo para determinar la humedad facilmente aprovechable (Hfa) propuesta por Grassi, 1978:

$$CR = Ha \times Da \dots\dots\dots (7)$$

donde:

CR = capacidad de retencion de humedad aprovechable en cm/m.
 Ha = humedad aprovechable expresado en porcentaje (CC-PMP)
 Da = densidad aparente.

Una vez obtenida, Grassi considera un 75% de la CR como humedad facilmente aprovechable.

4.3.D. Lamina neta

La cantidad de agua que se aplica en un riego, se puede considerar como un volumen por unidad de superficie (m³/ha) y se le llama dosis de riego, y cuando se aplica a una altura de agua se le llama Lamina de riego. Las formulas de conversion son las siguientes:

$$L = \frac{V}{S} \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

L = Lamina de riego expresada en m
 V = Volumen expresado en m³
 S = Superficie expresada en m²

$$DR = L \times S \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

DR = Dosis de Riego, expresada en m³/ha

La lamina de riego neta a aplicar, debe estar en funcion de los requerimientos de nuestro suelo, como son su capacidad de retencion (CR) o almacenamiento, su densidad aparente (Da) ademas de la profundidad de raiz del cultivo (Pr), para calcular se procedera de la siguiente manera:

$$L = CR \times Pr \dots\dots\dots (10)$$

Donde: CR = (CC-PMP) x Da
 Pr = Profundidad de Raiz (consultar tabla h)

Esta formula ha de aplicarse para un riego inicial, sin embargo, una vez establecido el cultivo, los riegos subsiguientes han de ser mas ligeros, pues el nivel de humedad residual estara por encima del PMP, teniendo que aplicar la formula siguiente:

$$Lnr = P \times CR \times Pr \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

P = Factor de abatimiento humedad expresado en decimos* (* Considerar 0.75 segun Grassi)

4.3.E. Lamina Bruta

Para definir lo que es una lamina bruta, es necesario comprender que toda aplicacion de agua en forma artificial implica fallas que estan comprendidas en un valor llamado eficiencia, para estimar la eficiencia de cada sistema consultar la tabla I.

Los factores que determinan la eficiencia son textura y topografia, y en riego por aspersion hay que agregar la velocidad del viento y el patron de riego (que puede variar si la presion es inadecuada). En el riego por goteo los principales problemas son el taponamiento de goteros.

Entonces la lamina bruta ya no es un valor teorico, sino una estimacion real que considera el agua que no ha de ser aprovechable o que al menos esta en disposicion para la planta. Para calcular una lamina bruta inicial consideraremos la siguiente ecuacion:

$$LBr = \frac{LNI}{Ef} \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

LBr = Lamina bruta inicial (m)

LNI = Lamina neta inicial (m)

Ef = Eficiencia del sistema (Tabla I)

Para una lamina bruta de reposicion:

$$LBr = \frac{LNR}{Ef} \dots \dots \dots (13)$$

Donde: LNR = Lamina neta de reposicion (m)

Ef = Eficiencia del sistema

4.3.F. Precipitacion

Es muy importante calcular la precipitacion al disenar cualquier sistema de riego, por que la velocidad de infiltracion, determina el tiempo de riego, necesario para evitar escurrimientos.

POIREE & OLLIER (1977) llaman "Densidad de Aspersion" a este concepto, y consideran la siguiente ecuacion:

$$Da = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (14)$$

Donde: Da = Densidad de aspersion (mm/hr)
 Q = Gasto del aspersor o unidad regante (m³/hr)
 A = Area (m²)

Otra forma de calcular la precipitacion, es mediante la siguiente expresion:

$$IP = \frac{3600 \times Q}{A} \dots \dots \dots (15)$$

Donde: IP = Indice de precipitacion en mm/ hr
 Q = Gasto en lt/ s
 A = Area en m²

Todo indice de precipitacion debe cumplir la siguiente relacion:

$$IP < VI$$

Entonces se entiende que la velocidad de infiltracion (VI) siempre debe ser mayor que el indice de precipitacion (IP).

La tabla J relaciona la lamina aplicada, la evapotranspiracion, la velocidad del viento y la eficiencia del sistema de aspersion. Es recomendable utilizarla.

4.4 RIEGO POR ASPERSION

4.4.A. Concepto

El FIRA en su manual técnico (1985) establece que mediante el riego por aspersión, el agua se aplica asperjada, o sea, fraccionando el caudal en innumerable cantidad de gotas, que se infiltran en el terreno al tiempo que alcanzan la superficie del mismo.

Schwab et. al. (1981), considera que el riego por aspersión es un medio versátil de aplicar agua a cualquier cultivo, suelo y condición topográfica, siempre que cantidades pequeñas sean aplicadas. Entre las principales utilidades que reportan, son riego para germinación de semillas, protección contra heladas y bajas humedades relativas.

4.4.B. Antecedentes

No obstante que la irrigación tiene antecedentes tan remotos, es hasta este siglo que se desarrollaron sistemas presurizados para regar áreas verdes y parques en los Estados Unidos, y posteriormente se utilizaron en los cultivos más rentables. (Irrigation Association, 1986)

Después de la segunda guerra mundial, el aluminio de baja densidad y los aspersores de impacto (fig. 2 y 3) permitieron que la mayoría de los cultivos fueran susceptibles de regarse por esta técnica. (Irrigation Association, 1986)

Los primeros sistemas utilizados fueron de tipo permanente o fijos (fig. 4), sin embargo, actualmente los adelantos tecnológicos permiten los sistemas móviles, que reducen al mínimo la utilización de mano de obra.

4.4.C. Tipos de Sistema

1.- No mecanizados

A.- Fijo (fig. 4)

AAVIM (1980), le llama de tipo permanente, y es llamado así, porque el arreglo es fijo. Utiliza aspersores de pequeño a mediano tamaño, y las laterales pueden ser instaladas por encima o debajo del terreno, siendo más común el último caso.

Estos sistemas están diseñados para operar una parte de las laterales simultáneamente. Esto se realiza por medio de válvulas que controlan las líneas laterales, y en casos excepcionales, por válvulas que controlan cada aspersor.

Las valvulas pueden ser de operacion manual o de control electrico. para este ultimo caso, existen paneles de control que permiten hacer programaciones.

Estos sistemas ofrecen la ventaja de ser operados con un minimo empleo de mano de obra, sin embargo, pueden resultar demasiado costosos y poco flexibles en su utilidad.

El FIRA en su manual tecnico (1985), recomienda el empleo de estos sistemas para cultivos que necesitan riegos poco abundantes y frecuentes, para refrescar el ambiente, impedir la formacion de costras en el suelo durante la emergencia de plantas, mantener un contenido optimo de humedad en el suelo durante la germinacion y eliminar el exceso de sales del suelo superficial. Se presta bien a bajos volumenes de aplicacion.

La figura 4, muestra la disposicion de las tuberias y aspersores en el terreno, como se puede observar, la tuberia va enterrada.

B.- Semifijo

Este sistema consiste en una unidad de bombeo y linea principal fijos y las laterales moviles.

La linea principal compuesta por tuberia de PVC generalmente va enterrada. Las lineas laterales que pueden ser una o varias de aluminio de baja densidad (la figura 2, muestra como son las conexiones para esta tuberia y en la figura 4, podemos observar el sistema) son de 6 o 9 m de longitud, y van conectadas a la linea principal por medio de codos o tees de arranque, que a su vez, han de ser conectadas a las valvulas hidrantes de la linea principal.

El area se riega en fracciones, trasladando los ramales laterales con aspersores de pequeno y mediano alcance. AAVIM (1980), considera aspersores de pequeno alcance, a aquellos que uno solo de ellos puede regar 0.01 a 0.08 has. en una sola posicion, y uno de medio alcance riega de 0.08 a 0.4 has.

Cuando se riega con una sola linea lateral (fig. 5), una vez que se ha cubierto el tiempo de riego por posicion, se desplaza a una nueva posicion, y asi se procede hasta que se cubre todo el terreno.

Cuando se dispone de dos o mas laterales (fig. 5.1), se divide el terreno con la principal de manera longitudinal, entonces las lineas laterales se desplazan perpendicularmente a la principal, cubriendo la mitad o una seccion del terreno.

El uso de valvulas hidrantes y codos o tees de arranque, permiten operar el sistema sin detener la unidad de bombeo, ademas de poder regular la presion en cada ramal.

C.- Semiportatil (Fig. 4)

El sistema semiportatil fue el que hizo popular al riego por aspersión. En este caso la unidad de bombeo es fija, pero las laterales y la principal son moviles de tuberia de aluminio con conexiones de facil acoplamiento (fig 2).

Las laterales generalmente van espaciadas desde 12 hasta 27 metros, y se utilizan aspersores de pequeno y mediano alcance.

El procedimiento de riego con una sola lateral, consiste en que la lateral se coloca en una posición hasta que la cantidad de agua es aplicada, entonces el sistema de bombeo se apaga, para posteriormente desconectar la lateral, debiendo drenar el agua que contenga, para conectarla en otra posición a regar.

Cuando se utilizan dos o mas laterales, es necesario utilizar valvulas hidrantes, como en el caso del sistema semifijo, para evitar desconectar la unidad de bombeo en los cambios de posición.

D.- Portatil (Fig. 2,4)

En el sistema portatil, la bomba, líneas lateral y principal, son moviles. En ciertos casos puede prescindirse de la línea principal.

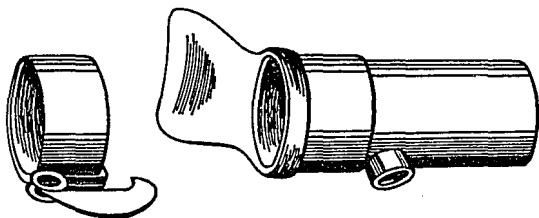
Es un sistema muy flexible, pero sus necesidades de mano de obra son muy altos, elevando sus costos de operación.

2.- Mecanizados

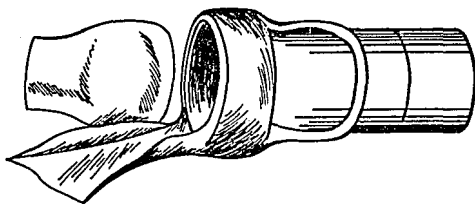
A.- Aspersor Viajero (Fig. 6)

Este sistema fue desarrollado para reducir las necesidades de mano de obra.

Despues de intentos menores, en 1960 aproximadamente, la manguera flexible resistente a altas presiones, permite desarrollar un aspersor que regara al estar en movimiento.

FIGURA 2

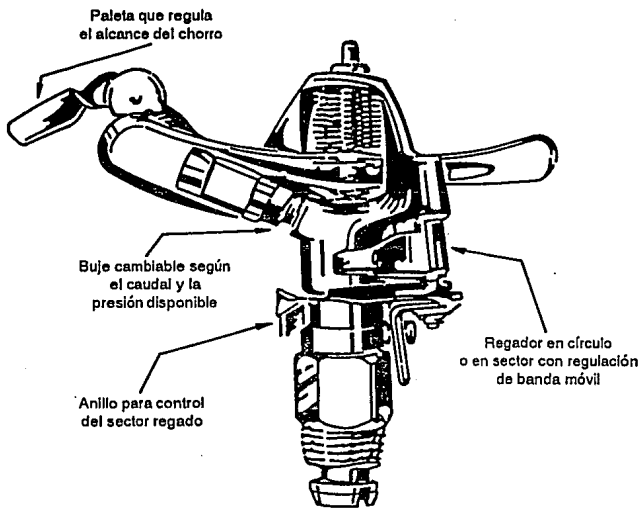
Sistema europeo de palanca



Sistema Americano Hidráulico automático

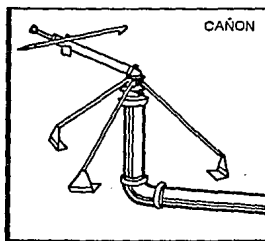
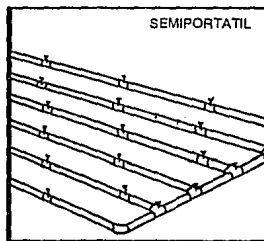
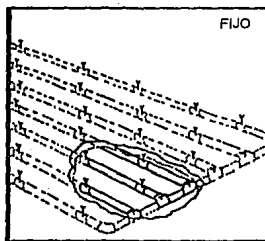
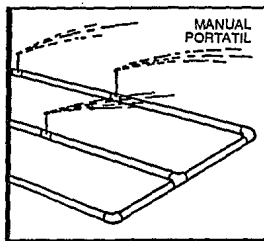
TIPOS DE ACOPLAMIENTO PARA TUBERIA DE ALUMINIO

FIGURA 3



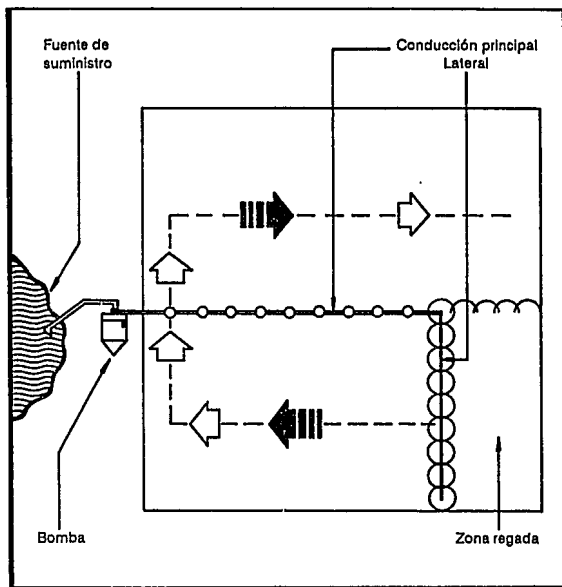
ASPERSOR DE IMPACTO

FIGURA 4



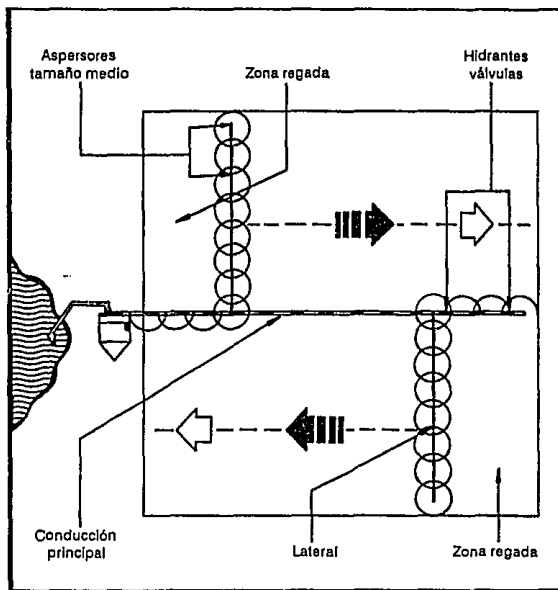
TIPOS DE SISTEMAS DE ASPERSION

FIGURA 5



FUNCIONAMIENTO CON UNA SOLA LINEA LATERAL
SISTEMA SEMIORTATIL

FIGURA 5.1



FUNCIONAMIENTO CON 2 O MAS LATERALES
SISTEMA SEMIPORTATIL

Las primeras practicas con este equipo son reportadas en Illinois en 1945, sin embargo, eran propulsados por un motor de gas LP con manguera de 4". En 1967 la amplia variedad de mangueras flexibles, en diametros y longitudes, ha permitido diversificar la utilidad del equipo.

