



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS
SISTEMAS DE RIEGO MÁS USUALES"

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

ADRIANA EUGENIA RAMOS AVILA



SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P.

1989.

EL PRESENTE TRABAJO SE LLEVO A CABO, CON EL
APOYO DE LA COMISION NACIONAL DEL AGUA DE LA SARH, A
TRAVES DEL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA (IMTA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERIA
DR. MANUEL NAVA No. 8 TELEFONOS: 3-09-24 y 3-11-86
APARTADO POSTAL 569
SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P., MEXICO

septiembre 22, 1988

A la Pasante Srta. Adriana Eugenia Ramos Avila
P r e s e n t e . -

En atención a su solicitud relativa me es grato indicar a usted que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Facultad de Ingeniería ha designado como Asesor del Trabajo Recepcional que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero Civil, al Sr. Ing. Raúl Martínez de la Rosa. Así como el Título propuesto para el mismo es:

" ANALISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO MAS USUALES "

TEMARIO:

- I.- INTRODUCCION
- II.- RIEGO POR GRAVEDAD
- III.- RIEGO ENTUBADO
- IV.- SUB-IRRIGACION
- V.- COMPARACION DE LOS SISTEMAS
- VI.- EJEMPLOS DE ELECCION PARA UN SISTEMA DE GRAVEDAD Y OTRO ENTUBADO.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

" MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO "


ING. DAVID ATISHA CASTILLO
DIRECTOR DE LA FACULTAD

**mvsm.

A DIOS

Por hacer de mi vida
un milagro diario,
siendo de hecho
impregnado de su Presencia.

A MIS PADRES

Sr. Efraim Ramos Sánchez †

a mi querida madre

Victoria Avila Ramirez

a quien no sólo le agradezco
el ser su hija, sino su ejemplo
de lucha y perseverancia, en su
integridad como:

MUJER - AMIGA Y MADRE

A DIOS

Por hacer de mi vida
un milagro diario,
tiempo de AMOR e
impregnado de su Presencia.

A MIS PADRES

Sr. Efrén Ramos Sánchez †

a mi querida madre

Victoria Avila Ramírez

a quien no sólo le agradezco
el ser su hija, sino su ejemplo
de lucha y perseverancia, en su
integridad como:

MUJER - AMIGA Y MADRE

A MI TIO

Sr. Ismael García Ramírez

*Por ser un Padre para mí y darme
su Amor, Apoyo y Confianza. en
todo momento.*

A MI ABUELITA

Sra. Consuelo Ramírez Ramírez

*Porque con sus cuidados, alegría y
entusiasmo, me anima a seguir
adelante.*

A MI HERMANA

Luisa Elizabeth Dávalos Avila

*Le agradezco todo su cariño y
ayuda incondicional.*

A MIS TIOS

Tio Julián Ana y la Dora al
Tio María de María de María de
Por su amor y amistad de sus

A MI TIA

Tia Felipa Huerta y María
quien con su sencillez, me brinda
su amistad y hermandad.

A MIS QUERIDOS ANGELITOS

Santiago Gabriel García Huerta
Anaí Guadalupe Luna Dávalos
Angélica Berenice López Dávalos
Héctor Ismael López Dávalos

quienes con su inocencia y amor de
niños le dan una chispa de alegría a
mi vida.

A MIS PRIMOS

*Por los buenos momentos
que hemos compartido.*

A MIS MAESTROS

*Que al compartirme sus
conocimientos, me permiten dar
un servicio a la sociedad.*

AL ING. LEOPOLDO STEVENS AMARO

*Mi sincero agradecimiento, por
haberme brindado su apoyo, para
culminar mis estudios.*

A MI ASESOR

Ing. Raúl Sergio Martínez de la Rosa

*A quien nunca podré pagarle,
todo lo que ha hecho por mí
al compartirme su profesionalismo,
como Ser Humano.*

A MIS AMIGOS

*Cuya lista es innumerable (Gracias a
Dios); de quienes recibo los
mejores tesoros que enriquecen la
amistad y fortalecen el espíritu.*

EN FORMA MUY ESPECIAL A:

*Srita. Rosa Ma. de Gpe. Moya Palau
Srita. Maricela Silva V.
Sr. Luis Gabriel Gómez Ochoa
Sr. Gerardo Salinas Zermeno*

*Por estar muy cerca de mí y
brindarme todo sin recibir nada.*

I N D I C E

	Página	
CAPITULO I	INTRODUCCION	1
CAPITULO II	SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD	
	Generalidades	4
	A) Riego por Surcos	5
	B) Riego por Corrugaciones	9
	C) Riego por Anegamiento e Inundación	10
	D) Riego por Sifones	11
	E) Riego por Melgas Bordeadas	12
	F) Riego por Cajetes	13
	G) Riego por Curvas de Nivel	14
CAPITULO III	SISTEMA DE RIEGO ENTUBADO	
	Generalidades	15
	A) Riego por Aspersión	16
	B) Riego por Goteo	22
	C) Riego por Tubería de Compuertas	26
	D) Riego por Válvulas Alfalferas	28
CAPITULO IV	SISTEMA DE RIEGO POR SUB-IRRIGACION	30
CAPITULO V	COMPARACION DE LOS SISTEMAS	32
CAPITULO VI	EJEMPLO DE ELECCION PARA UN SISTEMA DE GRAVEDAD Y OTRO ENTUBADO	46
	BIBLIOGRAFIA	53

CAPITULO I

INTRODUCCION

I N T R O D U C C I O N

El riego es una técnica antigua. Hace unos 4000 años la reina Semiramis gobernaba a los asirios. En su tumba se puso la siguiente inscripción : "Yo obliqué al poderoso río a fluir según mi voluntad y llevé sus aguas a fertilizar tierras que antes habían sido estériles y sin habitantes."

Unos 1000 años antes, el primer faraón, el rey Menes, había establecido un sistema de irrigación por charcos a lo largo del Nilo que, con algunos perfeccionamientos, todavía desempeña su papel en la agricultura actual de Egipto. Desde China, Egipto, India e Iraq, la irrigación se extendió hacia el Oeste. Cuando los españoles llegaron a México y Perú, encontraron sistemas de suministro de agua construidos por el hombre y que los indios utilizaron durante centurias.

El riego ha ayudado a hacer crecer grandes y prósperas civilizaciones a lo largo de los siglos y, con frecuencia, también las ha llevado a la ruina.

Pero la Naturaleza no se queda atrás, dándole al hombre un abundante y seguro suministro de agua (recurso constante presente en el ciclo hidrológico perenne), cuya distribución en la tierra varía enormemente, porque en más de las tres cuartas partes de los campos del planeta no disponen de suficiente agua natural para la agricultura y por lo tanto necesitan del RIEGO.

Aclarando que algunos lugares requieren ser regados solamente en algunas épocas del año ,debido a que tienen un clima en el que las lluvias naturales no son suficientes para satisfacer las necesidades de agua de las plantas, durante todo el año o parte de él, o por el contrario, donde hay demasiada agua, los campos han de ser desecados. Por estas y otras razones el hombre recurre al ingeniero civil, al que le piden que lleve agua al desierto y a las tierras áridas, desecar y mejorar las ciénegas, que almacene el excedente de agua que se produce en las estaciones húmedas para utilizarlo en las estaciones secas.

Para hacer esto, el ingeniero debe alterar y regular la corriente de los grandes ríos, levantar terraplenes, presas y embalses, construir acueductos y esclusas, crear bastos lagos artificiales y hacer canales y cauces de todas clases.

Es responsabilidad del ingeniero en riego, planear y diseñar un sistema eficiente, de bajo costo, hecho para ajustarse a las condiciones naturales y a la potencialidad local, asegurando la fertilidad permanente del suelo regado, previendo aquellos problemas que puedan crearse en una obra propuesta; siendo capaz de analizar y reparar los daños de un sistema existente. Ya que un proyecto mal concebido no sólo puede significar una pérdida financiera, sino que también origina la ruina de uno de los más preciados recursos como es el suelo, e impedir su utilización por generaciones venideras.

No es el altruismo el objeto de un proyecto de riego, ni tiene resultados por sí sólo, ni se cree que el riego sea esencial para sostener la vida; sino que es importante para aumentar la producción, los ingresos, las ganancias y sobre todo garantizar un nivel de vida más elevado a los agricultores que lo practican.

Algunas de las características principales para determinar el tipo de sistema de riego serían:

- a) Si las necesidades de agua de las plantas deben suministrarse totalmente o sólo en parte.
- b) Todos los años o algunos de ellos .
- c) Durante todo el año o parte de él.

En general los métodos para aplicar el agua al suelo son:

Irrigación Superficial

Llamado también Riego por Gravedad, debido a que el agua se transporta o conduce por su propio peso en la superficie del terreno que va a ser regado.

Irrigación Aérea

Definido también como Riego Entubado, ya que el agua es suministrada por tuberías o mangueras hacia el aire y cae sobre el suelo o sobre las plantas en forma de chorros, gotas o rocíos tenues.

Subirrigación

También conocido como Riego Subterráneo, donde poco o nada de agua moja la superficie del terreno cuando se utiliza este sistema; porque su objetivo es lograr que el subsuelo quede saturado.

Cuando se emplea el sistema de riego más adecuado, el agricultor puede obtener algunos beneficios tales como:

- Mayores rendimientos y mejor calidad de las cosechas.
- Hace posible el aprovechamiento de los precios más altos que los productos agrícolas tienen en años de lluvias escasas.
- Evita la necesidad de esperar que las lluvias lleguen para poder efectuar la siembra cuando todas las demás condiciones para éstas son las mejores.
- Con la oportuna aplicación de agua en los cultivos de transplante la pérdida de plántulas son menores.
- Asegura la uniformidad en la fecundización y brotamiento de las semillas y el mejor establecimiento de las plantitas.
- Puede emplearse para la aplicación de fertilizantes solubles durante la estación de crecimiento de las plantitas.
- Cualquier tierra que pueda trabajarse económicamente para producirse cereales de granos, pastos o forrajes, hortalizas, viñedos, huertos frutales, etc.; puede ser irrigada por cualquier sistema de riego.

El riego y la agricultura son inseparables y la decisión de intervenir en el desarrollo agrícola se basa, en gran parte, en las condiciones sociales, económicas y políticas.

NOTA:

La intención de este trabajo recepcional es mostrar un panorama general en la diversidad y aplicación de los sistemas de riego más usuales, así como constituir una sencilla fuente informativa, para aquellas personas interesadas en el tema.

CAPITULO II

SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD

SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD

GENERALIDADES

Este método de riego se caracteriza, porque el agua corre o se transporta por su propio peso, en canales o por cauces naturales, de la fuente de abastecimiento a la zona de riego.

Los canales que forman el sistema de distribución se clasifican de la siguiente manera:

Canal Muerto

Es aquel que únicamente conduce al agua, sin tomas para riego en su trayectoria. Este puede ser desde la obra de captación o una obra derivadora o al propio canal principal; sobre todo cuando la zona de riego se encuentra muy retirada de la fuente de abastecimiento.

Canal Principal

Es el que domina toda el área regable y abastece al sistema de canales laterales. Este canal generalmente se localiza a lo largo de las curvas de nivel tratando de dominar la mayor superficie posible de tierras.

Canal Lateral

Domina las divisiones principales del área regable y abastecen los sublaterales.

Canal Sublateral

Son necesarios cuando hay que ramificar un lateral en dos o más ramales.

Ramales

Estos son abastecidos por los laterales o los sublaterales y que a su vez abastecen a las regaderas. En algunos casos es aun necesario subdividir los ramales y en esos casos se construyen los subramales antes de llegar a las regaderas, que en todos los casos son las últimas ramificaciones de la red de distribución.