En esencia, estamos hablando de un chasis de 4 ruedas, el cual transporta un rollo de manguera, propulsado por un motor que atraves de una transmision, genera un movimiento capaz de desplazar un aspersor gigante, que al recorrer el terreno, aplicara el agua necesaria.

Sus aplicaciones mas comunes han sido en maiz, soya, pastos, huertos frutales, papa y algunos otros cultivos. (AG- RAIN Inc., 1976)

B.- Side Roll (Fig. 8 y 8.1)

Estos equipos son de autopropulsion, utilizando un pequeno motor de gasolina, refrigerado por aire que se instala en el centro de la linea o en alguno de los extremos.

Se utiliza aluminio extra resistente con acoplamientos rigidos, excepto en los extremos, y esta montado sobre ruedas, con frecuencia de 5 a 7 m. de circunferencia y distanciadas de 10 a 30 m entre si. Su longitud puede ser hasta de 600 m, si el terreno es de pendiente suave y llana. Requiere ademas de valvulas para desaquear el tubo antes de desplazarlo.

Una variante de este sistema incluye soportes sustentadas por torres con ruedas, quedando la linea lateral lo suficientemente elevada sobre el terreno, para poderse desplazar en cultivos de porte alto como el maiz.

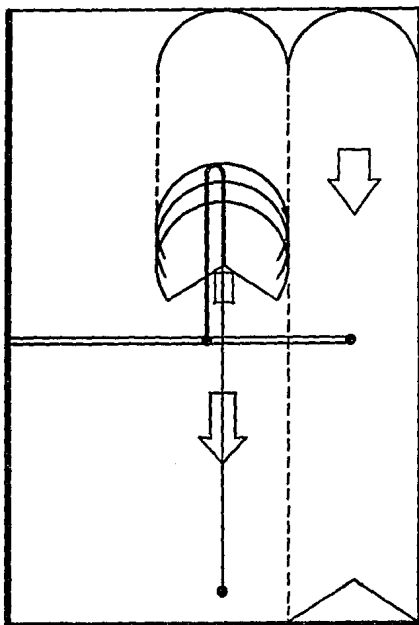
Estos sistemas se adaptan a terrenos rectangulares y requieren alineamiento y maniobras en terrenos de topografia quebrada.

Para regar, las laterales permanecen en un lugar hasta que la cantidad de agua necesaria ha sido aplicada, entonces la lateral es deslizada a otra posicion.

C.- Pivote Central (Fig. 7)

Este sistema consiste en una simple lateral, la cual gira continuamente sobre un pivote central. Este pivote consiste en una torre pivotante en posicion elevada mediante armaduras y una serie de bastidores con ruedas, describiendo un movimiento circular con la energia proporcionada por motores hidraulicos o electricos.

FIGURA 6



CAÑON VIAJERO

FIGURA 7

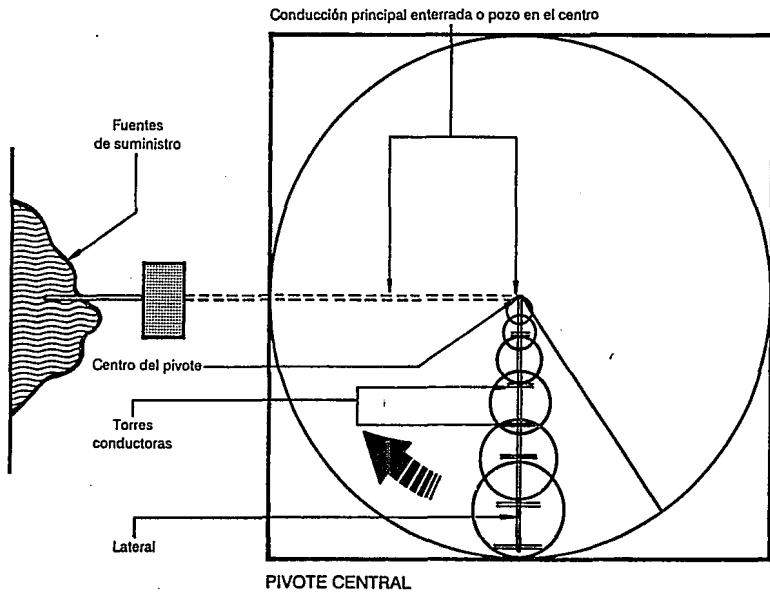
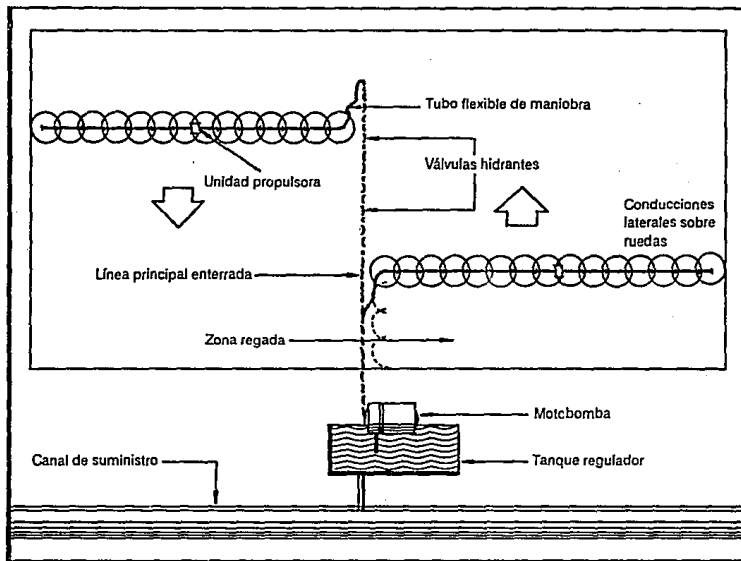


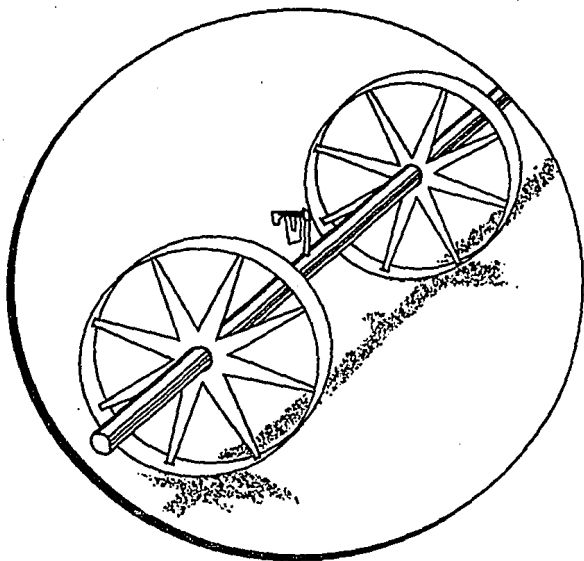
FIGURA 8

40



FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO LATERAL SOBRE RUEDAS

FIGURA 8.1



DETALLES DE LA LÍNEA LATERAL SOBRE RUEDAS.
EL CONTRAPESÓ EN EL ASPERSOR LO MANTIENE VERTICAL

La línea lateral es usualmente de acero galvanizado conectada con coples flexibles.

Utiliza aspersores de pequeño y mediano alcance, con un aspersor gigante o canon en el extremo. Para obtener una aplicación uniforme de agua, el espaciamiento de aspersores debe ser constante con una descarga variable o una combinación de espacios y descargas.

La longitud de la línea lateral y el tamaño del canon, son ajustados de tal manera, que el área sea cubierta de manera efectiva, y puede ir desde 152 a 792 metros.

Al regar, la lateral gira constantemente sobre el pivote, mojando una área circular desde 40 hasta 202 has. o más, dependiendo de la línea lateral.

El agua es aportada desde el centro del pivote, a través de un pozo o una línea de abastecimiento.

La propulsión se aplica a cada torre, porque cada una gira a diferentes velocidades.

La fuente de poder, puede ser hidráulica o eléctrica. El primer caso se suplementa por la presión del agua o por una bomba que inyecte aceite.

Algunos sistemas hidráulicos, utilizan un pistón hidráulico.

D.- Avance Frontal

El sistema de avance frontal opera de manera similar al sistema de pivote central. La diferencia entre ellos, es que uno opera de manera radial (pivote central) y el otro de manera longitudinal (avance frontal). También opera con un sistema motriz.

Este sistema es poco común en México, por lo que solamente se considera como referencia.

4.4.D. Componentes del sistema

ASPERSORES:

AAVIM (1980), considera que existen tres tipos de aspersores, de acuerdo a su patron de riego:

- 1) Rotativos: Consisten en aspersores que giran por accion hidraulica, es decir, la fuerza del agua actua contrariamente a una suspension mecanica (resorte) en el cuerpo del aspersor, que al encontrarse dichas fuerzas producen un movimiento giratorio, claro esta, que el sistema de fuerzas nunca llegara a un equilibrio total.

El FIRA (1985) los reporta como los mas utilizados en agricultura.

- 2) De boquilla tipo < Spray>: No son rotativos y producen un patron de riego fijo, que va de 90 a 360, dependiendo de los requerimientos de aplicacion en el campo.

El FIRA (1985) considera que su utilidad se restringe a jardineria.

- 3) Tuberia perforada: Consiste en una tuberia con agujeros, desde los cuales, el agua se aplica sobre areas limitadas. Requieren baja presion de ejercicio ($0.4-0.45 \text{ Kg/cm}^2$), cubriendo fajas de 10-14 m de ancho, pero tienen la desventaja de proporcionar altas densidades de precipitacion, limitandose a terrenos de textura arenosa

Otro criterio de clasificacion para los aspersores, es el propuesto por el FIRA en su manual tecnico (1985), y los clasifica de acuerdo a su presion, en:

- 1) Baja presion: $1-2 \text{ Kg/cm}^2$
- 2) Mediana presion: $2-4 \text{ Kg/cm}^2$
- 3) Alta presion: $4-9 \text{ Kg/cm}^2$

A estos ultimos corresponden los aspersores gigantes o canones, con diametros de humedecimiento de 60-150 m.

Los aspersores pueden ir colocados en un tubo elevador o sobre el tubo de la linea lateral, esto va a estar determinado por la altura del cultivo.

TUBERIAS:

Este componente es muy importante si se considera que la movilidad de un sistema depende del facil transporte y acoplamiento de la unidad de riego.

Esta tarea es facil de realizar, por la tuberia de aluminio de facil acoplamiento, que se fabrica en longitudes de 6.9 y 12 m. y 12 m. y con diametros de 2-4" en lineas laterales y 4-6" en lineas principales.

Otro tipo de tuberia es la reportada por PDIREE & OLLIER (1977), como la mas innovativa: Consiste en tuberia plastica de alta densidad, en donde el acople se puede conseguir por una presion mecanica o por la presion del agua.

El primero de los casos, se consigue por la compresion de una junta de caucho o plastico en la union de las tuberias, que tiene una entrada hembra por un extremo y una entrada macho por el otro.

El segundo caso, se consigue por la presion que ejerce el agua sobre la pared del tubo, que contiene en su extremo un sello que actua positivamente en el momento que la presion aumenta. Una vez que la presion disminuye la junta o sello pierde su accion.

Otros componentes del sistema son conexiones, reducciones, medidores de gasto y presion, valvulas de paso o reguladoras de presion, valvulas de retencion "check" en la descarga, y en las lineas regantes, valvulas hidrantes para controlar y derivar el agua, manometros para medir presion en los aspersores, entre otros accesorios.

4.4.E. Ventajas y Desventajas.

Podemos considerar que el mejor metodo de riego, es aquel que puede distribuir el agua requerida, de manera uniforme y al menor costo.

POIREE & OLLIER (1977) consideran las siguientes ventajas, para el sistema de aspersión:

a) No necesita ninguna preparacion previa de la superficie a regar.

b) Se puede operar en cualquier tipo de suelo.

c) Provoca un gran oxigenacion del agua lanzada bajo forma de lluvia.

d) Se realiza una gran economia de agua en comparacion con los metodos de riego por gravedad.

e) Pone a disposicion de los regantes condiciones de riego muy flexibles.

De la misma manera, consideran las siguientes desventajas:

a) Su costo inicial.

b) La evaporacion excesiva si las gotas son pequenas, situacion que se compensa regando por la noche.

c) Provoca el desarrollo de malas hierbas.

d) Puede provocar abelmazado y/o erosion del suelo.

4.5. RIEGO POR MICROASPERSION

4.5.A. Concepto

El FIRA en su manual técnico (1985), considera que el sistema de microaspersión es muy parecido al sistema por goteo, pues consiste en los mismos componentes, sin embargo, la diferencia consiste en que el agua se aplica asperjada.

Los caudales en microaspersión varían de 40 a 240 lph, cuando en goteo son comunes caudales de 2-4 lph.

Martínez Elizondo (1991), considera que el riego por microaspersión y goteo se agrupan en el riego localizado. Sin embargo, establece como diferencias sus gastos y que el microaspersor dispone de deflectores móviles.

4.5.B. Antecedentes

Los antecedentes del riego localizado son comunes para el goteo y microaspersión, la diferencia estriba en que el microaspersor es utilizado principalmente en huertos y el goteo puede utilizarse en invernaderos, camas o en cualquier medio de cultivo establecido en macetas.

Martínez Elizondo (1991) reporta los mismos antecedentes históricos en la investigación de los sistemas de microaspersión y goteo, al igual que Schwab et. al. (1981).

4.5.C. Componentes del sistema

Martínez Elizondo (1991) establece que los componentes de un sistema de riego localizado son los siguientes:

1) Tuberías:

- a) Principales: Son las que transportan el agua desde el cabezal hasta las unidades de riego.
- b) Secundarias: Son las que dentro de una unidad de riego abastecen a las distintas subunidades.
- c) Terciarias: Dentro de la subunidad de riego son las que alimentan a las tuberías laterales.
- d) Cuaternarias: Son las tuberías que llevan conectados los emisores.

2) Emisores:

Son los dispositivos que controlan la salida del agua, desde las tuberías laterales, en punto discretos o continuos.

Colateralmente propone las siguientes características que debe reunir un emisor:

- Caudal pequeño, constante y poco sensible a las variaciones de presión.
- Poca sensibilidad al taponamiento.
- Fabricación resistente y poco costosa.
- Elevada uniformidad de fabricación.
- Estabilidad de la relación caudal-presión a lo largo del tiempo.
- Poca sensibilidad a los cambios de temperatura.
- Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión.

4.5.D. Tipos de sistema

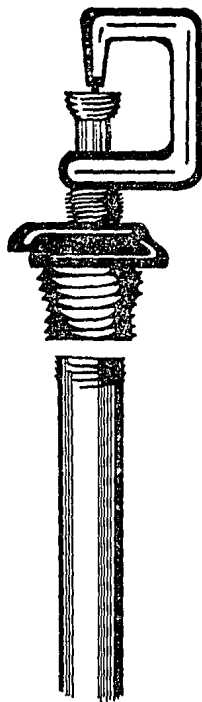
Los tipos de sistema estarán definidos por el tipo de cultivo y su distribución en el terreno, además por la forma de instalar las líneas regantes. Se pueden clasificar por los siguientes criterios:

1.- Movilidad

- a) Permanentes: Las líneas regantes están enterradas y los microaspersores están conectados a tubos elevadores.
- b) Mviles: Las líneas regantes están superficialmente en el terreno.

2.- Forma de instalación

- a) Lateral Simple
- b) Doble Lateral
- c) Ziq-Zag
- d) Cola de Cochino

FIGURA 9**MICROASPERSOR**

4.5.G. Ventajas y desventajas

Ventajas:

1.- Se puede considerar que el riego de huertos con un sistema de microaspersión, reduce las pérdidas de agua por arrastre del viento, pues el ángulo de aplicación es oblicuo.

2.- El riego de zonas localizadas en el terreno, evita proliferación de malas hierbas y es posible controlar fácilmente aquellas que lo infesten.

3.- Los gastos hidráulicos son bajos, lo que permite ahorrar cantidades considerables de agua.

4.- El FIRA en su manual técnico (1985), reporta como una ventaja de este sistema contra el goteo, en que maneja una mayor área de mojado, evitando usar un gran número de emisores por árbol.

4.6. RIEGO POR GOTEO

4.6.A. Concepto

Rodríguez Suppo (1982) considera el riego por goteo, como el sistema de llevar el agua necesaria para los cultivos por medio de tuberías especiales, a través de una red diseñada en el terreno, esta agua llega a la base de la planta por emisores que funcionan como goteros.

Por otro lado, el FIRA (1985) lo define fundamentalmente, en dotar de agua filtrada y fertilizantes a las plantas directamente, sobre o dentro del suelo en la zona radicular en la aplicación puntual con caudales mínimos, generalmente en forma de gotas.

Schwab et. al. (1982) consideran al sistema por goteo como el método de aplicar agua directamente a las plantas a través de emisores de bajo flujo, colocados a intervalos cortos a lo largo de un tubo de bajo diámetro.

Martínez Elizondo (1991) establece que el riego por goteo es aquel que sus caudales son menores de 20 lph por punto de emisión o metro lineal de manguera de goteo.

4.6.B. Antecedentes

Karmeli & Keller (citados por Schwab et. al., 1983), consideran que la investigación del riego por goteo comenzó en Alemania aproximadamente en 1860. Sin embargo, fue hasta 1940 cuando se introdujo en Inglaterra especialmente para regar y fertilizar plantas de invernadero.

Con la disponibilidad de tubería de plástico y el desarrollo de emisores en Israel en 1950, este sistema se convirtió en un importante método de riego en Australia, Europa, Israel, Japón, México, Sudafrica y los EUA (Idem).

El riego por goteo ha sido aceptado mayormente en regiones áridas para regar cultivos altamente rentables como árboles de fruta y nuez, uvas, caña de azúcar, fresas, flores y verduras. Aunque es usado en algodón, sorgo y maíz dulce, el riego por goteo no ha sido bien aceptado para cultivos de campo (Idem).

4.6.C. Componentes del sistema

Los componentes de un sistema de riego pueden ser muy variables, dependiendo del cultivo a manejar, grado de automatización, forma del terreno, etc.

Así también para describir el sistema, cada autor tiene su propio criterio. Sin embargo, hemos de considerar el de Rodríguez Suppo (1982), por ser el que nos parece el más accesible y completo:

Considera las siguientes partes:

1.- Unidad de Control:

Consta de las siguientes partes:

- a) Bomba Central: Se conecta a los tanques de almacenamiento.
- b) Tubo de Conducción Central: Conecta la bomba con los depósitos.
- c) Depósitos de agua: Varían según su volumen y requerimientos.
- d) Filtros: De acuerdo al tipo de agua a utilizar.
- e) Medidor de Gasto: Permite regular el volumen de agua.
- f) Manómetro: Sirve para observar cambios de presión.
- g) Rompedor de vacío: Evita los cambios internos de presión.
- i) Tanques para fertilizantes: Su volumen es variable (25, 50 y 100 lts.) y efectúa la mezcla de fertilizantes y agua.

2.- Ramas principales:

De la unidad de control salen las ramas principales constituidas por ramales plásticos, con diámetros de 25-30 mm dependiendo del gasto a manejar.

En las ramas principales se acoplan las demás líneas de la red, sus diámetros pueden ser de 10.5, 12.5 y 16 mm, con longitudes de 40.5 y 100 m. En el extremo hay un tapon que permite lavar las mangueras, además de regular la presión.

FIGURA 10

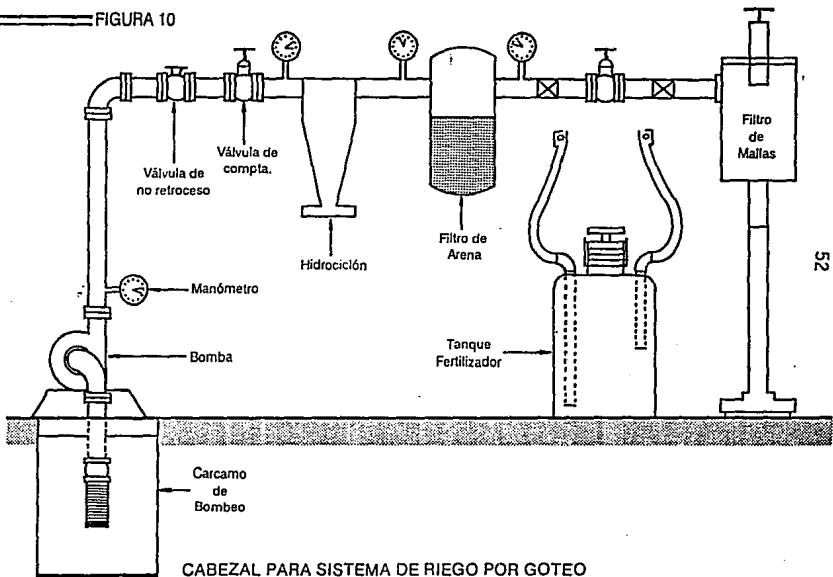
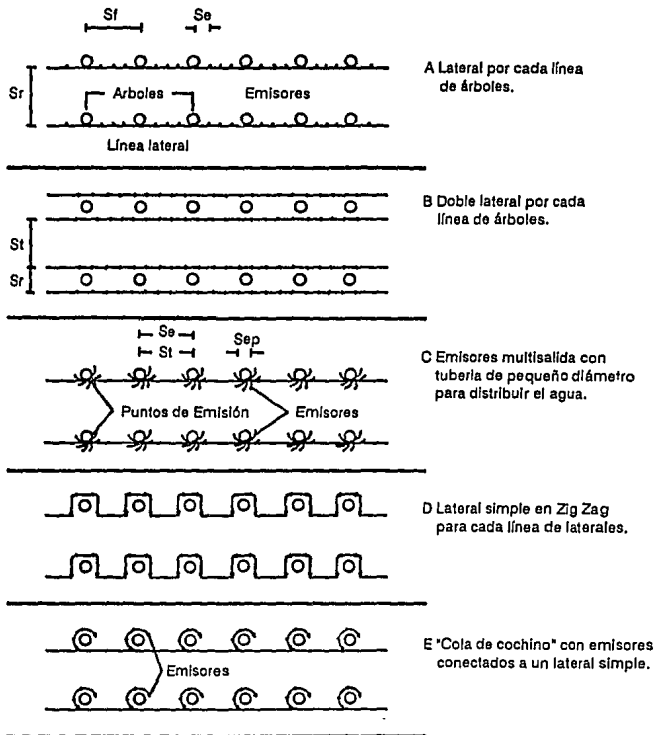


FIGURA 11



MANERAS DE APLICAR EL RIEGO A TRAVES DE LINEAS LATERALES

3.-Sistemas de Riego

Las ramas secundarias reciben el nombre de emisores de línea o goteros de línea. Las distancias entre los goteros son variables, dependiendo del cultivo y van desde 0.5-1.0 m.

Los componentes antes enunciados son en forma general los que constituyen un sistema. Sin embargo, dada la importancia que reviste dar una visión más completa de algunos componentes, describiremos con mayor detalle los más importantes:

Goteros:

Son emisores con caudales inferiores a 20 lph., en los cuales se produce una disipación de la energía cinética del agua, de tal manera que al salir prácticamente lo hace con velocidad cero (Martínez Elizondo, 1971).

Mangueras de Goteo: Son conductos perforados o de pared porosa, donde las perforaciones descargan un cierto volumen de agua por metro lineal. Se utilizan en cultivos de densidad alta, donde el número de goteros sería alto.

Los criterios de clasificación, propuestos por Martínez Elizondo (1971), son los siguientes:

1.- Por su construcción:

a) Sellados: Su construcción es definitiva, no pudiendo separar sus piezas.

b) Desmontables: Se pueden demontar para su limpieza.

2.- Por su colocación en la tubería:

a) En línea: Cuando se corta la tubería y se une por el gotero.

b) Sobre la línea: El gotero va insertado en la tubería.

c) Sobre la línea y con elevador: La manguera va enterrada y se inserta un elevador hasta la superficie donde se coloca un emisor.

3.- Por la forma de regular la presión:

a) De largo conducto: La pérdida de carga tiene lugar en un largo tramo del conducto y su flujo es laminar.

b) De Laberinto: Tiene largos conductos tortuosos y le produce un flujo turbulento.

c) De orificios: El agua sale através de uno o varios orificios, su flujo es completamente turbulento.

d) Tiene una cámara circular y se produce un flujo vorticial. Este movimiento se consigue al entrar el agua tangencialmente a la pared circular de la cámara, produciendo flujo turbulento.

e) Autocompensantes: Son goteros de flujo turbulento o transitorio, que proveen un gasto constante independientemente de la presión. La autoregulación se consigue mediante una pieza móvil y flexible de caucho que se deforma bajo el efecto de la presión.

Filtros:

Los problemas ocasionados por obturación de los orificios de los goteros, es el problema más común a que se enfrenta quien opera este tipo de sistema.

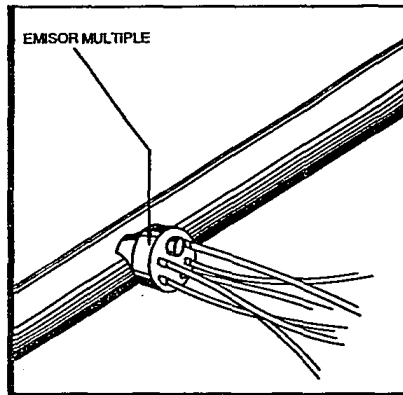
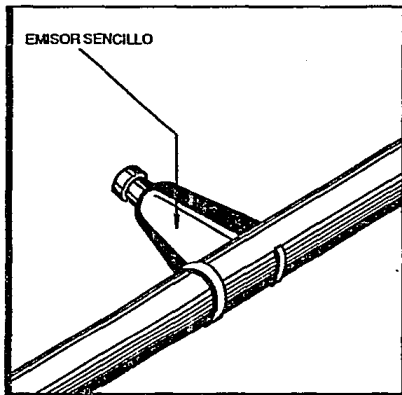
La calidad de agua de riego, será la condición que nos indique el tipo de filtro a utilizar, se entiende consecuentemente, que antes de optar por uno de ellos, habrá que analizar las partículas suspendidas en la misma.

Rodríguez Suppo (1982), considera que todas las aguas, aun las susceptibles de consumo humano, deben filtrarse, ya que contienen sustancias orgánicas e inorgánicas que pueden causar alguna toxicidad.