Desde luego los canales laterales y los sublaterales también tienen bocatomas, para el riego directo de lotes y en algunas ocasiones también el canal principal.

Cauces Naturales o Arroyos

Se utilizan en ocasiones, como canales de conducción a la zona de riego.

Si los canales son revestidos, se podrían reducir:

- Las pérdidas de agua por filtración.
- Costos de mantenimiento.
- Fallas en el canal.

Poro también aumentaría la capacidad del canal y tendría un mejor aspecto estético.

N O T A:

El riego de superficie, por su naturaleza, tiene ciclos de riego relativamente largos, pérdidas de agua por infiltración y evaporación, deficiencias en la distribución y en el riego, contaminación, etc.

A) RIEGO POR SURCOS

El riego por surcos, como su nombre lo indica, consiste en aplicar el agua en la zona de riego, siendo esta conducida, por medio de canales pequeños, bien definidos y paralelos. Fig. No.-1

El riego por surcos se adapta a terrenos de diversos declives o pendientes y a suelos de texturas variadas; los caudales de riego pueden ser grandes o pequeños, ya que el agua utilizable se puede repartir entre el número de surcos que se desee.

Los caudales grandes sirven, para que la corriente avance rápidamente desde la cabecera hasta el extremo inferior de la parcela y obtener una aplicación uniforme, reduciendo la percolación profunda, pero puede causar un escurrimiento excesivo, porque sobrepasa los requisitos de infiltración. Fig. No.-2A

Un caudal más pequeño reducirá el escurrimiento, pero comunmente produce pérdidas excesivas por percolación profunda, debido al avance lento y tiempo oportuno de toma más largo en la cabecera de la parcela. Fig. No.-2B

Conviene limitar la corriente de agua en los surcos, pues en éstos el suelo está suelto (por las labores de cultivo) y el exceso de agua, puede causar erosión.

La elección conveniente de la forma y espaciamiento de los surcos, depende del tipo del suelo, de su pendiente y de la planta de cultivo

Forma y Espaciamiento

Sin considerar si el suelo es ligero o pesado, el surco debe tener una forma geométrica precisa en toda su longitud, el suelo tiene que estar consolidado; en suelos ligeros debe estar ligeramente compactado en todo el perímetro mojado del surco.

Esto asegurará una velocidad de infiltración comparativamente uniforme en todo el ciclo hasta de 10 a 15 riegos; sin tener que rehacer los surcos. Además de tener un buen funcionamiento, si las características hidráulicas de los surcos son correctas.

Tipo Ordinario de Surcos

Se realizan con una surcadora, depositando los terrones y el suelo pulverizado, para formar los taludes de un surco triangular o trapecial.

Por desgracia parte de los terrones y el suelo pulverizado cae hasta el fondo, dejando atrás un surco de forma irregular, que se deteriorará rápidamente una vez que entre el agua.

Queda claro que un surco estable y consolidado, no sólo es importante desde el punto de vista de la eficiencia del riego; sino que también es imperativo, para evitar la erosión y tener un alto costo de producción.

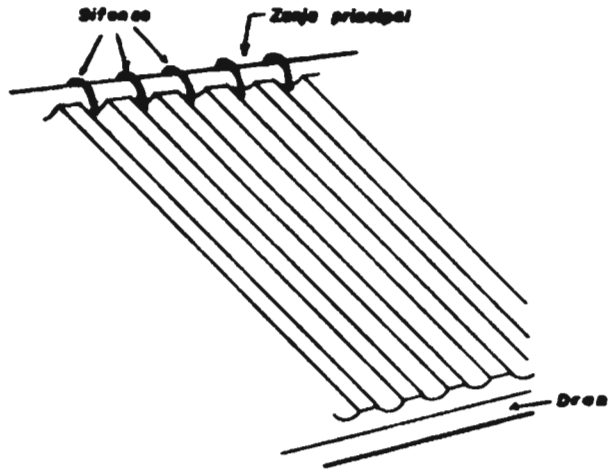


Fig. No.-1 SISTEMA DE SURCOS

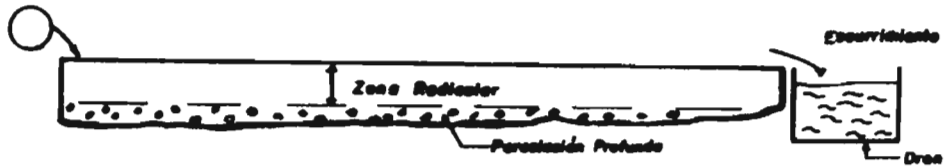


Fig. No.-2A CAUDAL GRANDE.- escurrimiento excesivo y poca parosidad profunda.



Fig. No.-2B CAUDAL PEQUEÑO.- parosidad profunda excesiva y poco escurrimiento.

Tipo Mejorado de Surcos

La forma del surco debe ser tal que distribuya el agua, lo más cercano posible a la superficie del suelo, con una forma de surco ancha y poco profunda, redonda o parabólica.

La ventaja del surco poco profundo y ancho, es que el mojado empieza cerca de la superficie de campo, lo que facilita el lavado de sales, en vez de hacer que estas asciendan a la superficie.

Si los surcos son demasiado largos, pueden ocurrir pérdidas innecesarias de agua por filtración.

Así pues, la corriente inicial debe ser suficientemente grande, para que pase a lo largo del surco rápidamente sin causar erosión. Después se disminuye la corriente de tal modo que no haya escurrimiento excesivo durante el resto del riego.

Suelo

Condiciones adecuadas del suelo para hacer el surcado son:

Que el contenido de humedad debe ser suficientemente alto, para que un puño de tierra presionado en la mano forme una bola que se desintegre en un suelo mullido terroso, después de aflojar la presión. En suelos muy ligeros, ocasionalmente puede ser deseable un suelo más mojado, para facilitar la compactación.

Suelos de texturas pesadas, que tienden a enlodarse, tiene que evitarse una excesiva humedad, ya que esta compactación puede arruinar al suelo así trabajado.

Cuando el suelo está muy agrietado, el riego por surcos, no debe hacerse. Porque a través de las grietas, grandes cantidades de agua pueden escapar, quedando el campo sin riego suficiente.

Pendiente

Los surcos comúnmente, corren en dirección de la pendiente, pero se pueden hacer en curvas de nivel u oblicuos a la pendiente con el objeto de contrarrestar la erosión producida por la lluvia o el agua de riego.

También se pueden trazar los surcos perpendiculares a la pendiente para conservar rectangular la configuración del campo y uniforme la longitud de los surcos. Si así se hace, es necesario evitar, que el agua se desborde y destruya los surcos.

Para los cultivos en hileras, los surcos se orientan directamente según la mayor pendiente, pero si la pendiente transversal es bastante uniforme, se puede variar la dirección de los surcos, para disminuir la pendiente de los mismos.

Cuando la pendiente total es pequeña, puede ser necesaria la nivelación del terreno, para evitar encharcamientos o que se revienten los surcos.

En suelos arcillosos o en cualquier otro tipo que tienda a agrietarse al secar, los recorridos sólo deben permitirse en el sentido de la pendiente dominante para evitar que el agua rompa los bordos.

Para compensar la falta de pendiente, son necesarios surcos de secciones transversales muy grandes, para acomodar el gasto unitario.

Los surcos son especialmente convenientes para suelos profundos con una permeabilidad lenta, moderada y moderadamente rápida: que se cultivan con plantas de raíces profundas, en zonas que tienen pendientes planas, pero uniformes; que deben variar de 0 a 3%.

Cultivo

Los cultivos de hilera, son los más comunes en el sistema de riego por surcos. Ejemplos de estos cultivos son; maíz, frijol, cebolla, zanahoria, ajos, chile, calabaza, etc.

B) RIEGO POR CORRUGACIONES

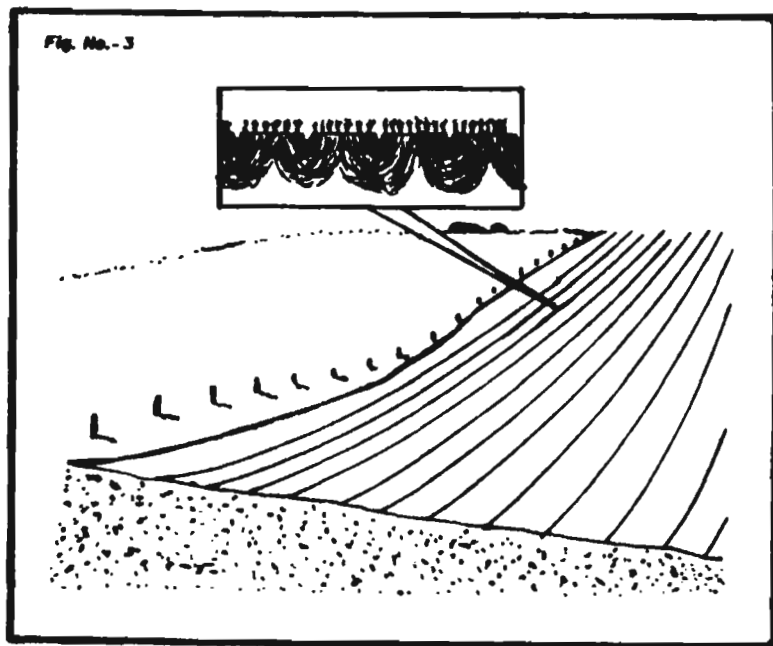
Los surcos y las corrugaciones, son métodos de riego muy similares, que conducen el agua a las plantas, por canales o surcos largos y de poca capacidad; excavados o formados en el suelo a intervalos regulares, que se derivan de canales principales o ramales. Fig. No.-3 El agua penetra en el suelo por los costados de las corrugaciones y empapa el área comprendida entre éstas, por lo que se requiere de suelos de textura fina que absorban el agua con lentitud y de terrenos inclinados o irregulares, en suelos que se desmoronan o cierran al ser anegados.

El espaciamiento, tamaño y longitud de las corrugaciones; varía con el tipo de suelo y el declive. Cuando más poroso es éste, tanto más espaciadas deben estar las corrugaciones; para dar lugar a que el agua empape el área comprendida entre éstas, sin pérdidas excesivas por filtración. Su longitud debe ser convenientemente corta, para evitar que el extremo inferior al recibir agua suficiente, en el extremo superior no haya sido regado con exceso.

Las corrugaciones son surcos para pendientes mayores que varían de 0,4 al 8%, o que generalmente corren en el sentido de la pendiente dominante y por consecuencia tienen un sección transversal más pequeña.

Este sistema de riego se emplea, para el cultivo de granos pequeños y forrajes.

El método de riego por corrugaciones, se volvió eficiente con la introducción de tuberías con compuertas, que evitan pérdidas de agua en la conducción y permiten un aumento en la producción.



C) RIEGO POR ANEGAMIENTO O INUNDACION

Consiste en cubrir toda la superficie de las tierras de cultivo, a las que se destina el agua, con ésta. Fig. No.-4

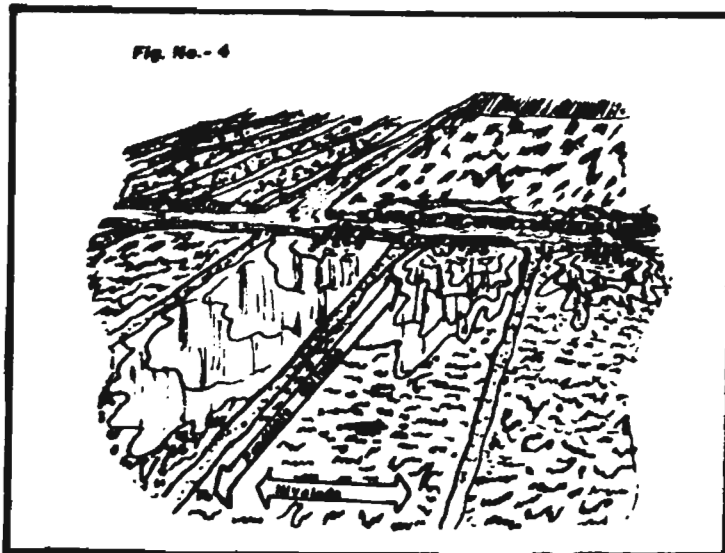
En este método, el agua se entrega a intervalos frecuentes de una zanja principal (comúnmente localizada en las crestas divisorias), al terreno (por medio de brechas), permitiendo que el agua corra hacia abajo y a los lados del mismo. Después del riego se cierran las brechas de los costados de las zanjas.