En cuanto a dichas sustancias, Martínez Elizondo (1991), considera que hay sustancias físicas y químicas que pueden causar obturación, y las considera como a continuación se citan:

Agentes Físicos: "Consisten en sólidos suspendidos con partículas orgánicas (algas, diatomeas, peces, moluscos, crustáceos, insectos, ovas, semillas y restos vegetales) e inorgánicas (partículas de suelo) ..."

FIGURA 12



TIPOS DE EMISORES

Agentes Químicos: "Son componentes que pasan cualquier tipo de filtro debido a que van disueltos en el agua y que en algunas ocasiones precipitan en las tuberías o en los emisores, donde disminuye la velocidad de flujo..."

La utilización de PREFILTROS, FILTROS y SEPARADORES DE ARENA son los dispositivos que permiten disminuir los contaminantes del agua de riego. Se describen a continuación:

PREFILTROS:

Los prefiltros permiten separar las partículas de mayor tamaño, contenidas en el agua de riego y su finalidad es evitar que la bomba maneje agua contaminada.

El más simple es una rejilla en la válvula de succión, sin embargo, si el agua contiene arena en suspensión, este mecanismo resulta ineficiente, por lo que debe utilizarse un hidrociclón.

El hidrociclón es un dispositivo de forma cónica que produce un flujo vorticial capaz de separar 98% de las partículas de 100 micras.

Para su funcionamiento es necesario que mantenga una posición vertical, el agua entra en una forma tangencial a la sección cilíndrica y el flujo rotacional elimina los sólidos más pesados hacia el colector de impurezas localizado en la parte inferior, el agua asciende por la parte central.

FILTROS DE ARENA:

Son depósitos metálicos (generalmente) o de plástico reforzado que contienen arena y grava tamizada de tamaños definidos.

Rodríguez Suppo (1982) propone utilizar este tipo de filtros para aguas que arrastran gran cantidad de arenas y materiales pesados. El principio de separación es por medio de percolación y sedimentación de sólidos.

La limpieza del filtro se consigue por medio de un flujo de agua continua y expansión del medio filtrante.

Los extremos de operación son 60-70 m³/h de caudal por m² de cuerpo filtrante.

La utilización de manómetros a la salida y entrada permite saber el momento de drenar el filtro, una vez que las presiones de salida aumenten.

FILTRO DE MALLAS:

Son cilindros generalmente de plástico, con un elemento filtrante de nylon o acero inoxidable, a través del cual pasa un flujo de agua.

Rodriguez Suppo (1982) considera que las siguientes características determinan la efectividad de filtrado:

a) El modelo y la disposición de aberturas en la superficie del elemento filtrante.

b) Las dimensiones del filtro, así como su forma.

c) El número de aberturas por centímetro o pulgada lineal.

d) La distancia entre los centros de dos aberturas adyacentes.

e) La dimensión interior de abertura.

f) La superficie total del elemento de filtrado, incluyendo las aberturas.

g) El área del filtro efectivo respecto a la superficie total.

Las dimensiones de la criba se establecen generalmente en la unidad denominada "mesh", que significa mallas por pulgada lineal o número de edificios por pulgada lineal.

Los más comúnmente utilizados para sistemas de goteo varían de 50 a 200 mesh, con velocidades de filtración de 0.4 a 0.9 m/seg. (esta última velocidad se recomienda para aguas muy limpias) y pérdidas de carga de 1 a 3 m.

Para calcular el tamaño de orificio de la malla del filtro, se considerará 1/10 del tamaño mínimo de la boquilla del gotero y 1/5 para el microaspersor, con este dato se consultará el diámetro de filtrado o escala de mallas a utilizar.

Este tipo de filtros han de instalarse después de las bombas inyectoras de fertilizante, para capturar algunas partículas de fertilizante suspendidas.

Existen otro tipo de filtros menos comunes, como son filtros de discos, filtros de remolino, etc. Sin embargo, solo consideraremos los descritos como los más utilizados.

Existen algunos otros dispositivos importantes en un sistema de riego por goteo, como son los siguientes :

Reguladores de presión : "Consisten en un cuerpo cilíndrico metálico o plástico, en cuyo interior se desliza un pistón que queda retenido por un muelle. El agua atraviesa la válvula siguiendo un camino sinuoso. Cuando la presión aumenta, vence la resistencia del muelle y se produce el desplazamiento del disco que a su vez disminuye el tamaño del orificio de entrada de la válvula..." (Martínez Elizondo, 1991).

Reguladores de caudal : "Consiste en una membrana elástica con un orificio central que se contrae o distiende de acuerdo con la presión que actúa, para dejar pasar un caudal constante dentro de un rango de presiones de entrada." (Martínez Elizondo, 1991)

Manómetros : Permiten medir las presiones de trabajo, para evitar daños al sistema de conducción y/o bajas presiones que entorpezcan el patrón de riego.

Válvulas de control : Son válvulas de compuerta mariposa, permiten reducir el flujo corriente o incluso interrumpirlo.

Válvulas de retención : Son válvulas con una compuerta libre, que permite el paso de agua en un sentido e impide su retorno en sentido opuesto.

4.6.D. Tipos de sistema

Los arreglos para un sistema por goteo son diversos, dependiendo del cultivo (tipo de planta, sistema de cultivo, densidad, etc.), ubicacion de la fuente de abastecimiento y probablemente, preferencia del productor.

Los criterios mas comunes son, dividir el terreno con la linea principal, de tal manera que sea equidistante a los extremos del terreno, para de ahi, sacar las subprincipales de manera perpendicular a la primera.

Las lineas regantes, se conectaran a las subprincipales y su arreglo estara en funcion de los factores mencionados.

Schwab et. al. (1981), sugieren tres arreglos para un huerto:

- a) Una linea lateral para cada fila de arboles.
- b) Dos lineas laterales para cada fila de arboles.
- c) Salidas multiples para cada arbol.

El tamano de los arboles, sera el criterio que determine cual de las opciones anteriores utilizar:

Rodriguez Suppo (1982) considera los siguientes arreglos, dependiendo del cultivo:

1.- Cultivos anuales (maiz, hortalizas y flores): 1 linea de goteros por cada dos lineas de planta a 50 cm. y 2 lt/hora como maximo.

2.- Plantas perennes jovenes: 1 hilera de arboles regada por una linea de goteros a separacion no mayor a 1 m. y descarga no menor a 4 lt/hora.

3.- Plantas establecidas: Cuando las plantas son jovenes no hay problema, sin embargo, una vez que empiece la floracion, fructificacion y maduracion, el riego debe ser de la siguiente manera:

a) Arboles de tamano mediano: Se usan de 5-6 goteros por planta con descarga de 4-5 lts/h, en un diametro de 1.8-2.0 m., con una area de 25 m²/arbol.

b) Arboles de gran tamano: Se usan generalmente 6-7 goteros/ planta, descarga 4-5 lts/h en circulo de hasta 3 m. de diametro y area de 50 m²/arbol.

4.6.6. Ventajas y desventajas.

Consideramos las reportadas por Martínez Elizondo (1991):

- Posibilidad de regar en cualquier tipo de topografía.
- Control adecuado de la aplicación y la distribución del agua.
- Posibilidad de usar aguas con alto contenido de sales.
- No existe interferencia a causa de los vientos, como en aspersión.
- Se eliminan canales y acequias de distribución.
- Facilita control de malas hierbas.
- Aumento en calidad y producción de frutos.
- Fertilización a través del agua de riego.
- Evita la lixiviación de nutrientes.

Otras ventajas reportadas por Schwab et.al. (1981) son:

- Las pérdidas por evaporación y percolación son mínimas con un buen manejo del sistema.
- Gran economía en el consumo de agua.
- Enfermedades fungicas y bacterianas, son reducidas si se maneja adecuadamente la precipitación.
- Bajas presiones y bajos gastos eliminan la posibilidad de erosión.

Las desventajas reportadas por Martínez Elizondo (1991) son:

- Costo inicial elevado, dependiendo del cultivo, grado de automatización y topografía.
- Taponamiento de goteros frecuentes.
- Equipo sofisticado que requiere personal especializado.
- Restringido a cultivos en hileras.

Schwab et. al. (1981), considera las siguientes desventajas:

- Acumulación de sales, si las aguas utilizadas son salinas.
- El volumen de raíz puede restringirse, debido a que el área de mojado está delimitado.
- Los espacios secos entre las líneas de riego, pueden causar formación de polvo y erosión eólica consecuentemente.
- Se puede ocupar excesiva mano de obra para mantenimiento de equipos.

4.7.B. Instituciones crediticias que fomenten la adquisicion de infraestructura de riego.

Los financiamientos para la adquisicion de infraestructura de riego, pueden ser por dos medios:

a) Oficial: Son coordinados por el FIRA.

b) Privado: Prestamos bancarios.

El primero de los casos, es representado por el FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relacion con la Agricultura), que depende directamente del Banco de Mexico, en su caracter fiduciario y de la SHCP como coordinadora del sector financiero.

Estos fideicomisos tienen como Organismo de Gobierno a Comites Tecnicos integrados por representante de diversas dependencias del Gobierno Federal, de los bancos y de organizaciones de productores.

Los recursos del FIRA, provienen de fondos internos (federales) y externos (Banco Interamericano de Desarrollo y Banco Mundial).

Tipos de Credito y Plazo:

1.-Habilitacion o Avio (corto plazo) para sufragar el capital de trabajo, su amortizacion no excede 2 años.

2.- Refaccionario (mediano y largo plazo) para inversiones fijas. El plazo esta en funcion de la inversion y de la capacidad de pago de la empresa financiada, sin exceder 15 años.

3.- Prendarios: Para facilitar la comercializacion de los productos y su plazo es hasta 6 meses.

Tasa de Interes:

Esta en funcion del promedio ponderado de las tasas de descuento en colocacion primaria de los certificados de la Tesoreria de la Federacion (CETES) a plazo de 28 dias.

Las tasas de interes dependen del tipo de credito, del estrato socioeconomico del productor, de la actividad y tipo de productor del que se trate.

Documentación mínima necesaria para solicitar crédito institucional.

Ejido y Comunidad:

- Carpeta básica agraria.
- Si los predios se encuentran en algún distrito de riego deberán presentarse Certificados de Derechos de Agua y permiso de siembra correspondientes.
- Solicitud de Crédito.
- Para el caso de las Secciones Especializadas y los Sectores de Producción son los mismos requisitos agregando el acta de Asamblea de Constitución de la Figura Asociativa.
- Para la Empresa Social los mismos del punto anterior agregando la inscripción en el registro del crédito agrícola.

Sociedad de Producción Rural:

- Reglamento interno de trabajo, inscrito en el registro Agrario Nacional.
- Estado de Perdidas y Ganancias.
- Rentabilidad del Proyecto.
- Solicitud de Crédito

Cooperativas Agropecuarias:

- Actas y Bases Constitutivas con Registro de la STPS.
- Inscripción en el Registro Agrario Nacional.
- Acta de aportación del 10% del monto total del capital.
- Permiso de la Secretaría de Relaciones Exteriores.
- Proyecto productivo para su evaluación.
- Solicitud de Crédito.

Unidades de Produccion:

- Acta constitutiva de la unidad con la conformidad de la SRA.
- Registros del Acta Constitutiva en el Registro Nacional Agropecuario (SARH) y Registro Nacional Agrario (SRA).
- Reglamento Interno de Trabajo.
- Programas Productivos y de Apoyo.

Sociedad de Solidaridad Social:

- Actas y Bases Constitutivas.
- Permiso de la Secretaria de Relaciones Exteriores.
- Reglamento Interior de Trabajo.
- Acta de Nacimiento de Socios.
- Inscripcion en el Registro Nacional Agrario.
- Solicitud de Credito.

Union de Ejidos o Comunidades:

- Acta de Asamblea de los miembros de la Union.
- Nombramientos de Delegados Representantes ante la Union.
- Acta Constitutiva de la Union.
- Inscripcion en el Registro Agrario Nacional.

Union de Sociedades de Produccion Rural:

- Los mismos de la Union de Ejido agregando.
- Permiso de la Secretaria de Relaciones Exteriores.
- Estatutos
- Inscripcion en el Registro Publico de la Propiedad
- Solicitud de Credito

Asociacion Rural de Interes Colectivo:

- Los mismos de la Union de S.P.R. agregando.
- Permiso de la SRE
- Estatutos
- Inscripcion en el Registro Publico de la Propiedad y del Comercio.
- Solicitud de Credito.

Union de Credito:

- Acta Constitutiva de la Union de Credito.
- Permiso de la SRE.
- Balance General y Estado de Perdidas y Ganancias autorizado por la C.N.B.S.
- Programa de Actividades y Plan de Operaciones con aprobacion de C.N.B.S.
- Relacion y avaluo de los bienes por Garantia.
- Documentacion de los socios acreditados por su conducto.
- Poder suficiente del representante legal.
- Solicitud de Credito.

4.8 METODOLOGIA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO.

4.8.A. Selección de un Sistema de Riego.

El artículo de Zazueta Ranahan (1989), "Selección de Sistemas de Riego", considera que la decisión de incorporar un sistema de riego, responde a la necesidad de maximizar el retorno de la inversión.

Para este efecto, recomienda observar tres etapas:

Diseño: Consiste en toda acción requerida para producir las especificaciones físicas del sistema. En esta etapa es necesario realizar un plano, que permita obtener la lista de materiales requeridos para la instalación del sistema.

Instalación: El resultado de esta etapa, debe estar en función de los requisitos técnicos establecidos en el diseño.

Manejo del Sistema: El manejo del sistema incluye, las siguientes etapas:

- Establecimiento de calendarios de riego.
- Operación del sistema de acuerdo a los calendarios.
- Mantenimiento del sistema.

Para efecto de seleccionar un sistema de riego, considera las siguientes fases:

1.- Estudio de Viabilidad Técnica: Considerar ventajas y desventajas, para determinar si el sistema ofrece una solución práctica. Es necesario entonces, considerar los siguientes aspectos:

- Aplicación del agua y distribución de la humedad en el suelo.