Por lo que hay que realizar mucho trabajo, para conducir el agua a lo más alto del terreno y evitar que se acumule en las partes bajas. Pero se puede mejorar el procedimiento, nivelando algo el terreno a mano, preveer mejor control sobre muchos terrenos, por medio de bordos.

Si se desea una eficiente aplicación de agua, por este método, es necesario que se le dedique tiempo considerable.

La inundación o riego con las zanjas principales, se utilizan generalmente cuando:

- La topografía es muy variable y mal nivelada.
- El suelo contiene bastante grava o es permeable.
- Se dispone de volúmenes considerables de agua.
- Las siembras se hacen a volteo.
- Los cultivos son densamente sembrados en terrenos de pendiente u ondulados difíciles de nivelar, para aplicar otro método de riego.
- Hay cultivos como pasturas, alfalfas, cultivos en hilera como papas, maíz, frutas, hortalizas, trébol, guisantes y granos pequeños.



D) R I E G O P O R S I F O N E S

Se utilizan sifones y estrechamientos de tuberías de plástico o aluminio (en el riego de terrenos), para transferir agua de la zanja principal a la cabeza de los surcos o las franjas marginales. Fig.No.5 Los sifones colocados sobre el bordo del canal, son casi indispensables en los suelos inestables y pueden comprarse de plástico, metal o caucho; en una gran variedad de tamaños y con una capacidad de 4 hasta 4000 litros por minuto.

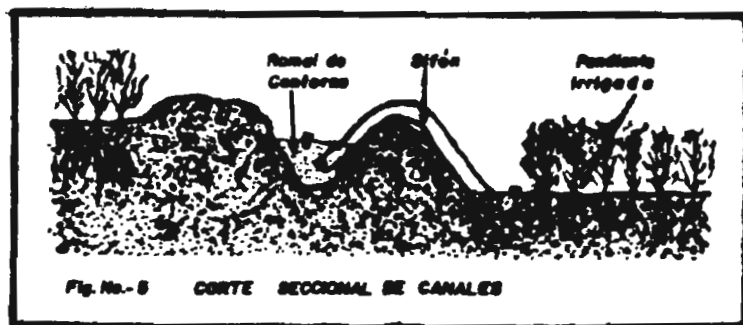
El flujo, a través de un sifón, es una función de la diferencia entre los niveles del agua en los dos extremos.

Como los sifones funcionan bajo presión, tienen que diseñarse cuidadosamente, dotándolos de tomas y salidas adecuadas, para evitar excesivas pérdidas de presión.

El sifón es particularmente útil, en las instalaciones de riego, como dispositivo simple y resistente, para efectuar descargas de magnitudes conocidas de los canales agrícolas a los terrenos.

Los sifones invertidos pueden utilizarse:

- Para cruces de vías férreas y carreteras principales.
- En donde la capacidad de sustentación de la subrasante es baja.
- En donde un canal que corre por una pendiente fuerte, necesita caídas que pueden combinarse convenientemente con los cruces.
- En canales elevados.



E) RIEGO POR MELGAS BORDEADAS

El método por inundación entre melgas bordeadas, consiste en dividir una parcela en una serie de fajas tablares, por medio de bordos o lomos bajos.

Las fajas tablares, tienen un ancho que varía de 10 a 20 mts., y una longitud de 100 a 400 mts., se proyectan en el sentido de la pendiente dominante y para pendientes planas (caso extremo), ordinariamente se especifican melgas largas y anchas. La pendiente varía de 0.4, 1.5 a 3.0% (en cultivos forrajeros) y rara vez la pendiente es fuerte hasta en un 12%.

Los bordos deben tener la altura suficiente, para que el agua no resbale y si éstos se hacen redondos, se restará poco terreno.

El método por melgas se adapta a una gran variedad de suelos en cuanto a la textura (pero no se recomienda en suelos con textura muy fina, con promedio de poca absorción), se aplica a cultivos forrajeros y a cultivos en hileras que se practiquen por rotación.

Para realizar el riego, el agua se pone en la cabecera del bordo, de donde avanza limitada y guiada por dos bordos; en una lámina delgada hacia el extremo más bajo de la faja.

Es necesario un gasto grande, que cubra completamente la superficie que hay entre los bordos y escurra en forma de una lámina, avanzando sin causar daños por erosión.

El riego se puede hacer por:

- a) Canales de tierra o de concreto (empleando compuertas en los bordos, sifones portátiles de aluminio o tuberías de plástico, para descargar el agua de estos canales).
- b) Tuberías subterráneas de concreto, por medio de válvulas alfalferas.

N O T A:

Este sistema debe ser operado y conservado cuidadosamente, con el objeto de no destruir el trabajo de nivelación y evitar el transporte de malas hierbas hacia los campos.

F) R I E G O P O R C A J E T E S

Consiste en construir un pequeño bordo circular o rectangular, teniendo como centro el tronco del árbol y en el riego se debe llenar dicho cajete e incluir los fertilizantes requeridos por la planta.

El tamaño de los cajetes circulares puede variar de 1.0 a 2.0 mts. de diámetro y en los rectangulares, varía de 1.0 x 1.0 mt. a 1.5 x 1.5 mt.. Ambos con una profundidad de 20 a 30 cms. (dependiendo de la edad y el tipo de planta).

El riego por cajetes se aplica mediante:

a) Riego Rodado

El cual debe estar establecido sobre terrenos planos con poca o nula pendiente y en suelos pesados de poca permeabilidad.

b) Riego con Mangueras

Este sistema consiste en que por una o varias mangueras (dependiendo del tamaño de la huerta), se van llenando uno a uno los cajetes, cambiando en cada vez la o las mangueras. Esto requiere de mano de obra disponible, para realizar los cambios de manguera, evitando así el desbordamiento de los cajetes.

La aplicación de este método se da en terrenos de fuertes pendientes o con problemas de pedregosidad.

El riego por cajetes, normalmente se emplea en pequeñas huertas de árboles frutales, controlando así el desarrollo de la planta y evitando el crecimiento de la maleza.

G) RIEGO POR CURVAS DE NIVEL

Quando el terreno es con ligera pendiente topográfica, el canal de alimentación o regadera, deberá ser trazado en forma perpendicular a la pendiente del terreno. Si ésta es muy pronunciada, se trazaran ligeramente transversales con respecto a la pendiente y los surcos deberán ser trazados siguiendo la configuración del terreno formado por las curvas de nivel.

El agua que fluye por los surcos penetra en el suelo y se difunde lateralmente, para regar las áreas comprendidas entre ellos. En la mayor parte de los suelos, el gasto de riego inicial, debe ser mucho mayor que el que corresponde a la velocidad de infiltración, para lograr un avance rápido. En consecuencia, cuando el agua se acerca al extremo de los surcos, debe ajustarse el gasto o cortar el agua, para evitar una pérdida excesiva por escurrimiento.

Este método se aplica en suelos pesados de poca permeabilidad, generalmente de tercera o cuarta clase (debido a la pedregosidad y la pendiente) y para cultivos en hilera.

CAPITULO III

SISTEMA DE RIEGO ENTUBADO

SISTEMA DE RIEGO ENTUBADO

GENERALIDADES

Llamado así, porque imita la conducción del agua desde la fuente a la zona de cultivo, por medio de tuberías.

En México, más de un 70% de la superficie agrícola (para fines agrícolas), es de temporal y en el 30% restante, se utilizan diversos sistemas de irrigación. Dentro de los cuales destacan el riego por gravedad utilizado en más del 90%, siendo el restante porcentaje ocupado por sistemas de riego entubado.

A pesar de que los sistemas de riego por gravedad son más económicos (en su inversión inicial), es el menos eficiente en cuanto al máximo aprovechamiento del agua, ya que se pierden volúmenes importantes de ésta por evaporación y filtración, hasta en un 50%.

En los últimos años, nuestro país, en su necesidad de utilizar en forma racional el agua, se ha dado a la tendencia de emplear sistemas de riego más tecnificados y eficientes, como lo son los diversos sistemas de riego entubados.

Aunque son varios los beneficios al emplear métodos de riego entubado, se ve limitado su uso por: los elevados costos de inversión inicial, se requiere de mano de obra calificada para su operación y mantenimiento, y en casos extremos, la necesidad de contar con agua limpia, para su buen funcionamiento.

Por las restricciones no han impedido la introducción de esta nueva tecnología, en una actividad primaria y primitiva, como lo ha sido la agricultura; así como el desarrollo de algunas empresas especializadas en sistemas de riego moderno.

A) RIEGO POR ASPERSION

Es el método de riego que aplica el agua a las plantas en forma similar a la lluvia. Se da en forma de impulsos al agua a presión a través de un sistema de tuberías y de noas emisoras distribuidoras.

1.- Este tipo de sistema de riego se compone, en términos generales de las siguientes partes:

1.- Fuente de Agua (Puede ser cualquier canal, estanque o cualquier otra fuente que garantice un gasto constante).

2.- Cabezal (o de Control)
Se compone de:

a) Unidad de Bombeo

Es la fuente de energía que proporciona la presión de operación al sistema y está formado por el motor (eléctrico o de combustión interna, y la bomba (horizontal o vertical).

b) Dispositivos de Regulación

Son el medidor volumétrico (para medir la cantidad de agua utilizada durante el riego) y el manómetro (Se mide la presión de operación de sistema, así como los cambios de presión por el mal funcionamiento).

c) Dispositivos de Seguridad

Son elementos indispensables, que previenen daños al sistema, entre éstos se tienen las válvulas check (retención), de alivio (aire) y los reguladores de presión.

d) Accesorios para el cabezal

Son piezas que permiten regular la presión y distribución del agua, hacer los cambios de diámetros, de acuerdo a las salidas seleccionadas y hacer las conexiones necesarias, para dar forma al cabezal. Algunos de estos accesorios pueden ser de fierro negro o galvanizado y bronce. Ejemplos de estos son las válvulas y llaves de paso, reducciones campana y bushing, coples, codos, tees, codos y tercios de unión.

e) Tanque Fertilizador

Este componente es esencial, ya que facilita la aplicación del fertilizante, haciéndose a través del sistema.
El tanque debe ser de un material resistente a la corrosión de la sustancia fertilizadora o ser cubierto con un material resistente de lamina.

f) Filtros

Es menos frecuente en los sistemas de riego por aspersión, que en los de goteo, pero la función de éstos es dejar libre de residuos orgánicos e inorgánicos, para evitar el taponamiento en el sistema de riego.

3.- Tubos y Accesorios

Dependiendo de su posición y función, podemos encontrar los siguientes tipos de tubería:

- a) De conducción o abastecimiento*
- b) De distribución*
- c) Regantes*

4.- Aspersores

Los aspersores son los encargados de distribuir directamente el agua sobre la superficie de siembra y se forma de tres partes: base, cuerpo y martillo.

a) base

- Permite la entrada de agua.*
- Conecta con el tubo elevador y permite el movimiento libre de las otras partes que componen el aspersor.*

b) cuerpo

- Permite la salida o distribución del agua.*
- Amortigua el golpe del martillo al absorberlo.*
- Lleva el eje para el acople del martillo.*

c) martillo

- Provoca el movimiento del aspersor.*
- Causa la distribución del agua cerca y lejos; es decir, que permite la deflexión del chorro.*

II.- Clasificación de los Sistemas de Riego por Aspersión

Esta clasificación se realiza, de acuerdo al tipo de movimiento del total o parte de los componentes de los sistemas de riego por aspersión:

- 1.- Fijos Fig. No.-6
- 2.- Portátiles Fig. No.-7
- 3.- De Movimiento Intermitente
 - a) Línea Regante sobre Ruedas o Powerroll Fig. No. 8
- 4.- De Movimiento Continuo
 - a) Cañón Viajero
 - a.1) De Manguera Flexible y Guiado por Cable. Fig. No.-9
 - a.2) De Manguera Rígida y Guiado por Carrrete. Fig. No.-10
 - a.3) Autopropulsado de Tipo Tractor. Fig. No.-11
 - b) Pivote Central Fig. No.-12
 - c) Lateral Móvil Fig. No.-13

Descripción de los Sistemas de Riego por Aspersión

1.- Fijos

Son aquellos en los que sus componentes (motor, bomba, líneas de conducción, líneas de distribución, etc.), permanecen fijos y generalmente son subterráneos. Estos sistemas tienen un doble propósito, que es regar y proteger a los cultivos contra las heladas. Por lo que se utilizan en cultivos altamente remunerativos (como los frutales), en jardines y campos deportivos.

2.- Portátiles

Aquellos en los que parte o el total de sus componentes, se pueden cambiar de posición, para repetir la operación de riego en otro lugar, utilizando normalmente medios manuales en este proceso. Como ejemplo se tienen las regantes con aspersores de descarga baja o media y regantes con aspersor de cañón.

3.- De Movimiento Intermitente

Son los que para regar una superficie, se mueven a través de ella; utilizando medios mecánicos.

a) Powerroll o Línea Regante sobre Ruedas

Consiste en una línea regante montada sobre ruedas metálicas, a una altura de 0.75 a 1.0 mt., sobre el suelo, de tal forma que la línea sirve como eje. Los aspersores van espaciados en la regante de 12.0 a 18.0 mts. y pueden contar con un dispositivo nivelador o no.

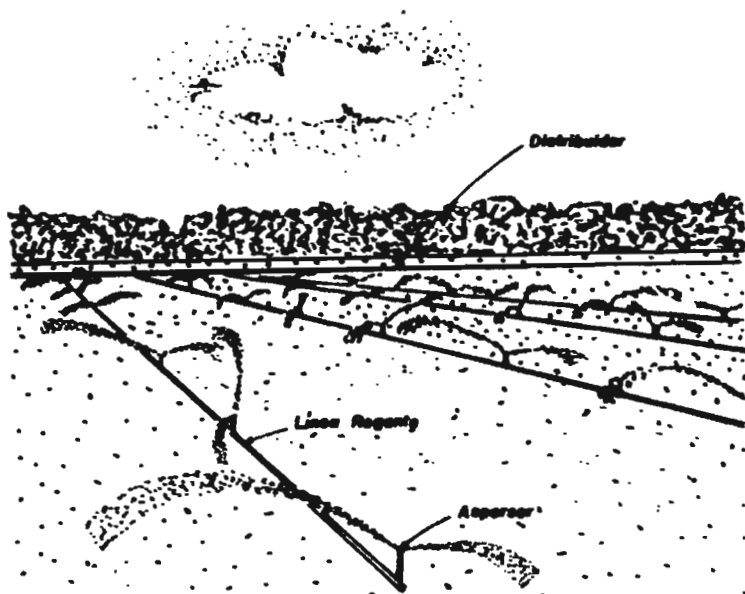


Fig. No.-6 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN FIJO

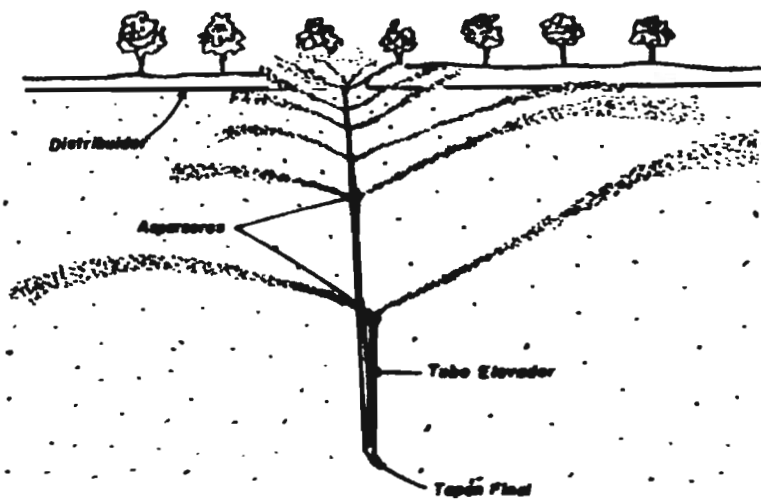


Fig. No.-7 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PORTÁTIL

En el centro de la regante lleve una estructura sobre ruedas, con un motor de combustión interna de 5.0 a 7.0 HP; el cual se utiliza para mover la regante de una posición de riego a la siguiente. Por un extremo conecta a la línea de abastecimiento, a través de un tubo teje-cópico o por medio de una manguera flexible; y por el otro lleva un tubo con final que junto con las válvulas dren de que está provista, sirve para desaguar más rápidamente la tubería antes de moverla. Su desplazamiento es paralelo a la línea de abastecimiento y la regante forma un ángulo recto por ella. La regante se mantiene nivelada sobre una faja rectangular de terreno, antes de pasar a la siguiente posición de riego.

4.- De Movimiento Continuo o Sistemas Mecánicos Automáticos

Son aquellos que para regar una superficie, se mueven a través de ella; utilizando medios mecánicos y electrónicos.

a) Cañón Viajero

Estos equipos se caracterizan por moverse en línea recta, regando fajas rectangulares de terreno de 1 a 6 has. por posición.

a.1) De Manguera Flexible y Guiado por Cable

Consiste en un aspersor con boquilla de gran diámetro, montado sobre un vagón metálico de cuatro ruedas.

El movimiento se produce por acción del agua sobre la turbina hidráulica o sobre un pistón, que a su vez accionan un malacate que enrolla un cable de acero, por medio del cual se dirige su recorrido. Posee dispositivos para controlar la velocidad de avance y conecta la tubería de abastecimiento, por medio de una manguera flexible. Esta se enrolla en un carrete horizontal, colocado generalmente en otro vagón de dos ruedas; aunque el aspersor y el carrete puede colocarse en un mismo vagón.

a.2) De Manguera Rígida y Guiada por Carrete

Es similar al anterior, con la diferencia de que la turbina hidráulica acciona un carrete vertical instalado en una base giratoria de un vagón de cuatro ruedas, el cual enrolla una manguera de plástico rígido y estira a un vagón (independiente) que lleva el aspersor. El eje del vagón es ajustable al surcado del cultivo.

a.3) Autopropulsado de Tipo Tractor

Consiste en un tractor de oruga que transporta a un aspersor similar a los anteriores, su motor proporciona la fuerza necesaria para moverse y hacer funcionar la bomba que transporta; se abastece a través de un canal de tierra a nivel y se mueve a través de él mientras riega.

La separación de los canales varía de 10⁰ a 150 mt., dependiendo del diámetro de mojado del aspersor y de las condiciones del viento. Existe otra modalidad del tipo tractor, la cual lleva una línea de riego de 120 mts. de largo con aspersores de gasto medio y soportada por una estructura montada sobre el tractor, en forma similar a las alas de un avión.

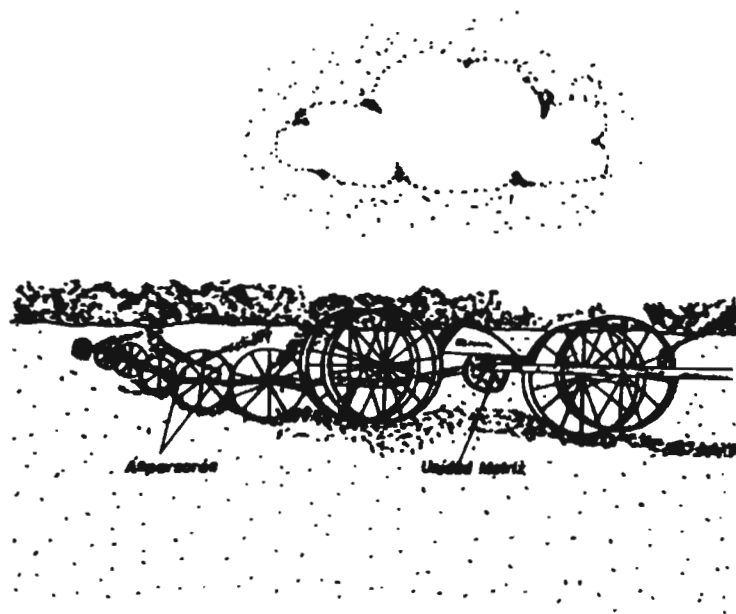


Fig. No.- 6 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON POWERROLL

b) Pivote Central

Es una línea regante con aspersores de espaciamiento y descarga igual o diferente, transportada a una altura aproximada de 3.0 mts. sobre el suelo por grandes torres con ruedas y espaciadas de 38 a 54 mts. Estos son impulsados por motores eléctricos, ubicados en cada una de ellas, aunque el impulso también puede ser a través de dispositivos hidráulicos (turbinas o pistones), principalmente en los equipos más antiguos.

La línea se fija por un extremo al centro del campo en una estructura metálica colocada sobre una base de concreto llamada "punto pivote", alrededor del cual gira, regando una área circular. El abastecimiento es a través de éste punto (por medio de una tubería enterrada si la fuente se encuentra en un extremo del área de riego o directamente de ella si se localiza en el centro) y en él se encuentra el tablero de control del sistema (encendido, apagado, alineamiento y velocidad de rotación), la velocidad de avance es controlada por la última torre y se fija en el tablero de control o bien, mediante dispositivos especiales, como válvulas en los equipos hidráulicos.

c) Lateral Móvil

Su estructura es similar a la del pivote central, pues consiste en una línea regante provista de boquillas aspersoras de espaciamiento constante, montada sobre torres rodantes a una altura de 3.0 mts. sobre el suelo y espaciadas a 50.0 mts.; las torres están provistas de un motor de 1.0 HP, el cual proporciona el movimiento. En el centro de la línea se ubica una estructura formada por dos torres espaciadas a 6.0 mts., la cual lleva la unidad de bombeo, integrada por un motor de combustión interna, bomba y un generador de energía eléctrica, que alimenta a los motores ubicados en las torres y el tablero de control. El sistema se mueve y abastece a través de una zapatera revestida, ubicada en el centro del terreno y es dirigido por medio de un cable tendido a lo largo de la zapatera, las torres de los extremos poseen un dispositivo de paro automático y controlan la velocidad de avance, que se puede fijar en el tablero de control de acuerdo a la lámina de riego por aplicar. Los dispositivos de alineación de la regante entre las torres del centro y las de los extremos se controlan también en este tablero. Las torres mueven la regante, un ángulo recto al canal o zapatera de abastecimiento, mientras aplican el agua en forma de una lluvia muy fina sobre áreas cuadradas o rectangulares.