- Suministro y Calidad del agua.

- Operaciones Culturales.

- Suministro y Calidad de la Energía.

- Requerimientos de mano de obra, incluyendo Nivel de capacitación.

- Disponibilidad de Servicios de Ingeniería.

- Confiabilidad del Sistema.

- Aspectos relacionados con la Ecología.

2.- Analisis de Costos: Este aspecto es muy importante y requiere de la estimacion de los siguientes costos:

- Costo inicial de la inversion.
- Costo fijo anual.
- Costo de operacion anual.
- Costo total anual.

3.- Estimacion del aumento en rendimiento requerido para cubrir costos de riego:

Este aspecto permite estimar si los rendimientos en el cultivo, han de permitir solventar los gastos totales del sistema. Es dificil realizar los calculos, por los precios inestables de mercado, pero se debe realizar tentativamente, para tomar una decision adecuada.

4.- La decision de seleccionar un sistema de riego, involucra ademas de los factores economicos, aspectos de tipo cultural.

Entre los aspectos mas importantes, se debe considerar que es necesario contar con personal especializado para el mantenimiento del sistema, y ademas un proveedor que provea las refacciones necesarias.

Zazueta Ranahan (op. cit.), establece que un sistema bien seleccionado, ademas de observar aspectos economicos, debe satisfacer las demandas del cultivo, ser manejable y facil de mantener.

La tabla K, reporta los factores mas importantes que determinan la seleccion de un sistema de riego.

4.8.B. Desarrollo de la Metodología de Cálculo.

Antes de aplicar la Metodología de Cálculo, es necesario consultar la tabla K para seleccionar un sistema de riego, a efecto de realizar un diseño correcto que satisfaga el cultivo de interés, en las condiciones específicas en que va a operar. Para el sistema de aspersión, se consideran importantes los siguientes elementos:

I.- ASPERSION:

a) Tipo de Cultivo:

Los datos referentes a esta etapa, deben tomarse previamente en campo, procurando realizar un croquis del terreno y marco de plantación.

b) Profundidad de la Raíz:

Es necesario consultar la tabla H que en el anexo reporta la profundidad de raíces para diferentes cultivos.

c) Lámina Neta a Aplicar:

Se debe calcular con la fórmula que se reporta en la revisión bibliográfica para este efecto.

d) Lámina Bruta a Aplicar: Ídem anterior.

e) Uso consuntivo y demanda efectiva del cultivo:

Utilizar el programa para este cálculo. Es necesario correr la hoja de cálculo en Lotus 123 y apoyarse en las tablas, que en el anexo se adjuntan para los datos a ingresar. Se recomienda consultar el ejemplo ya calculado, que se muestra en el final de este capítulo.

Se debe llamar el archivo USOC2.WK1, si el ciclo del cultivo es de dos meses, USOC3.WK1 si es de tres meses, USOC4.WK1 para cuatro meses y así sucesivamente hasta seis, para cultivos perennes se llamará el archivo USOCPER.WK1.

Una vez que se tenga la hoja de cálculo en la pantalla, se ingresarán los datos de nombre de cultivo, fecha de siembra, zona, latitud y ciclo vegetativo.

Así también, se deben ingresar los datos en los que se indique con un asterisco (*):

- Mes: Son los meses en los que el cultivo se va a desarrollar. (*)

- T C. son las temperaturas maximas para ese lugar, y pueden consultar en las constantes climatologicas de la SARH, tomadas en la estacion climatologica mas cercana al lugar de interes. (*)

- % P. que significa un factor de luminosidad promedio para la latitud ingresada y para un mes especifico, y que se encuentra en la tabla P. del anexo. (*)

- FAC. T. es un factor de temperatura, el programa lo calcula.

- f(cm). Es un consumo bruto de humedad, y se calcula del producto de %P por FAC. T. El programa lo calcula.

- CORREC. Se extrae de la tabla R del anexo. Se obtiene de la interseccion de los valores de temperatura aproximada hasta decimos.

- F cm. Es un factor corregido de humedad, la hoja lo calcula automaticamente.

- Mes. Es un factor decimal que indica el tiempo que el cultivo ocupa de un mes. Asi que un mes completo tiene un valor de 1, medio mes 0.5, etc. (*)

- Acum. Es el valor acumulado del factor anterior. La hoja lo ejecuta.

- Medio. Es un valor calculado por la hoja y que resulta del valor medio del mes multiplicado por el valor acumulado.

- %CV. es un coeficiente obtenido por el producto de el valor del mes por el valor medio. Su calculo es automatico.

- KC. es un coeficiente que indica el grado de desarrollo del cultivo, y se obtiene de la tabla T. (*)

- ET (cm). Valor de la Evapotranspiracion en centimetros, se obtiene del producto de F (cm) por KC. Su calculo lo realiza la hoja.

- KB, es un coeficiente de desarrollo que ajusta el valor del uso consuntivo calculado anteriormente, para un cultivo especifico. Se obtiene de la tabla S.

- ET(cm), expresa el valor real de la evapotranspiracion en centimetros, para ese mes.

- ET(mm/dia) expresa el valor de evapotranspiracion diaria en milimetros.

f) Intervalo entre Riegos:

Depende del uso consuntivo del cultivo y la lamina bruta aplicada. Se debe calcular por medio de la siguiente formula:

$$IR = \frac{LB}{UC} \dots \dots \dots (16)$$

Donde: LB = Lamina Bruta en milímetros
UC = Uso consuntivo en milímetros/día.
IR = Intervalo entre riegos (días)

g) Diametro tentativo de cobertura:

Esta especificacion se consulta en las tablas del fabricante del aspersor y se debe considerar un 50 % de traslape para una buena cobertura. Se recomienda hacer un dibujo a escala donde se represente la trayectoria del aspersor.

h) Espaciamiento entre laterales y aspersores:

El espaciamiento entre aspersores se recomienda que sea de 12 metros x 18 metros entre laterales, aunque tambien se usan espaciamientos de 18 metros x 24 metros.

1) Numero de cambios de posicion por dia:

Se conoce como una posicion, a toda el area regada por las laterales en un mismo tiempo. Entonces, el numero de posiciones por dia se obtendra de dividir el area total del terreno, entre el area que se riega en un mismo tiempo.

j) Numero de laterales:

El numero de laterales dependera del area total del terreno y del tiempo de riego de que se disponga. Se recomienda utilizar tiempos de riego de hasta 18 horas/día, pues así, se dispondra de menos gasto de agua abatiendo los costos de adquirir bombas de mayor capacidad y tubería de mayor diametro.

k) Tiempo de riego por posicion:

Se obtiene de dividir el tiempo total de riego, entre el numero de posiciones totales.

l) Intensidad de precipitacion por horas:

La precipitacion se puede calcular por la formula que se reporta en la revision bibliografica.

m) Rangos de Infiltración:

Este dato se obtiene de la tabla (D) de permeabilidad para diferentes grupos texturales. Si los rangos de infiltración son sobrepasados, se deben modificar los tiempos de riego.

n) Diametro definitivo del aspersor:

Se debe corregir el diametro del aspersor, por la velocidad del viento que impere en la zona de cultivo. Para este efecto, se debe consultar la tabla J que reporta estos valores, y que se encuentra en el anexo.

o) Gasto del aspersor:

Una vez definido el diametro de mojado que debera tener el aspersor, asi como su gasto, se procedera a seleccionar el modelo del aspersor, de modo que se aproxime a los datos obtenidos. Una vez seleccionado, se recalcula con los gastos reales del aspersor, la intensidad de precipitación por hora, asi como el tiempo de riego.

p) Altura del tubo elevador:

Este valor depende del tipo de cultivo que se va a regar, para cultivos de porte alto se utilizan tubos de hasta 1 m. de altura, en cambio si el cultivo es de porte bajo puede prescindirse de tubo elevador.

q) Numero de aspersores por lateral y gasto:

El numero de aspersores dependera de la longitud de la linea lateral, y el gasto se calculara por el numero de aspersores por linea y la suma de sus gastos.

r) Numero de aspersores por seccion y gasto:

El numero de secciones va a depender del gasto disponible.

Posteriormente se determinara el numero de laterales en esa seccion y los aspersores por lateral, para determinar el gasto por seccion.

s) Numero de aspersores del sistema y Gasto total:

Se procede igual que en los casos anteriores, determinando el numero total de aspersores por el gasto de cada uno de ellos.

t) Calculo del diametro en tubería lateral:

Se recomienda utilizar la hoja para calculos de perdidas por fricción, debiendo llamar el archivo FRICCIÓN1.WK1 que corre en LDTUS 123.

Una vez que se tiene la hoja en activo, se debe llenar las celdas con los gastos en litros por segundo (lps), longitud de los tramos de tubería en metros (m) y sus diámetros en milímetros (mm), y aparecerán las perdidas por fricción para esa sección en particular.

También es necesario introducir coeficientes de rugosidad para el material conductor, los cuales se pueden consultar en la tabla A que los reporta en el anexo de esta obra.

Una vez que se llenen los espacios para todos los tramos de la sección, se debe leer al final de la hoja las perdidas totales y la carga dinámica total. Este último dato es muy importante considerarlo para calcular la bomba.

u) Calculo del diametro en tubería de distribución:

Se procede igual que en el caso anterior.

v) Calculo de diametro en tubería principal:

Igual que en los casos anteriores.

w) Desnivel entre la bomba y el punto mas alto:

Este valor es muy importante para determinar la carga dinámica total de la bomba. Se puede obtener por diferencia de cotas en el terreno.

x) Calculo de la carga dinámica total:

Este valor se puede calcular con la fórmula que se reporta para este concepto en la parte de la revisión bibliográfica.

y) Calculo de la Potencia de la Bomba y Modelo:

Estos datos se obtienen de la tabla de los fabricantes de bombas, debiendo conocer el gasto total requerido y la carga dinámica total. Se recomienda hacer uso de las curvas de eficiencia, para lo cual se deben considerar eficiencias no menores a 45-50 %.

2.- MICRODASPERION Y GOTEQ.

a) Toma de datos de Campo:

Es necesario antes de proceder a calcular el sistema, contar con los siguientes datos:

- 1.- Tipo de cultivo.
- 2.- Clima.
- 3.- Tipo de Suelo.
- 4.- Topografía.
- 5.- Calidad y Cantidad de agua.
- 6.- Intervalo entre riegos (Va de 2-7 días).
- 7.- Croquis o Plano del Terreno y la ubicación de la fuente de agua.

b) Determinar el gasto por día por planta (GDP):

- 1.- De acuerdo a HARDIE (1991):

$$GDP = \frac{0.623 \times As \times U.C. \times FC}{Efr} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

0.623 = Constante

As = Area que proyecta la copa del arbol al suelo. Puede expresarse como el 0.785 del diametro de sombreado del arbol al cuadrado (pies).

U.C. = Uso consuntivo (tabla L)

F.C. = Factor del cultivo. (Consultar tabla M)

Efr. = Eficiencia de riego (Consultar tabla I)

- 2.- De acuerdo a Wade Rain (1991):

$$1.- Et = Etp \times Kp \dots (18) \quad 2.- Gdp = \frac{Et \times Sp \times 0.623}{Fe} \dots (19)$$

$$3.- Dcp = Gdp \times I \dots (20) \quad 4.- Fp = \frac{Dcp}{H} \dots (21)$$

$$5.- Ne = \frac{Fp}{De} \dots (22) \quad 6.- Se = \frac{Sp}{Ne} \dots (23)$$

$$7.- Q = \frac{F_p \times A \times 726}{S_p \times S_r} \dots (24)$$

Donde:

A= Area de riego por seccion (Acres).

E_t= Requerimiento diario por planta (inches/dia)

E_{tp}= Potencial de Evapotranspiracion Maximo (tabla N)

F_e= Eficiencia del sistema:

Goteo= 85% (.85)

Microaspersion= 80% (0.80)

f_p= Requerimiento de galones por hora por planta (GHP)

H= Horas de riego por dia (Hrs)

I= Dias entre ciclos de riego (Intervalo entre riegos)

K_p= Coeficiente de uso consuntivo (Ver tabla D)

N_e= Numero de emisores por planta

Q= Gasto total del sistema (GPM)

Q_{cp}=Requerimientos de galones por ciclo por planta (GCP)

Q_{dp}= Requerimiento de galones por dia por planta (GDP)

Q_r= Flujo del emisor (GPH)

S_e= Espaciamiento entre emisores (pies)

S_p= Espaciamiento entre plantas (pies)

S_r= Espaciamiento entre lineas (pies)

3.- Dependiendo de la forma del terreno y del gasto disponible, seccionar el area tomando en cuenta el gasto/ dia /planta encontrado.

4.- Trazar las lineas de conduccion, principales, subprincipales y lineas regantes.

5.- Seleccionar los diametros de tuberias y de mangueras a utilizar, obteniendo las perdidas por friccion en la ruta critica. Se recomienda utilizar la hoja de calculo que para este efecto se proporciona.

6.- Seleccion de conexiones, accesorios y demas componentes del sistema.

7.- Seleccion de la unidad de bombeo (en caso necesario) con el gasto del sistema y carga dinamica total.

8.- Seleccion de los accesorios necesarios para la unidad de bombeo.

CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION DIARIA

CULTIVO: MELON

FECHA DE SIEMBRA: 15 DE ENERO

CICLO VEGETATIVO: 90 DIAS

ZONA: APATZINGAN

LATITUD: 19° 42'

77

MES	T*(°C)	%P	FAC.T	f(cm)	CORRECF	(cm)	MES	ACUM	MEDIO	%CV	KC	ET'(cm)	KG	ET(cm)	ET(mm/dia)
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
DIC	33.5	7.71	2.35	18.14	3.018	23.26	0.5	0.5	0.25	0.08	0.49	11.401	0.6	7.6810	2.5603461
ENE	33.8	7.79	2.36	18.43	3.058	23.82	1	1.5	1	0.33	0.67	15.960		10.752	3.5840885
FEB	35.9	7.28	2.46	17.93	3.344	24.34	1	2.5	2	0.66	0.78	18.988		12.792	4.2640397
MAR	38.5	8.41	2.58	21.71	3.713	31.22	0.5	3	2.75	0.91	0.69	21.546		14.515	4.833694
				76.23			3					67.897			

* DATOS A INGRESAR

V.- CONCLUSION

La amplia variedad de fuentes informativas, provee numerosas metodologias para el calculo de un sistema de riego. Sin embargo, en la presente revision se consideraron las secuencias mas sencillas y funcionales. para que puedan ser implementadas de manera comun por cualquier tecnico, que cuente con los principios basicos de la hidraulica.