III.- Ventajas de un Sistema de Riego por Aspersión

- 1.- Se puede emplear en cualquier tipo de suelo y en la mayoría de los cultivos.
- 2.- Regar terrenos que con métodos superficiales son incosteables, tales como terrenos ondulados, de poca profundidad, muy permeables, etc.
- 3.- La pérdida de terreno útil es mínima, por no ser necesarios bordos o canales (excepto para algunos tipos de sistemas, como línea móvil y el cañón tipo tractor)
- 4.- No es necesario nivelar el suelo para preparar el terreno.
- 5.- Se ahorra agua, por que la conducción es por tubos.

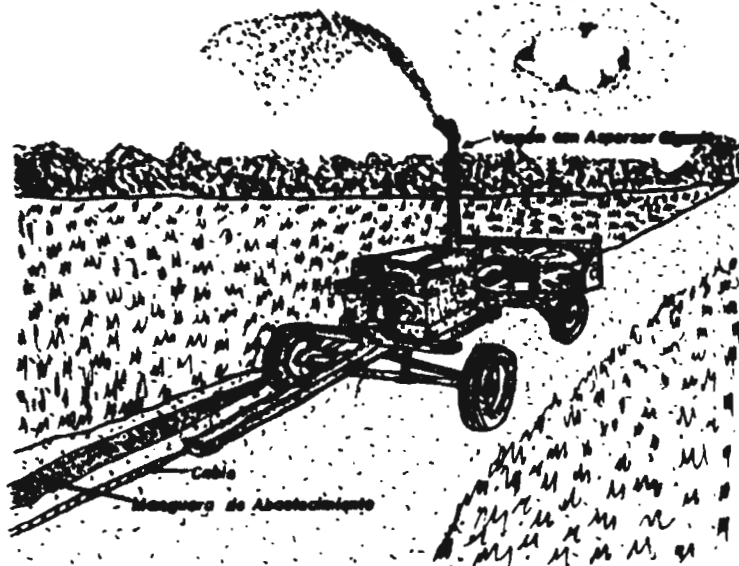


Fig. No. 9 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON CAÑÓN VIAJERO GUIADO POR CABLE.

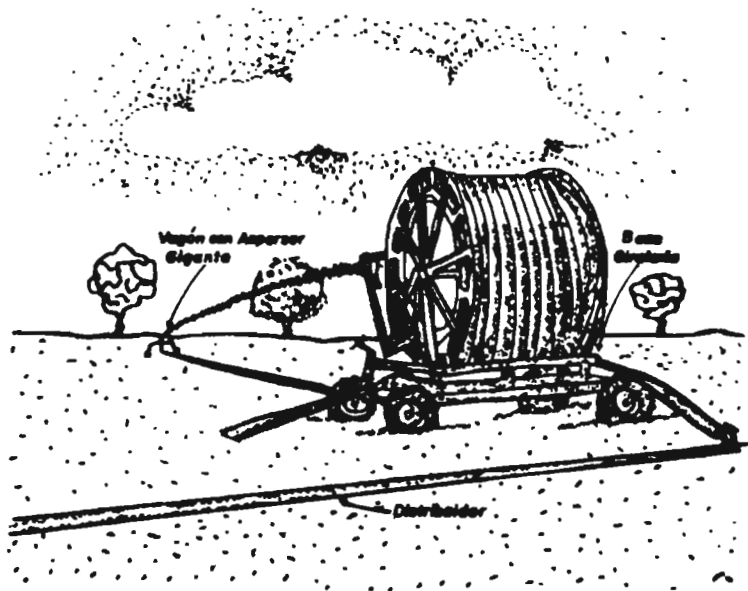


Fig. No. 10 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON CAÑÓN VIAJERO GUIADO POR CARRETE.

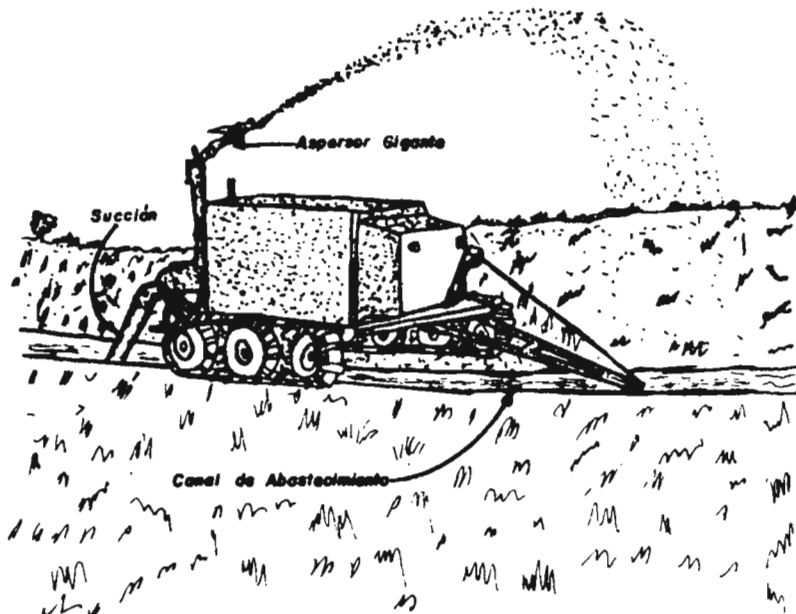


Fig. No.-11 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON CAÑÓN VIAJERO TIPO TRACTOR

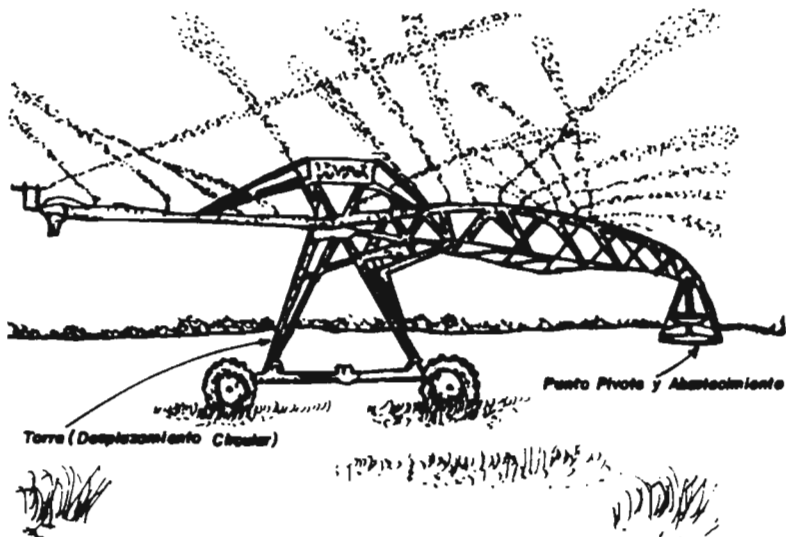


Fig. No.-12 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON PIVOTE CENTRAL

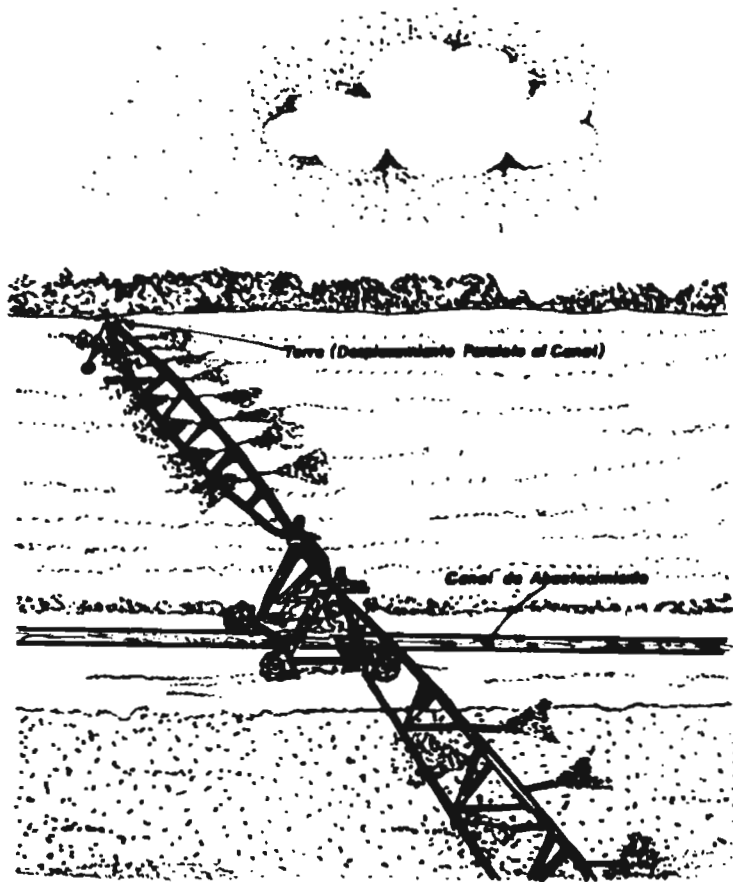


Fig. No.-13 SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON LATERAL MÓVIL

- 6.- Favorece la germinación.
- 7.- Protege a los cultivos de heladas y altas temperaturas (fijas)
- 8.- Se pueden aplicar fertilizantes a través del sistema.
- 9.- El volumen de agua aplicado es controlado.
- 10.- Se pueden aplicar riegos ligeros y frecuentes.
- 11.- Mejor aprovechamiento de gastos pequeños.
- 12.- Mayor control en la humedad del suelo.
- 13.- Ahorro en mano de obra.
- 14.- Incremento en la producción, si se diseña y utiliza adecuadamente

IV.- Desventajas en el Sistema de Riego por Aspersión

- 1.- Un alto costo inicial.
- 2.- Es afectado por el viento.
- 3.- Necesita agua con bajo contenido de sales.
- 4.- Puede favorecer el desarrollo de enfermedades en algunos cultivos
- 5.- Afectación en la polinización al regar en época de floración.
- 6.- La tubería interviene en algunas actividades agrícolas.
- 7.- Su utilización se restringe en suelos con infiltración menor o igual de 0.5 cm/hr, en climas cálidos (de baja humedad relativa y alta evaporación).
- 8.- Es necesario adiestrar al usuario para su utilización.

B) R I E G O P O R G O T E O

El riego por goteo, es un método por el cual el agua es llevada a través de tuberías al punto donde penetra en el suelo. Controlando el gasto a la salida por pequeños dispositivos llamados "goteros", que depositan el agua sobre el terreno "gota a gota".

Es decir, que se puede suministrar directamente al cultivo (durante todo el ciclo vegetativo), el agua necesaria para su desarrollo. De manera que al distribuirse ésta en el suelo, permanezca en condiciones óptimas de humedad (entre saturación y capacidad de campo) en cada etapa del desarrollo radical del cultivo.

Es un método ideal en regiones que presentan las siguientes características:

- Escasez de agua (zonas áridas y semiáridas)
- Suelos con topografía accidentada y/o arenoso
- Suelos y/o aguas con problemas de salinidad

Cultivos perennes que se podrían regar y fertilizar, de manera más económica con éste sistema son: el durazno, la guayaba, la vid, el nogal, los cítricos o cultivos que crecen bajo cubiertas de plástico, etc.

I.- Componentes de un Sistema de Riego por Goteo Fig. No.-14

- | | |
|------------------------------------|----------------------------|
| <i>F u n d a m e n t a l e s :</i> | 1. Unidades de Riego |
| | 2. Tubería de Conducción |
| | 3. Cabezal de Control |
| <i>A u x i l i a r e s :</i> | 4. Dispositivos de Control |

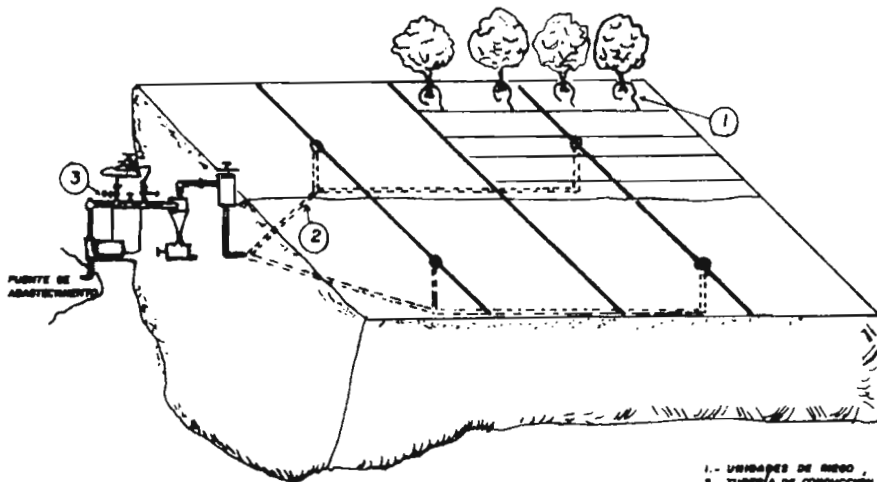
F u n d a m e n t a l e s

1.- Unidades de Riego

Es de un tamaño tal, que se controla desde un punto por un dispositivo (válvulas, planet, doll) a un número máximo de emisores, la presión y el gasto de la unidad.

Formadas por:

- a) Un distribuidor: Tubería que alimenta las líneas regantes.
- b) Líneas regantes: Tubería que alimenta a los emisores o goteros.
- c) Emisores: En frutales un emisor es el conjunto de goteros y en hortalizas un emisor es el gotero que se asigna a varias plantas.
- d) Conexiones
- e) Tapones



- 1.- UNIDADES DE RIEGO
- 2.- TUBERÍA DE CONEXIÓN
- 3.- CABEZAL DE CONTROL

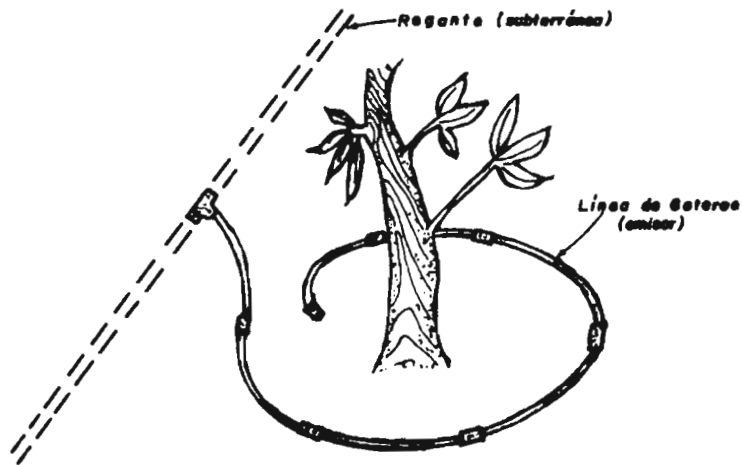


Fig. No.-14 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

2.- Tuberías de Conducción

Es la que se utiliza, para llevar el agua desde el cabezal de control general hasta los puntos de control.

Tubería que puede ser de asbesto-cemento, PVC o polietileno.

3.- Cabezal de Control

En el cabezal se toma el agua de la fuente de abastecimiento (pozo profundo y/o dispositivo de agua) mezclándose con la solución nutritiva, ya que está en el tanque dosificador, se filtra y se inyecta en la tubería de conducción.

Partes que lo integran:

a) Fuente de Poder

Cuando es necesario una carga de posición, para proporcionar la presión que el sistema requiere. Por ejemplo un depósito de agua elevado o lo más común una moto-bomba.

b) Fertilizador

Es el aditamento mediante el cual se introduce la solución fertilizante o ácidos al sistema.

c) Filtros

En todo equipo de riego por goteo es indispensable disponer de filtros, cuyas características dependerán de la pureza del agua. La finalidad de los filtros es eliminar todos los sólidos que puedan obstruir el paso del agua por los goteros.

A u x i l i a r e s

4.- Dispositivos de Control

a) Manómetros

Su función es indicar la presión con la que el agua es conducida dentro de la tubería en : puntos de control de unidad de riego, en la descarga de la bomba (antes y después filtros).

b) Medidores Volumétricos y de Gasto

Se utilizan cuando se quiere conocer el gasto consumido por el sistema en un momento dado, para determinar el tiempo de aplicación de nutrientes.

c) Planet y Doll

Dispositivos que en base a originar pérdidas de carga controlan la presión y el gasto.

d) Válvulas

Son tres los tipos de válvulas utilizadas comúnmente

- De Globo
- Flacho o de Cuadro
- De Compuerta

II.- Ventajas del Riego por Goteo

- 1.- Aumento en rendimientos agrícolas tanto en cantidad como en calidad, así como en uniformidad de frutos y fechas de recolección.
- 2.- Debido a las condiciones óptimas de humedad, se propicia un adelanto en la época de producción; permitiendo con ello llevar los productos al mercado en épocas de mayor demanda.
- 3.- No es necesario efectuar ningún trabajo de nivelación del terreno, ya que el método no provoca pérdidas de agua por escurrimiento superficial, evita problemas de erosión y se mantiene la fertilidad de los suelos.
- 4.- Permite un buen manejo de los suelos arenosos, en cuanto a riego y fertilización.
- 5.- Los nutrientes en solución se puedan introducir a la vez de riego correctamente dosificados y en función a las necesidades de cultivo.
- 6.- Está formado por un equipo que permite una operación tan fácil que puede llegar a su automatización total, logrando un ahorro considerable de mano de obra.
- 7.- No existe ninguna posibilidad de interferencia en la aplicación del riego o fertilizantes por vientos fuertes o por algún fenómeno meteorológico.
- 8.- No entorpece las labores de cultivo, del control de las plagas o enfermedades, ni de cosecha, por lo que se realizan sin problemas en el momento más oportuno.
- 9.- Se aprovechan fácilmente aguas con altos contenidos de sales solubles, debido a las condiciones de baja tensión a la que se encuentra retenida el agua en el suelo.
- 10.- Se reduce la incidencia de malas hierbas, especialmente en regiones con lluvias escasas, por lo que en este aspecto también se ahorra mano de obra.
- 11.- Menor pérdida de agua por conducción (resistencia y fricción) y menor en las pérdidas por percolación.

III.- Desventajas del Riego por Goteo

- 1.- Alto costo inicial, razón por la cual debe utilizarse en cultivos altamente remunerativos como hortalizas y frutales.
- 2.- Es necesario disponer de tuberías, goteros y piezas especiales que sean suficientemente resistentes tanto a las altas presiones con que han de trabajar, como a los severos efectos del intemperismo al que estarán sometidos, tomando en cuenta su utilización en zonas áridas y que las líneas regantes del sistema deben colocarse superficialmente.
- 3.- Dentro de cada sistema debe evitarse el taponamiento de goteros con dispositivos especiales de filtración que impidan la obstrucción de la salida por partículas.
- 4.- Los materiales fertilizantes que se añaden con el agua de riego, deben ser altamente solubles a fin de evitar incrustaciones en tuberías y goteros.

- 5.- *Es necesario una buena vigilancia de los equipos ya establecidos, para detectar oportunamente cualquier irregularidad en el funcionamiento.*
- 6.- *Es necesario contar con personal capacitado en la operación , mantenimiento del sistema.*

C) RIEGO POR TUBERÍA DE COMPUERTAS

Se tiene un método de irrigación altamente efectivo, cuando se riega por surcos con el agua controlada en forma adecuada. Para proporcionar el control esencial, se emplea una tubería de compuertas, que elimina mucha de las desventajas de las zanjas abiertas.

La Tubería de Compuetas, son tubos ligeros de aluminio, dotados de pequeñas compuertas, que se operan individualmente. Distribuidas a lo largo y a un lado de los tubos. Tubos que se proporcionan con coples de enchufe rápido en sus extremos.

La cantidad de agua de descarga en cada surco, se regula con mucha aproximación, variando la apertura de las compuertas y se ajustan a las condiciones que exija un suelo pesado, o uno ligero, en un campo plano o en uno inclinado, en surcos largos o cortos.

Un sistema de riego muy conveniente es diseñado, combinando la tubería de compuertas con una red oculta fija de tubería de concreto o asbesto-cemento, en la cual se instalarían salidas con hidrantes debidamente distribuidos y en éstas se conecta la tubería portátil de compuertas.

Las compuertas se pueden suprimir de la tubería, para ser usada como línea de conducción en el riego por inundación.

En los cultivos en hileras, en los árboles y pasturas, se recomienda el sistema de riego por tubería de compuertas.

I.- Ventajas del Riego por Tubería de Compuertas Fig. No.- 15

- 1.- La colocación y el ajuste es rápido, para descargar un caudal mínimo hasta un máximo. Ningún tiempo de espera se necesita, para que la penetración en las zanjas se establezca y los chorros en los surcos se ajusten al caudal total disponible.
- 2.- Los tubos de compuertas, permiten la fácil alimentación de agua en los surcos. No se necesita atención, para prever la pérdida de cebado (como en los sifones), ni derrames o ruptura en canales y zanjas. El sistema puede pararse o arrancarse con sólo operar una válvula. Y si el sistema es abastecido por una bomba con motor eléctrico, puede restaurarse automáticamente si hay una interrupción por falta de corriente.
- 3.- Además de poder regar durante el día, el riego nocturno se inicia o termina, con sólo abrir y cerrar una válvula.
- 4.- Ahorra tiempos y trabajos necesarios, para construir y mantener los canales; así como la apertura y reparación de las salidas a los surcos. Ahorra el agua pérdida por percolación profunda y evaporación. Evita el establecimiento de un sistema de canales a nivel, construcción de represas y salidas secundarias y el desarrollo de hierbas en las zanjas.
- 5.- El ajuste de las compuertas permite la salida a una cantidad de agua exacta a cada surco, según lo requieran las condiciones del campo. De esta manera se ahorra agua, por la facilidad de reducir los chorros, cuando ha llegado al final de los surcos.

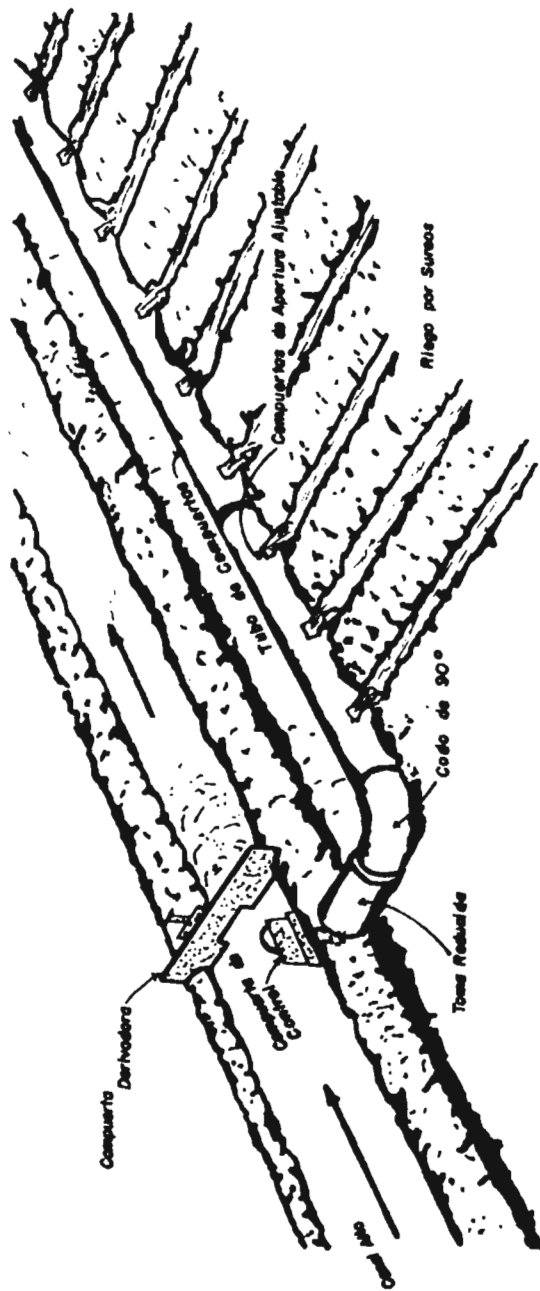


Fig. No.-19 TUBERÍA DE COMPUERTAS, CUANDO LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO ES UN CANAL

6.- El agua se puede llevar a lo alto o bajo de una loma con un perfecto control, suministrando el agua donde y cuando sea necesario. Las uniones son suficientemente flexibles, para seguir las ondulaciones del terreno en los campos desnivelados.