Es justo reconocer, que se pueden detectar errores conceptuales o de metodo, sin embargo, tambien pueden rescatarse como una guia auxiliar que de seguimiento practico a los elementos teoricos que sobre la materia, obtenemos en nuestra formacion profesional.

El horizonte productivo del pais, inevitablemente se orienta a la elevacion de la productividad. Consecuentemente la utilizacion de tecnologias, seran los medios para llegar a ese nivel.

La pretension mas satisfactoria para el presente trabajo, es que quien lo haya revisado, obtenga una herramienta de utilidad, que contribuya a lograr que ese horizonte, este cada vez mas cercano.

BIBLIOGRAFIA

- A.A.V.I.M. (AMERICAN ASSOCIATION FOR VOCATIONAL INSTRUCTIONAL MATERIALS). PLANNING FOR AN IRRIGATION SYSTEM. EUA. 2a EDICION. 1980.
- AG-RAIN TRAVELING SPRINKLER DESIGN GUIDE EUA. AG-RAIN, INC. 1976.
- DEUTSCH. W. ERNST H. SISTEMAS AVANZADOS DE RIEGO (ESTRATEGIAS DE APOYO, SERVICIO Y GARANTIA A PRODUCTORES AGROPECUARIOS). 1981 EN MEMORIAS DEL SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE TECNIFICACION DEL RIEGO Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA. COMARCA LAGUNERA, MEXICO. 1989.
- FIRA INSTRUCTIVOS TECNICOS DE APOYO PARA LA FORMULACION DE PROYECTOS DE FINANCIAMIENTO Y ASISTENCIA TECNICA. (SERIE AGRICULTURA: RIEGO Y DRENAJE, VOLUMEN 1). FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACION CON LA AGRICULTURA. BANCO DE MEXICO. 1985.
- FIRA QUE ES EL FIRA ? FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACION CON LA AGRICULTURA. BANCO DE MEXICO. 1992.
- FIRA LOS SUJETOS DE CREDITO Y SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS. FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACION CON LA AGRICULTURA.
- FLORES LUI. LUIS FERNANDO AVANCES EN TECNOLOGIA DE RIEGO. 1989 EN MEMORIAS DEL SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE TECNIFICACION DEL RIEGO Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA. COMARCA LAGUNERA, MEXICO. 1989.
- HARDIE IRRIGATION MICRO-IRRIGATION DESIGN MANUAL BY MICHAEL J. BOSWELL. 1991.
- IRRIGATION ASSOCIATION. IRRIGATION (FORMERLY: SPRINKLER IRRIGATION) EUA. 5a EDICION, 2a IMPRESION. LIBRARY OF CONGRESS. 1986.
- ISRAELSEN ORSON W. & HANSEN VAUGHN E. IRRIGATION PRINCIPLES AND PRACTICES EUA. 3a EDICION. JOHN WILEY & SONS. 1962.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

MARTINEZ ELIZONDO RENE.

RIEGO LOCALIZADO (DISEÑO Y EVALUACION).
MEXICO. 1a EDICION. UACH. 1991.

NOVELO GUIZAR MARIO.

EL RIEGO TECNIFICADO (ALTAMENTE RENTABLE)
EN AGROBIOLOGIA VOL. 20. No.1, ENERO 1989.

POIRÉE MAURICE & OLLIER CHARLES.

EL REGADÍO (REDES, TEORIA, TECNICA Y ECONOMIA DE
LOS RIEGOS). 4a EDICION. ESPAÑA. EDITORES
TECNICOS ASOCIADOS. 1977.

RODRIGUEZ SUPPO FLORENCIO.

RIEGO POR GOTEO. MEXICO. 1a EDICION. A.G.T.
EDITOR. S.A.. 1982.

SCHWAB GLENN O., RICHARD K. FREVERT, TALCOTT W.
EDMINSTER & KENNETH K. BARNES.

SOIL & WATER CONSERVATION ENGINEERING.
EUA. 3rd EDITION. JOHN WILEY & SONS. 1981.

DE SAINT FOULC JEAN D'AT.

EL RIEGO POR ASPERSON.
ESPAÑA. 3ra EDICION. EDITORES
ASOCIADOS. 1975. TECNICOS

TEUSCHER HENRY & ADLER RUDOLPH.

EL SUELO Y SU FERTILIDAD. MEXICO. 1a EDICION
4a REIMPRESION. 1979.

TIPPENS, PAUL E.

FISICA (CONCEPTOS Y APLICACIONES)
MEXICO. 1979.

TRUEBA CORONEL SAMUEL.

HIDRAULICA. MEXICO. 1a EDICION, 4a REIMPRESION
CECSA. 1991

WADE RAIN

. IRRIGATION DESIGN MANUAL. USA, 1991.

ZAZUETA RANAHAN, FEDRO S.

MICROIRRIGACION EN FRUTALES EN MEMORIAS DEL
SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE TECNIFICACION DEL
RIEGO Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA. COMARCA
LAGUNERA. MEXICO 1989.

TABLA A

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	
Material	CH
Acero corrugado	60
Acero con juntas lock-bar (nuevo).	135
Acero galvanizado (nuevo y usado).	125
Acero remachado (nuevo).	110
Acero remachado (usado).	85
Acero soldado o con remache avellanado y embutido (nuevo).	120
Acero soldado o con remache avellanado y embutido (usado).	90
Acero sin costura (nuevo).	—
Acero sin costura (usado).	—
Acero soldado, con revestimiento especial (nuevo y usado).	130
Fierro fundido limpio (nuevo).	130
Fierro fundido, sin incrustaciones (usado).	110
Fierro fundido, con incrustaciones (viejo).	90
Plástico.	150
Asbesto-cemento (nuevo).	135
Cobre y latón.	130
Conductos con acabado interior de cemento pulido.	100
Concreto, acabado liso.	130
Concreto, acabado común.	120
Concreto monolítico, colado con cimbras deslizantes ($D > 1.25m$).	—
Concreto monolítico bien cimbrado y pulido ($D > 1.25m$).	—
Concreto monolítico bien cimbrado y sin pulir ($D > 1.25m$).	—
Concreto con acabado tosco ($D > 1.25m$).	—
Concreto con juntas de macho y campana ($D > 0.8m$)	—
Concreto con juntas toscas ($D > 0.5m$).	—
Concreto con juntas toscas ($D > 0.5m$).	—
Conductos para alcantarillado.	—
Tubos de barro vitrificado (drenes)	110
Túneles Perforados en roca sin revestimiento.	—
Madera cepillada o en duelas.	120

TABLA B

**CV. NECESARIOS PARA ELEVAR DIFERENTES CANTIDADES
DE AGUA A LAS ALTURAS DE 10 A 90 m.**

(Rendimiento de las bombas: 50% del teórico. Sólo para calculos aproximados)
(N. Mex. Agr. Exp. Sta. Bul. 237)

Caudal		CV. necesarios para elevaciones de								
Metros cúbicos por hora	Litros por segundo	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	90 m
10	2.78	0.7	1.5	2.2	2.9	3.7	4.4	5.1	5.9	6.6
20	5.56	1.5	2.9	4.4	5.9	7.3	8.8	10.3	11.7	13.2
30	8.34	2.2	4.4	6.6	8.8	11.0	13.2	15.4	17.6	19.8
40	11.1	2.9	5.9	8.8	11.7	14.7	17.6	20.5	23.4	26.4
50	13.9	3.7	7.3	11.0	14.7	18.3	22.0	25.6	29.3	33.0
60	16.7	4.4	8.8	13.2	17.6	22.0	26.4	30.8	35.2	39.6
70	19.5	5.1	10.3	15.4	20.5	25.6	30.8	35.9	41.0	46.2
80	22.2	5.9	11.7	17.6	23.4	29.3	35.2	41.0	46.9	52.7
90	25.0	6.6	13.2	19.8	26.4	33.0	39.6	46.2	52.4	59.3
100	27.8	7.3	14.7	22.0	29.3	36.6	44.0	51.3	58.6	65.9
125	34.8	9.2	18.3	27.5	36.6	45.8	54.9	64.1	73.3	82.4
150	41.7	11.0	22.0	33.0	44.0	54.9	65.9	76.9	87.9	98.9
175	48.6	12.8	25.6	38.5	51.3	64.1	76.9	89.7	102.6	115.4
200	55.6	14.7	29.3	44.0	58.6	73.3	87.9	102.6	117.2	131.9
250	69.5	18.3	36.6	54.9	73.3	91.6	109.9	128.2	146.5	164.8
300	83.4	22.0	44.0	65.9	87.9	109.9	139.9	153.8	175.8	197.8

Israelsen & Hansen, (1962)

TABLA C

Clases de suelo	Proporciones en el suelo		
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Franco	Menos de 52	28 - 50	7 - 27
Franco-limoso	Menos de 50	50 o más	17 - 27
Franco-limoso	Menos de 50	50 - 80	Menos de 12
Limoso	Menos de 20	80 o más	Menos de 12
Franco-arcillo-arenoso	45 o más	Menos de 28	20 - 35
Franco-arcilloso	20 - 45		27 - 40
Franco-arcillo-limoso	Menos de 20		27 - 40
Arcillo-arenoso	45 o más		35 o más
Arcillo-limoso		40 o más	40 o más
Arcilloso	Menos de 45	Menos de 40	40 o más
Arenosos	85 o más	% de limo, no más de 1 1/2 partes de arcilla, no superior al 15%	
Arenoso-franco:			
Límite superior	85-90	% de limo, más 1 1/2 partes de arcilla, menor que el 15%	
Límite inferior	70-85	% de limo, más 2 partes de arcilla, no superior al 30%	
Franco-arenoso	52 o más	% de limo, más 2 partes de arcilla, menor que el 30%, y 20% de arcilla como máximo	
Franco-arenoso	43 - 52	Menor que el 70% de arcilla y menor que el 50% de limo	

Rodríguez Suppo, (1982)

TABLA D

VELOCIDAD DE INFILTRACION EN DIFERENTES GRUPOS TEXTURALES

CONCEPTO	TEXTURA DEL SUELO					
	arenoso	franco arenoso	franco	franco arcilloso	arcillo arenoso	arcilloso
Velocidad de infiltración cm/hr	5 (2.5-25.5)	2.5 (1.3-7.6)	1.3 (0.8-2.0)	0.8 (0.25-1.5)	0.25 (0.03-0.05)	0.5 (0.01-0.1)

NOTA: Los valores menores corresponden a estructuras pobres. Fira, (1985)

TABLA E

**CAPACIDAD DE RETENCION Y HUMEDAD FACILMENTE APROVECHABLE
PARA DIFERENTES GRUPOS TEXTURALES (Grassi 1978)**

CONCEPTO	TEXTURA DEL SUELO					
	arenoso (7-10)	franco arenoso (9-15)	franco (14-19)	franco arcilloso (17-22)	arcillo arenoso (18-23)	arcilloso (20-25)
Capacidad de retención (cm/m)	8 (7-10)	12 (9-15)	17 (14-19)	19 (17-22)	23 (18-23)	23 (20-25)
Humedad fácilmente aprovechable (cm/m)	6 (5-8)	9 (7-11)	13 (10-14)	14 (13-15)	17 (13-17)	17 (15-19)
Densidad aparente	1.65 (1.55-1.80)	1.50 (1.40-1.60)	1.40 (1.35-1.50)	1.35 (1.30-1.40)	1.30 (1.25-1.35)	1.25 (1.20-1.30)

NOTA: Se incluye la Densidad Aparente cuando sólo se disponga de CC y PMP. Fira, (1985)

TABLA F

GRUPO DE FACTORES	CLAVE	FACTORES	UNIDAD DESCRIPCION	CLASES							
				1	2	3	4	5	6	7	8
TOPOGRAFIA	T1	Topografía (Terrenos) con pendiente uniforme	%	0-2	2-6	6-10	10-15	15-25	25-40	40-100	mayor de 100
	T2	Topografía (Terrenos)	%	0-2	2-3	3-6	6-10	10-25	25-40	40-100	mayor de 100

Fira, (1985)

— TABLA G

ESTIMACION DE LA CAPACIDAD DE CAMPO

Grado de Humedad	Características perceptibles	Porcentaje de capacidad de campo
Seco Bajo (crítica)	Polvo seco Desmenuzado, no forma pelotas o agregación	Menos de 25
Mediano (regular)	Forma pelotas, pero se desmenuzan apenas golpeadas o agltadas	25 – 50
Bueno	Forma pelotas que permanecen intactas, pueden modificarse por presión	50 – 75
Excelente	Forma pelotas durables y flexibles, se modifican fácilmente	75 – 100
Muy mojado	Demasiada plasticidad	

Rodríguez Suppo

TABLA H

PROFUNDIDAD DE LA ZONA DENSA DE LAS RAICES DE ALGUNOS CULTIVOS

Cultivo	Profundidad		Cultivo	Profundidad	
	Suelos			Suelos	
	PESADOS	LIGEROS		PESADOS	LIGEROS
	m	m		m	m
Alfalfa	0.70	1.05	Jitomate	0.40	0.85
Algodón	0.35	0.60	Maíz	0.30	0.70
Cacahuete	0.40	0.50	Melón	0.50	0.80
Caña de azúcar	0.35	0.55	Papa	0.35	0.65
Cártamo	0.35	0.60	Pepinos	0.30	0.60
Chile	0.25	0.45	Pastos	0.25	0.45
Cebada	0.30	0.60	Sorgo	0.35	0.60
Cítricos	0.60	0.90	Soya	0.35	0.60
Frutales	0.75	1.20	Tabaco	0.35	0.75
Frijol	0.30	0.55	Trigo	0.30	0.55
Garbanzo	0.30	0.55			