D) RIEGO POR VALVULAS ALFALFERAS

Descripción General

El sistema consiste en una fuente de abastecimiento de agua, que puede ser un pozo con bomba (preferentemente), o una toma en un canal o río; se conduce el agua a un tanque de oscilación con un diámetro aproximado de 50 cms. y una altura de 2.50 mts., el tanque se emplea para dosificar el agua con fertilizantes, que pueden ser indispensables al suelo, para el buen desarrollo del cultivo.

Normalmente este tanque se construye con 2 ó 3 segmentos de tubo de concreto, asentados sobre una base del mismo material. En la parte inferior, el tanque tiene una salida, la cual conecta a la línea principal de conducción instalada en forma subterránea, sobre la que se colocan tubos elevadores que tienen en su parte superior una canasta de distribución.

Los tubos elevadores están provistos de una válvula del mismo tamaño del tubo elevador, normalmente de 150, 200 y 250 mm. La canasta tiene de dos a cuatro salidas, con un diámetro de 50 mm., de los cuales se dirige el agua al surco, melga o tablas, según el tipo de cultivo. En caso de la canasta con cuatro salidas, se pueden alimentar cuatro surcos o melgas.

El sistema lleva además, por cada 300 metros de tubo de conducción, un tubo eliminador de aire, que generalmente tiene un diámetro de 100 mm y una altura de 4.0 mts. Al final de la línea de conducción se coloca un tapón.

Ventajas del Riego por Válvulas Alfalferas

Ahorro considerable de agua.- En comparación con los sistemas convencionales de riego por gravedad, se pueden ahorrar hasta un 30% de agua, ya que se elimina la filtración y la evaporación en la conducción.

Operación Sencilla.- La operación se limita básicamente al manejo de la bomba y al abrir-cerrar de las válvulas.

Bajo Costo de Mantenimiento.- Se elimina el costo por mantenimiento y reconstrucción de canales. Además de evitarse el crecimiento de la mala hierba en los bordos de los canales.

Mayor Superficie Cultivable.- Al eliminar costosos caminos, puentes de acceso y canales, se pueden utilizar mayores superficies de cultivo.

Depreciación a Largo Plazo.- La mayoría de los componentes del sistema son de material plástico (PVC) muy resistente, con una vida superior a 25 años. Esto se convierte en un factor importante para fines de depreciación.

Agregado de Fertilizante.- Los sistemas pueden ser equipados con un dispositivo para agregar fertilizantes.

Convertibilidad a Otros Sistemas.- Los sistemas pueden ser adaptados posteriormente, para ser utilizados como líneas de conducción en sistemas de riego por goteo o por aspersión.

Facilidad de Medición de Consumo de Agua.- En los sistemas de "Riego Entubado", se facilita la medición del agua de consumo.

Compatibilidad en Parcelas Pequeñas.- Un sistema grande puede dar servicio a varias parcelas pequeñas, asignándose un número determinado de elevadores a cada parcela.

Desventajas del Sistema de Riego por Válvulas Alfalferas

Se requieren superficies niveladas, aunque en algunos casos se puede adaptar el sistema a terrenos no nivelados.

En los suelos del tipo III o rocoso, el costo de instalación se puede elevar considerablemente.

En México existen pocos conocimientos sobre diseño e instalación de estos sistemas y se requiere forzosamente la intervención del fabricante para estos trabajos.

CAPITULO IV

SISTEMA DE RIEGO POR SUB-IRRIGACION

SISTEMA DE RIEGO POR SUB-IRRIGACION

La sub-irrigación, trata de que poco o nada de agua, moje la superficie del terreno, pero que el subsuelo quede saturado.

Ventajas que se pueden obtener al trabajar con un sistema de riego como éste son:

- a) Prevenir las pérdidas de agua, por evaporación.
- b) Eliminar obstáculos (como diques y tuberías), para las labores de cultivo.
- c) La aplicación para muchos cultivos, excepto los de huerto.

La desventaja, es que cualquiera que sea el contenido salino del agua de riego, éste es llevado hacia la superficie por el movimiento capilar y no hay medios directos para el lavado de las sales.

El Sub-riego se clasifica en:

I.- Sub-riego Natural

Se llama así, porque son las condiciones geológicas y topográficas, las que lo hacen posible (por lo que raramente son encontrados), ya que, hay que proporcionar agua a las plantas desde abajo de la superficie del terreno; mediante una fluctuación controlada del nivel del agua subterránea.

Las condiciones naturales y organizadas necesarias, para permitir la sub-irrigación son :

1.- Un perfil del suelo que conste de:

- a) Suelo superficial con textura de media a muy ligera.
- b) Un subsuelo estable con una alta clasificación de permeabilidad, que permita un rápido movimiento del agua a través de este.
- c) Un sustrato impermeable o capa freática libre, a una profundidad de 1.50 a 2.70 mts., bajo la superficie del terreno.
- d) Suelos de turbas que permitan un rápido movimiento lateral de la humedad.

2.- Una superficie del campo muy plana y meticulosamente emparejada.

3.- Un abundante abastecimiento de agua de excelente calidad y de muy baja salinidad.

4.- Una organización central de manejo de riego, cuando va a regarse una gran superficie por medio de este método.

Hay dos sistemas de sub-irrigación natural que son:

Ia.- Sistemas de Esguerrimiento Continuo

Este sistema es conveniente, para suelos de turbas y suelos de migajón arenoso muy profundo, sobre un estrato abierto de grava o de arena.

Los canales van espaciados de 30 a 60 mt., con profundidades de 0.90 a 1.20 mt.; manteniéndolos en escurrimiento, dejando que el agua se infiltre al subsuelo abierto desde donde asciende a la superficie por movimiento capilar.

1b.- Sistemas de Drenes con Escurrimiento Intermitente para Riego
Consiste en una red de canales que funcionan también como drenes, o de tuberías en forma de distribución cuadriculada con espaciamientos de 30 a 90 mt.. El espaciamiento depende principalmente, del tipo de permeabilidad del subsuelo y de la topografía.

Los canales o tuberías, van equipados con estructuras de represa, para el control del nivel del agua, colocadas en cada punto de intersección de la red. Cada unidad del terreno limitada por drenes, debe estar a nivel o tener una pendiente máxima del 2%, dirigida hacia el dren principal.

II.- Sub-riego Artificial

El subriego artificial, incluye el empleo de un sistema, que comprende una red muy densa de pequeñas tuberías perforadas que se encuentran enterradas; por la que se hace pasar agua a presión, para que se infiltre en el suelo. Este método sólo funcionará adecuadamente, si el suelo tiene una alta permeabilidad horizontal y baja en el sentido vertical.

Las ventajas supuestas con este tipo de sistema son:

- No hay pérdida de agua por evaporación.
- Una eficiencia de riego al 100%.
- Utilización económica de agua.
- Ninguna interferencia en las labores agrícolas.

Fero las desventajas se traducen principalmente en el aspecto económico, porque el sistema debe tener una distribución razonable de agua (es decir, los tubos tienen que estar muy juntos y con un espaciamiento aproximadamente igual entre los surcos), para no interferir con las labores de barbecho y de cultivo (por lo que los tubos tienen que ir enterrados a no menos de 38 cms. bajo la superficie del terreno).

Otra de las desventajas, es cuando a través de las mangueras perforadas, hay que conducir agua y nutrientes provocando con esto el taponamiento, sin permitir al sistema hacer lavados. O cuando las pequeñas raíces tienden a crecer hacia la fuente de agua y obstruyen los orificios de las mangueras.

Por lo tanto, en muchas de las ocasiones no hay razones que justifiquen el alto costo, al emplear un sistema de sub-riego artificial.

CAPITULO V

COMPARACION DE LOS SISTEMAS

COMPARACION DE LOS SISTEMAS

Al comparar Métodos de Riego, se observa que la diferencia entre ellos, es la facilidad para:

Regar / Fertilizar / Realizar las Labores Agrícolas

De acuerdo a las condiciones de Suelo, Drenaje, Agua, Cultivo, Clima y Topografía.

S u e l o

Conceptos Básicos del Suelo en Relación al Riego

1.- Suelo Agrícola

Un Suelo Agrícola, es un medio dinámico donde se desarrolla la vida vegetal y animal. Para su desarrollo adecuado, se requieren buenas condiciones de agua, clima, nutrientes, etc.

El suelo agrícola está formado, por diversas proporciones de los siguientes elementos:

- Material Mineral
- Material Orgánico
- Agua
- Gases Atmosféricos

2.- Textura

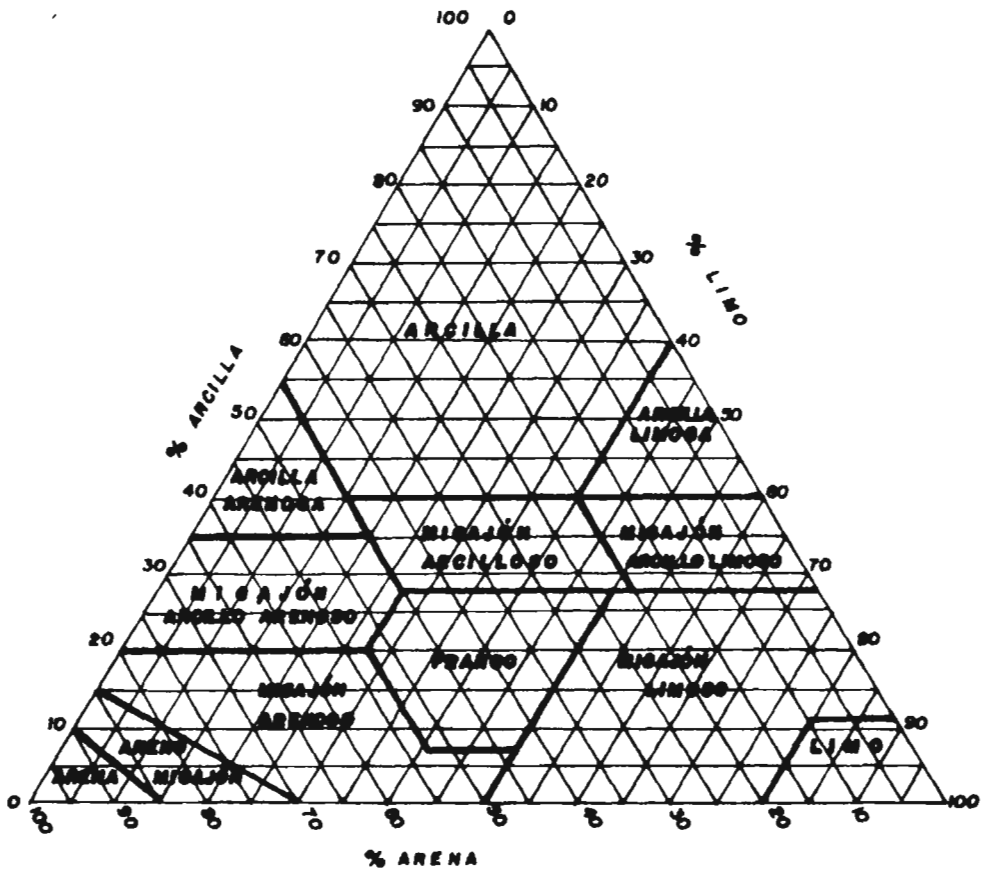
El material mineral del suelo está constituido por partículas de diversos tamaños .