Fira, (1985)

TABLA I

EFICIENCIAS DE RIEGO EN SISTEMAS DE ASPERSIÓN Y GOTEÓ (ASCE)	
TIPO DE SISTEMA	EFICIENCIA %
Desplazamiento Manual:	
Aspersores múltiples	60-80
Aspersores simples	55-75
Lateral sobre ruedas	60-87
Pivote central	75-90
Máquina lateral	80-90
Aspersor simple autopulsado	55-75
Goteo con emisores	65-95
Goteo con tuberías de doble pared	60-90

Fira, (1985)

TABLA J

ALTURA DE AGUA APLICADA (mm)	EVAPOTRANSPIRACION MAXIMA/DIA		
	5 mm.	5 a 7.5 mm.	7.5 MM
	VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO 0 A 6.4 Km/hr.		
25	68	65	62
50	70	68	65
100	75	70	68
150	80	75	70
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO 6.4 A 16 Km/hr.			
25	65	62	60
50	68	65	62
100	70	68	65
150	75	70	68
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO 16 A 24 Km/hr.			
25	62	60	53
50	65	62	60
100	68	65	62
150	70	68	65

NOTA: En los sistemas cuya precipitación horaria es muy baja (5 a 6 mm/hr) la eficiencia puede ser del orden del 80% (Rain Bird- Manual de Riego por Aspersión). Fra, (1985)

TABLA K

ALGUNOS FACTORES QUE AFECTAN LA SELECCION DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

SISTEMA	TOPOGRAFIA	TASA DE INFILTRACION	DE TOLERANCIA AL VIENTO	AL AGUA
Aspersión.	Terrenos nivelados o con pendientes.	Adeptable a cualquier tasa de infiltración.	Adeptable a la mayoría de cultivos. Puede favorecer el desarrollo de hongos y enfermedades del follaje y la fruta.	El viento puede afectar seriamente la eficiencia del sistema.
Superficie.	Los terrenos nivelados o con pendientes. Los terrenos tienen que estar a nivel o con pendientes pequeñas (del orden de 1%). Se pueden utilizar terrazas y vegetación para aumentar la pendiente.	No es recomendable para suelos con tasas de infiltración mayores a unos 6 cm/hr o suelos con tasa de infiltración muy bajas.	Adeptable a la mayoría de los cultivos. Puede causar daños a tuberosas y plantas que tengan baja tolerancia al anegamiento.	Vientos fuertes pueden afectar la eficiencia en suelos no vegetados. Usualmente no se considera.
Subirrigación por ascención capilar.	La superficie del cultivo debe de ser nivelada a trazo o a nivel.	Adeptable únicamente a suelos que tienen un manto impermeable bajo la zona radicular o un manto freático elevado que se pueda controlar.	Adeptable a la mayoría de cultivos.	El viento no tiene efecto alguno.
Micro Irrigación				
Goteo	Adeptable a cualquier topografía.	Adeptable a suelos con texturas medias y finas que presentan buena conducción capilar.	Adeptable a cualquier cultivo.	El viento no tiene efecto alguno.
Micro Aspersión	Adeptable a cualquier topografía.	Adeptable a cualquier tipo de suelo. Especialmente útil con suelos de conducción capilar pobre.	Ningún problema.	El viento puede afectar seriamente la eficiencia.
Subirrigación por difusión capilar.	El area de cultivo debe ser nivelada para limitar pendientes	Adeptable solo a suelos con texturas medias a finas que presentan buena conducción capilar.	Ningún problema.	El viento no tiene efecto alguno.

TABLA L

TABLA DE USO CONSUNTIVO			
Clima	Humedad	Temperatura Max.	U.C.
Frío	Seco	menor a 70° F	0.15 inches/día
Frío	Humedo	menor a 70° F	0.10 inches/día
Templado	Seco	70-80° F	0.25 inches/día
Templado	Humedo	70-80° F	0.20 inches/día
Caliente	Seco	80-100° F	0.35 inches/día
Caliente	Humedo	80-100° F	0.30 inches/día
Desértico	Seco	mayor a 100° F	0.45 inches/día
Desértico	Humedo	mayor a 100° F	0.40 inches/día

Hardie, (1991)

TABLA M

TABLA DE FACTOR DE CULTIVO	
Factor	Tipo de cultivo
1.00	<ul style="list-style-type: none"> — Cultivos de cobertura total, Cultivos en comas (Flores) — Cultivos Perenes — Pequeños arbustos
0.80	<ul style="list-style-type: none"> — Vid y árboles frutales — Árboles maduros
0.70	<ul style="list-style-type: none"> — Plantas nativas en zonas áridas y semiáridas — Plantas ornamentales
0.40	<ul style="list-style-type: none"> — Arbustos nativos en áreas de alta humedad — Arbustos altos — Establecimiento de plantas nativas

Hardie, (1991)

TABLA N

TABLA DE EVAPOTRANSPIRACION (ETp)	
Clima	Inches/dia usados
Frio Humedo	0.10 - 0.15
Frio seco	0.15 - 0.20
Caliente Humedo	0.15 - 0.20
Caliente Seco	0.20 - 0.25
Desertico Humedo	0.20 - 0.30
Desertico Seco	0.30 - 0.45

Wade Rain (1991)

TABLA O

TABLA DE USO CONSUNTIVO (Kp)			
Cítricos	0.60	Caña de azúcar	1.05
Vid	0.70	Melón	0.95
Durazno	0.75	Frijol	1.50
Albancoque	0.75	Col	1.00
Almendro	0.75	Cacahuete	1.50
Pera	0.75	Papa	1.05
Manzano	0.85	Tabaco	1.05
Cerezo	0.85	Remolacha	1.10
Plátano	0.85	Tomate	1.10
Cafeto	0.90		

Wade Rain (1991)

TABLA P

**TABLA DE PORCENTAJES DE HORAS LUZ O INSOLACION
EN EL DIA PARA CADA MES DEL AÑO EN RELACION
AL NUMERO TOTAL EN UN AÑO (P)**

Lat. Nte.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
15	7.94	7.37	8.44	8.45	8.98	8.80	9.03	8.83	8.27	8.26	7.75	7.88
16	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.88	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	8.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22	7.66	7.21	8.40	8.56	9.22	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.48	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32	7.20	6.97	8.37	8.75	9.67	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

Fira, 1985

TABLA Q

VALORES DE LA EXPRESION: $\frac{t + 17.8}{21.8}$ EN RELACION
 CON TEMPERATURAS MEDIAS EN °C PARA USARSE
 EN LA FORMULA DE BLANEY Y CRIDDLE

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	0.954	0.959	0.963	0.968	0.972	0.977	0.982	0.986	0.991	0.995
4	1.000	1.005	1.009	0.014	1.018	1.023	1.028	1.032	1.037	1.041
5	1.046	1.050	1.055	1.060	1.064	1.069	1.074	1.078	1.083	1.087
6	1.092	1.096	1.101	1.106	1.110	1.115	1.119	1.124	1.128	1.133
7	1.138	1.142	1.147	1.151	1.156	1.161	1.165	1.170	1.174	1.179
8	1.183	1.188	1.197	1.197	1.202	1.206	1.211	1.216	1.220	1.225
9	1.229	1.234	1.239	1.243	1.248	1.252	1.257	1.261	1.266	1.271
10	1.275	1.279	1.284	1.289	1.294	1.298	1.304	1.307	1.312	1.317
11	1.321	1.326	1.330	1.335	1.339	1.344	1.349	1.354	1.358	1.362
12	1.367	1.372	1.376	1.381	1.385	1.390	1.394	1.400	1.404	1.408
13	1.413	1.417	1.422	1.427	1.431	1.436	1.440	1.445	1.450	1.454
14	1.459	1.463	1.468	1.472	1.477	1.482	1.486	1.491	1.495	1.500
15	1.505	1.509	1.514	1.518	1.523	1.528	1.532	1.537	1.541	1.546
16	1.550	1.555	1.560	1.564	1.569	1.573	1.578	1.583	1.587	1.592
17	1.596	1.601	1.606	1.610	1.615	1.619	1.624	1.628	1.633	1.638
18	1.642	1.647	1.651	1.656	1.661	1.665	1.670	1.674	1.679	1.683
19	1.688	1.693	1.697	1.702	1.706	1.711	1.716	1.720	1.725	1.729
20	1.734	1.739	1.743	1.748	1.752	1.757	1.761	1.766	1.771	1.775
21	1.780	1.784	1.789	1.794	1.798	1.803	1.807	1.812	1.817	1.821
22	1.826	1.830	1.835	1.839	1.844	1.849	1.853	1.858	1.862	1.867
23	1.872	1.876	1.881	1.885	1.890	1.894	1.899	1.904	1.908	1.913
24	1.917	1.922	1.927	1.931	1.936	1.940	1.945	1.950	1.954	1.959
25	1.963	1.968	1.972	1.977	1.982	1.986	1.991	1.995	2.000	2.004
26	2.009	2.014	2.018	2.023	2.028	2.032	2.037	2.041	2.046	2.050
27	2.055	2.060	2.064	2.069	2.073	2.078	2.083	2.087	2.092	2.096
28	2.101	2.106	2.110	2.115	2.119	2.124	2.128	2.133	2.138	2.142
29	2.147	2.151	2.156	2.161	2.165	2.170	2.174	2.179	2.183	2.188
30	2.193	2.197	2.202	2.206	2.211	2.216	2.220	2.225	2.229	2.234
31	2.239	2.243	2.248	2.252	2.257	2.261	2.266	2.271	2.275	2.280
32	2.284	2.289	2.294	2.298	2.303	2.307	2.312	2.317	2.321	2.326
33	2.330	2.335	2.339	2.344	2.249	2.353	2.358	2.362	2.367	2.372
34	2.376	2.381	2.381	2.390	2.394	2.399	2.404	2.408	2.413	2.417
35	2.422	2.427	2.431	2.436	2.440	2.445	2.450	2.454	2.459	2.463

TABLA R

VALORES DE LA EXPRESION: $\frac{k(t + 17.8)}{21.8}$ EN RELACION
 MEDIAS EN °C PARA USARSE CON TEMPERATURAS
 EN LA FORMULA DE BLANEY Y CRIDDLE

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	0.317	0.322	0.327	0.331	0.335	0.340	0.345	0.349	0.354	0.359
4	0.364	0.369	0.373	0.378	0.384	0.388	0.393	0.398	0.403	0.408
5	0.413	0.418	0.423	0.428	0.433	0.439	0.444	0.449	0.455	0.460
6	0.465	0.470	0.476	0.481	0.487	0.492	0.498	0.503	0.509	0.514
7	0.520	0.526	0.531	0.537	0.543	0.549	0.554	0.560	0.566	0.572
8	0.578	0.584	0.590	0.596	0.602	0.608	0.614	0.620	0.626	0.632
9	0.638	0.645	0.651	0.657	0.664	0.670	0.676	0.682	0.689	0.696
10	0.702	0.708	0.715	0.722	0.729	0.736	0.742	0.748	0.755	0.762
11	0.768	0.775	0.782	0.789	0.796	0.803	0.810	0.817	0.824	0.830
12	0.838	0.845	0.852	0.859	0.866	0.874	0.880	0.889	0.895	0.902
13	0.910	0.917	0.925	0.932	0.939	0.947	0.964	0.962	0.970	0.977
14	0.985	0.992	0.000	0.008	0.016	0.024	1.031	0.039	0.047	0.055
15	1.063	1.071	1.079	1.086	1.095	1.103	1.111	1.119	1.127	1.135
16	1.143	1.152	1.160	1.168	1.172	1.185	1.193	1.202	1.210	1.219
17	1.227	1.235	1.244	1.253	1.262	1.270	1.279	1.287	1.296	1.305
18	1.313	1.322	1.331	1.340	1.349	1.357	1.367	1.376	1.385	1.393
19	1.403	1.412	1.421	1.430	1.439	1.448	1.458	1.467	1.476	1.485
20	1.495	1.505	1.513	1.523	1.533	1.542	1.551	1.561	1.571	1.580
21	1.590	1.599	1.609	1.619	1.629	1.639	1.648	1.658	1.668	1.678
22	1.688	1.697	1.708	1.717	1.728	1.738	1.748	1.758	1.768	1.779
23	1.789	1.799	1.810	1.819	1.830	1.840	1.851	1.861	1.871	1.882
24	1.892	1.903	1.914	1.924	1.935	1.945	1.956	1.967	1.977	1.988
25	1.999	2.010	2.020	2.031	2.042	2.053	2.064	2.074	2.086	2.096
26	2.108	2.119	2.130	2.141	2.153	2.164	2.175	2.186	2.198	2.208
27	2.220	2.232	2.243	2.255	2.265	2.277	2.289	2.300	2.312	2.323
28	2.335	2.345	2.358	2.370	2.382	2.394	2.405	2.417	2.430	2.441
29	2.453	2.464	2.477	2.489	2.500	2.513	2.525	2.537	2.549	2.561
30	2.574	2.586	2.598	2.610	2.623	2.635	2.647	2.660	2.672	2.685
31	2.698	2.710	2.723	2.734	2.747	2.760	2.773	2.786	2.798	2.811
32	2.822	2.836	2.850	2.862	2.875	2.887	2.900	2.914	2.927	2.940
33	2.953	2.966	2.978	2.992	2.006	2.018	2.032	3.045	2.058	2.072
34	3.085	3.098	3.111	3.125	3.138	3.152	3.166	3.179	3.193	3.206
35	3.220	3.234	3.247	3.261	3.274	3.289	3.303	3.316	3.330	3.344

COEFICIENTES DE DESARROLLO K_G PARA EL USO EN EL CALCULO DE USOS CONSUNTIVOS

Mes	Caña	Alfalfa	Pasto	Vid	Cítricos	Frutales de hoja caduca	Frutales de hoja perenne
1	0.30	0.65	0.48	0.20	0.65	0.20	0.60
2	0.35	0.75	0.60	0.23	0.67	0.25	0.75
3	0.50	0.85	0.75	0.30	0.69	0.35	0.85
4	0.60	1.00	0.85	0.50	0.70	0.65	1.00
5	0.77	1.10	0.87	0.70	0.71	0.85	1.10
6	0.90	1.13	0.90	0.80	0.72	0.95	1.12
7	0.98	1.12	0.90	0.80	0.72	0.98	1.12
8	1.02	1.03	0.87	0.75	0.71	0.85	1.05
9	1.02	1.00	0.85	0.67	0.70	0.50	1.00
10	0.98	0.90	0.80	0.50	0.68	0.30	0.85
11	0.90	0.80	0.65	0.35	0.67	0.20	0.75
12	0.78	0.65	0.60	0.25	0.65	0.20	0.60

TABLA T

COEFICIENTES DE DESARROLLO K_c PARA USO EN EL CALCULO DE USOS CONSUNTIVOS

% de desarrollo	CULTIVOS ANUALES																
	Maíz	Trigo	Algodón	Sorgo	Cañamo	Soya	Arroz	Frijol	Abrójol	Cañanazo	Cebada	Jitomate	Linaza	Chile	Papa	Cacahuete	Curambí (Macaes)
0	0.42	0.15	0.20	0.30	0.14	0.51	0.45	0.50	0.30	0.30	0.15	0.43	0.30	0.48	0.30	0.15	0.45
5	0.45	0.20	0.22	0.35	0.16	0.45	0.50	0.54	0.35	0.35	0.20	0.43	0.35	0.50	0.35	0.17	0.47
10	0.48	0.30	0.25	0.40	0.18	0.41	0.55	0.60	0.40	0.40	0.30	0.43	0.40	0.55	0.40	0.20	0.50
15	0.51	0.40	0.28	0.48	0.22	0.45	0.65	0.65	0.50	0.50	0.40	0.45	0.50	0.65	0.45	0.25	0.53
20	0.60	0.55	0.32	0.60	0.27	0.51	0.72	0.73	0.60	0.55	0.55	0.45	0.55	0.75	0.50	0.29	0.55
25	0.65	0.70	0.40	0.70	0.35	0.51	0.80	0.80	0.70	0.65	0.70	0.50	0.70	0.80	0.60	0.36	0.60
30	0.70	0.90	0.50	0.80	0.44	0.51	0.85	0.90	0.80	0.70	0.90	0.55	0.90	0.90	0.70	0.43	0.65
35	0.80	1.10	0.62	0.90	0.54	0.52	0.90	0.97	0.87	0.75	1.10	0.65	1.00	0.95	0.82	0.52	0.70
40	0.90	1.25	0.89	1.00	0.64	0.55	0.92	1.05	0.95	0.78	1.25	0.75	1.10	0.93	0.97	0.61	0.75
45	1.00	1.40	0.90	1.08	0.76	0.57	0.93	1.10	1.00	1.00	1.40	0.85	1.15	0.93	1.05	0.61	0.80
50	1.05	1.50	0.98	1.07	0.88	0.60	0.93	1.12	1.10	0.82	1.50	0.95	1.20	1.05	1.16	0.30	0.81
55	1.07	1.57	1.00	1.05	0.97	0.63	0.93	1.12	1.20	0.85	1.57	1.00	1.28	1.05	1.25	0.90	0.82
60	1.08	1.62	1.02	1.00	1.07	0.66	0.92	1.10	1.28	0.85	1.62	1.03	1.30	1.05	1.30	1.00	0.70
65	1.07	1.61	1.00	0.95	1.07	0.68	0.90	1.05	1.30	0.82	1.61	1.02	1.35	1.03	1.35	1.01	0.79
70	1.05	1.55	0.95	0.90	1.03	0.70	0.85	0.02	1.32	0.80	1.55	0.98	1.30	1.00	1.38	1.02	0.77
75	1.02	1.45	0.87	0.82	1.02	0.70	0.80	0.95	1.28	0.75	1.45	0.95	1.28	0.97	1.38	0.91	0.75
80	1.00	1.30	0.80	0.75	0.96	0.69	0.68	0.87	1.25	0.70	1.30	0.90	1.25	0.90	1.35	0.80	0.72
85	0.95	1.10	0.75	0.70	0.86	0.63	0.63	0.80	1.10	0.65	1.10	0.85	1.10	0.85	1.33	0.60	0.71
90	0.90	0.95	0.65	0.75	0.76	0.56	0.58	0.72	1.00	0.60	0.95	0.80	0.95	0.80	1.30	0.41	0.70
95	0.87	0.80	0.55	0.60	0.60	0.43	0.55	0.70	0.90	0.50	0.80	0.75	0.80	0.70	1.25	0.25	0.67
100	0.85	0.62	0.50	0.55	0.45	0.31	0.47	0.62	0.80	0.40	0.62	0.70	0.60	0.60	1.20	0.11	0.65

VIII.- Glosario

Adhesion: En irrigacion, la propiedad de atraccion de las particulas del suelo, hacia el agua.

Agu disponible: Cantidad de agua almacenada en la zona radicular, entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

Alcali: Sal soluble, generalmente formada por carbonatos de potasio y sodio.

Arcilla: Particulas de suelo, que son visibles solo con amplificacion a 100x, o mas, con diametro menor a 0.02mm.

Arco: Angulo de cobertura de un aspersor, desde un lado del lanzamiento hasta el otro. Un angulo de 90° debera considerarse como un cuarto de circulo, y de igual manera, 180° representara la mitad del circulo.

Arena: Particulas de suelo que pueden ser vistas facilmente, y se diferencia como un grano individual.

Atmosfera: Una presion de 14.71 PSI, una columna de mercurio de 76.39 cm de altura o una columna de agua de 1.035m, al nivel del mar y a una temperatura de 69.8 C.

Bateria: Grupo de aspersores controlados por una valvula.

Bomba: Dispositivo que tiene una succion presurizada y esta disenada para alcanzar el esbojo de agua y llevar esta, al nivel deseado, a traves de una linea principal.

Caliche: Deposito de sales finas o arcilas impregnadas con sales cristalinas, tales como nitrato de sodio o cloruro de sodio. Puede ser una zona de calcio o mezcla de carbonatos, propia de zonas semiaridas.

Capacidad de Campo: Cantidad de humedad retenida por un suelo, despues del drenaje siguiente a una aplicacion de agua. Generalmente se expresa en porcentajes de su capacidad total.

Carga: Energia por unidad de peso de liquido, a un punto especifico. Expresa la presion o elevacion de un liquido a un punto dado.

Ciclo: Se refiere a una operacion completa de la estacion de control.

Cobertura: Terminio general, referente a la manera en que el agua es aplicada al terreno, con relacion al espaciamiento entre aspersores.

Coefficiente de uniformidad:

Expresion numerica que sirve, como indice de uniformidad del agua aplicada en una area dada, con un arreglo especifico de los aspersores.

Cohesion: Atraccion de las particulas de agua entre si.

Conductividad hidraulica:

Se refiere a la facilidad con que un suelo permite el movimiento de fluidos a traves de el, ambos, suelo y fluido determinan esta propiedad.

Control Automatico del sistema:

Permite manejar senales para la operacion automatica de valvulas, pudiendo incluso, manejarse bajo programas.

Control de humedad: Dispositivo que permite medir la humedad presente en el suelo.

Curva de distribucion: Una curva que muestra la cantidad de agua aplicada por una aspersor, a diferentes puntos a traves de su radio.

Disenador: Responsable de ejecutar un diseno.

Diseno: Procedimiento formal o informal, para determinar los componentes necesarios para un sistema.

Distribucion: La manera en que los aspersores aplican agua al terreno o cesped.

Elevacion (ganancia): Incremento en la presion estatica, debido a que el agua es almacenada por debajo de su fuente original. Expresado como presion, se considera 0.43 PSI por cada pie de diferencia en elevacion.

Elevacion (perdida): Decremento en la presion estatica, debido a que el agua es almacenada por arriba de su punto original. Las perdidas de presion, han de calcularse, como 0.43 PSI por pie de diferencia en elevacion.

Eficiencia (Bomba): Rango de energia convertida a trabajo util, del total de energia aplicada.

Eficiencia de Riego: Porcentaje de agua irrigada, que es almacenada en el suelo y disponible para el consumo de la planta, comparada con la cantidad total de agua aplicada.

Emitor: Dispositivo usado en riego por goteo para reducir la presion del agua, dentro de la lateral antes de ser descargado al suelo.

Evolucion: Perdida de agua de la superficie del suelo u otra parte, hacia la atmosfera en forma de vapor.

Evapotranspiración: Se refiere al agua total utilizada por la planta a través de la transpiración, evaporación y agua interceptada por el follaje de la planta.

Flujo: Movimiento de los fluidos a través de tuberías y conexiones.

Frecuencia de riego: Cantidad de tiempo permitido entre riegos, durante los periodos de consumo de agua. En agricultura, la frecuencia es expresada generalmente en días.

GPM: Abreviación de galones por minuto.

Golpe de Ariete: Fuerza creada por una válvula de operación rápida.

Infiltración: Flujo vertical del agua, hacia las partes más bajas del suelo.

Lateral: Línea de tubería de baja presión, donde los aspersores y/o emisores, son colocados.

Lavado: Remoción de sales solubles nocivas, de la zona radicular, por una aplicación extrema de agua. Las sales indeseables, son acarreadas por agua gravitacional a un punto por abajo o fuera de la raíz.

Loam: Suelo que tiene diferentes proporciones o grados de mezcla de arcillas, arenas o limos.

Lamina Neta: Cantidad de agua que debe ser almacenada en la zona radicular, para observar los requerimientos de uso consuntivo de la planta.

Orificios: Aberturas en tuberías o boquillas.

Patrón de distribución: Patrón de aplicación de agua por un aspersor, sobre el área que cubren los aspersores.

Percolación: Movimiento del agua a través del suelo.

Pérdida de carga: Decremento de carga o presión entre dos puntos en un sistema donde hay un flujo.

Pérdidas por fricción: Pérdida de presión causada por flujo de agua en el sistema. Pérdida de presión debida a la turbulencia producida por el agua al fluir dentro de un tubo. Las pérdidas por fricción están en función del diámetro del tubo, rugosidad de la pared del mismo y velocidad de flujo.

Pérdida de presión: Pérdida de la presión bajo condiciones de flujo, por conexiones, elevaciones y cambios de flujo.

Permeabilidad: Calidad del suelo, que permite que el agua y el aire, se muevan a través de él.

Potencia: Expresada en unidades de potencia, un caballo de potencia, es equivalente a 550 ft-lbs/seg., 2545 Btu/hr o 0.746 Kw.

Presion: Fuerza por unidad de area, medida en PSI o Kg/cm².

Presion estatica: La presion en un sistema cerrado, sin movimiento.

Presion de operacion: Presion a la cual opera el sistema. Equivale a la presion estatica menos las perdidas por friccion. Usualmente indicada a la base de la boquilla del aspersor.

Principal: Tuberia de diametro grande, para llevar el agua al sistema de riego. Generalmente los aspersores no se conectan directamente a la principal, porque generalmente esta expuesta a altas presiones.

PSI: Abreviacion de (pounds per square inches) libras por pulgada cuadrada, unidad inglesa para medir la presion.

Punto de marchitez permanente: Se refiere al contenido de humedad del suelo, al cual las plantas no pueden obtener la suficiente agua, para observar los requerimientos de evapotranspiracion.

PVC: Policloruro de vinilo. Material constituyente de gran cantidad de conexiones utilizadas en los sistemas de riego.

Requerimiento de riego: Cantidad de agua requerida, para adicionarse al cesped, arbustos, etc., para satisfacer la evaporacion, transpiracion y otros usos del agua en el suelo y el medioambiente. Generalmente, se expresa en cm. y equivale a dividir la lamina neta y la eficiencia de riego. Se le conoce como lamina bruta.

Sistema de Acoplamiento facil: Es un sistema de acoplamiento de valvulas, llaves y aspersores de impacto. Las valvulas estan permanentemente instaladas, mientras que las llaves y aspersores son removidos de valvula a valvula.

Sistema CAM: Es un metodo de crear movimiento rotacional en un aspersor, por dos piezas de material solido en forma de resorte, interactuando rapidamente.

Sistema manual: Sistema en que las valvulas son abiertas manualmente.

Sistema de riego: Arreglo completo de componentes, en los que se incluye, fuente de abastecimiento, arreglo de tuberias y equipo de riego.

Tasa de aplicacion: Cantidad de agua aplicada a una area dada en una hora, usualmente expresada en cm/hr.

Tension: Energia usada en mover la humedad de un suelo o ejercida por las particulas del suelo para retener la humedad.

Tension superficial: Es la medida de la fuerza, con la cual el agua esta adherida al suelo, por fuerzas de adhesión y cohesión, expresadas en atmosferas.

Traslape: Coincidencia de cobertura por mas de un aspersor, en una area comun. La cantidad de traslape, se expresa como un porcentaje de radio o espacio de los aspersores.

Tubo elevador: Usualmente se refiere al tubo que conecta a la linea lateral, para el proposito de soportar el aspersor.

Uso consuntivo: Humedad total evaporada por la superficie del suelo, mas la transpirada por la planta y la retenida en el follaje, se le conoce tambien como evapotranspiracion y se estima en mm/dia.

Valvula de control de flujo: Valvula que permite controlar el flujo sin alterar drasticamente la presion.

Valvula de control automatico: Valvula activada por un controlador electronico.

Valvula check: Dispositivo mecanico que permite que el agua circule en una direccion, pero no en sentido opuesto.

Valvula de diafragma: Valvula de tipo globo o valvula de patron angular, la cual utiliza un diafragma para controlar el flujo de agua.

Valvula de flotador: Valvula que utiliza una bola externa para abrir o cerrarse. Generalmente se utiliza para conservar cierto nivel en un deposito.

Velocidad: Expresa la movilidad del agua, expresada en m/seg.