Clasificación Americana e Internacional de los límites de los diámetros de las partículas del suelo.

Fracciones	Americana (mm)	Internacional (mm)
Arena muy gruesa	2.0 - 1.0	2.0 - 0.20
Arena gruesa	1.0 - 0.5	
Arena media	0.5 - 0.25	
Arena fina	0.25 - 0.10	0.20 - 0.02
Arena muy fina	0.10 - 0.05	
Limos	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Arcillas	menos de 0.002	menos de 0.002

La textura del suelo, es la mezcla de partículas de diferente tamaño debidamente clasificada, de acuerdo con la proporción de dichas partículas .

D I A G R A M A D E L TRIANGULO DE TEXTURAS Fig. No.- 16



NOTA.- En algunos países, el término MSAJÓN se sustituye por FRANCO.

Fig. No.- 16 TRIÁNGULO DE TEXTURAS U.S.D.A.

La característica general de las partículas del suelo, es que son más activas, física y químicamente, a medida que se reduce su tamaño. Por lo anterior, son las arcillas, las que tienen mayor cantidad de agua en el suelo.

3.- Agregados

Las partículas del suelo, bajo la acción de gomas y otras secreciones de las raíces y diversas sustancias del suelo, tienden a reunirse formando agregados.

El estado de agregación de las partículas del suelo se ve afectado en la presencia de sales sódicas.

Esta agregación, imprime características al suelo, como son una menor o menor aereación, permeabilidad, etc.

Por su tamaño, presentan una mayor agregación las arcillas.

Aereación.— Las plantas generalmente requieren suelos bien ventilados, para tener mayor salud y desarrollo. Si se impide el libre movimiento de los gases entre el suelo y el aire, que lo cubre por un exceso de humedad, la formación de costras o de una mala estructura, las plantas pueden presentar una inmediata disminución de la rapidez de crecimiento; la absorción de los minerales esenciales y del agua del suelo puede disminuir o descompensarse y las plantas pueden hacerse más susceptibles a las enfermedades.

La buena permeabilidad e infiltración de los suelos superficiales; requiere una textura arenosa o granular en los mismos, con un grado de estabilidad moderado en el agua. Su estado granular, puede mantenerse principalmente haciendo el cultivo adecuado, por la adición de materia orgánica y por la labranza. La mala permeabilidad de los subsuelos es difícil de manejar.

4.- Estructura

La estructura es la forma, tamaño y consistencia que tienen los agregados en el suelo.

Existen estructuras de tipo columnar, granular, laminar, en bloques o poliedrica. De su forma, depende la mayor o menor facilidad de aereación, infiltración, etc.

En la capa arable se rompe la estructura del suelo, pero puede verse en las capas del suelo no alteradas.

5.- Definiciones de las Clases Agrícolas de Suelos para Fines de Riego (Clases 1 - 6)

Clase 1.— Son suelos con ninguna o muy pocas limitaciones para la irrigación. Son productivos y con un mínimo de manejo pueden producir cosechas de altos rendimientos en la mayor parte de los cultivos adaptados climáticamente.

Clase 2.— Son suelos que tienen de ligeras a moderadas limitaciones para fines de riego, son moderadamente productivos y requieren de un mejor manejo para obtener cosechas con altos rendimientos de los cultivos adaptados climáticamente.

Clase 3.- Son suelos que tienen de moderadas a severas limitaciones para fines de riego, son de productividad restringida para la mayor parte de los cultivos adaptados climáticamente o son suelos que requieren de un manejo de alto nivel para obtener cosechas de moderados a altos rendimientos.

Clase 4.- Son suelos que tienen muy severas limitaciones para fines de riego y generalmente son adecuados para unos cuantos cultivos adaptados climáticamente, que pueden crecer o producir bajo un nivel muy alto de manejo.

Clase 5.- Son suelos cuyas limitaciones actuales son de tal naturaleza, que impiden su uso bajo riego. Requieren un estudio especial (agronómico, económico u otros) o la terminación de los trabajos de mejoramiento para determinar su clasificación definitiva.

Clase 6.- No irrigable.

6.- Lámina de Riego

Para humedecer el suelo hasta una profundidad dada, sin desperdiciar agua, se calcula la lámina de riego que se puede aplicar, conociendo las siguientes determinaciones físicas.

$$L = Da (C.C - P.M.P.) * Pr.$$

L = Lámina de Riego

Da = Densidad Aparente

Es la relación entre el peso del suelo seco y el volumen total del suelo incluyendo poros; varía en la capa arable a través del tiempo debido a la compactación o al aflojamiento del suelo proveniente del uso de la maquinaria, labores de cultivo, riegos y la acción de las raíces del cultivo.

C.C = Capacidad de Campo

Es el contenido de humedad del suelo después de un riego pesado; una vez que se ha eliminado el exceso de agua por la acción de la fuerza de gravedad, depende de la textura, estructura y grado de compactación

P.M.P = Punto de Marchitamiento Permanente

Es el contenido de humedad de un suelo, en el que las plantas en crecimiento sufren un marchitamiento, del cual ya no pueden recuperarse en una atmósfera saturada.

A la diferencia entre el contenido de agua de la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente, se le llama humedad aprovechable.

A continuación se dan valores de estas determinaciones físicas del suelo en función de su textura, pero sólo para anteproyecto, ya que para proyectos definitivos se debe contar con estos datos reportados en el estudio agrológico.

Textura	Da	C.C.	P.M.P.
Arenoso	1.50 - 1.65	5 - 15	3 - 8
Franco Arenoso	1.40 - 1.60	10 - 20	6 - 12
Franco	1.35 - 1.50	15 - 30	8 - 17
Franco Arcilloso	1.30 - 1.40	25 - 35	13 - 20
Arcilloso	1.20 - 1.30	30 - 70	17 - 40

Pr = Profundidad radicular de los cultivos

Es la profundidad que alcanza el sistema de raíces de una planta medida desde la superficie del terreno. Las raíces se extienden, si no encuentran obstáculos, hasta la profundidad normal de extracción de humedad, para cada planta.

PROFUNDIDADES NORMALES DE ZONAS RADICULARES

C u l t i v o	Profundidad (mt.)
Acelga	0.60
Alfalfa	1.50
Alcachofa	0.90
Apio	0.70
Algodón	0.90
Arándamo	0.30 - 0.90
Avellano	1.20
Betabel	0.60
Brocólí	0.60
Cacahuate	0.60
Calabacita	0.90
Calabaza	0.90
Camote	1.20
Caña de Azúcar	1.00
Cebolla	0.30 - 0.45
Cereales de grano pequeño: (trigo, cebada, etc.)	0.80
Cítricos	1.20
Col	0.60
Coliflor	0.60
Chicharo	0.70
Chile	0.70
Chiviría	0.90
Espárragos	1.00
Espinacas	0.60
Frambuesas	1.20
Fresa	0.50
Frijol	0.70
Frutales de hoja caduca	1.80
Lechuga	0.30 - 0.45
Lúpulo	1.20
Maíz	0.70
Maíz (dulce)	0.70
Melón ordinario	0.90

Melón cantaloupe	0.90
Menta	0.90
Mora (árbol)	1.20
Nabo	0.90
Nogal	2.00
Papa	0.90
Pastinaca	0.90
Pastos forrajeros	0.90
Pepinos	0.60
Rabano	0.30 - 0.45
Remolacha	0.90
Sandía	0.90
Sorgo	0.70
Soya	0.90
Tabaco	1.20
Tomate	1.20
Trébol Ladino	0.60
Vid	1.50 - 3.00
Zanahoria	0.60
Zarzamora	1.20

Los valores mínimos anotados se aplicarán generalmente en valles montañosos relativamente fríos y en áreas costeras. Los valores máximos deberán ser usados generalmente para áreas desérticas cálidas interiores.

7.- Humedad del Suelo (% H)

Es importante conocer el contenido de humedad de un suelo, a fin de determinar el agua faltante para retención óptima (capacidad de campo), la lámina de riego por aplicar y el momento adecuado del riego.

El contenido de humedad se determina en una muestra de suelo y se expresa en porcentaje con relación al peso del suelo seco.

$$\% H = [(PSH - PSS) / (PSS)] * 100$$

$$PA = (PSH - PSS)$$

% H = Porcentaje de Humedad del Suelo

PSH = Peso del Suelo Humedo (gr)

PSS = Peso del Suelo Seco (gr)

PA = Peso del Agua (gr)

8.- Definición de Parámetros

a) Clasificación de Pendientes

0 - 12 % .- Plano o Suavemente Ondulante
Tierras cultivables en limpio, sin prácticas mecánicas de conservación de suelos o aplicando medidas sencillas tales como: barreras vegetativas, barreras de piedras, bordos de tierra y en unidades grandes, terrazas de base ancha, de camellón, etc.

Para los valles o en zonas agrícolas, será posible un desglose más detallado de las pendientes de 0 - 12%.

12 - 30 % .- Moderadamente Ondulante
Tierras cultivables, con cultivos anuales, mediante el sistema de terrazas de banco y para cultivos semi-permanentes con acequias de ladera y terrazas individuales.
La mecanización es posible, tanto en la construcción de terrazas, como en el manejo de los cultivos.

30 - 50 % .- Fuertemente Ondulante
Tierras cultivables, con cultivos permanentes, mediante el uso de acequias de ladera y terrazas individuales. Para unidades pequeñas (minifundios), es posible realizar cultivos anuales con terrazas de banco. En la gran mayoría de los casos, los trabajos de construcción de las obras de conservación, así como en el manejo de los cultivos, se harán a mano.

50 - 60 % .- Muy Fuertemente Ondulante
Tierras para cultivos permanentes, con el sistema de terrazas de huerto. Todas las actividades a mano.

> 60 % .- Empinado
Cobertura Forestal.

b) Profundidad del Suelo

Se entiende como la profundidad efectiva o toda la capa meteorizada, sin tomar en cuenta, horizontes desarrollados o no en ella.

< 20 cms. Muy Poco Profundo.- Solo puede realizarse el cultivo en limpio, en tierras casi a nivel.

50 - 20 cms. Poco Profundo.- Este sólo puede cultivarse con tratamientos mecánicos de conservación; en las pendientes con menos de 30% de pendiente.

50 - 90 cms. Moderadamente Profundo.- Para hacer terrazas de 2.0 mts. de ancho, en una pendiente de 50%, se requiere un corte de aproximadamente 90 cms. de profundidad.

> 90 cms. La profundidad no presenta un factor limitante.

c) Peligro de Inundación y Pedregosidad

Donde exista el peligro de inundaciones frecuentes: pastos

Donde la pedregosidad impida la labranza con herramientas comunes:

< 50% de pendiente : pasto

> 50% de pendiente : forestal

9.- Erosión y Conservación de los Suelos

La erosión es un factor negativo que permite las pérdidas del suelo, una disminución en los rendimientos de las tierras de cultivo, así como un riesgo para la operación y mantenimiento de un sistema de riego.

La erosión del suelo, consiste en que el agua por su velocidad, saca el suelo de un lugar para depositarlo en otro.

Por esta razón surge una serie de alternativas, de las que puede disponer el campesino, para hacer prácticas de conservación de los suelos.

a) *Materia Orgánica para el mejoramiento del suelo.* - En cantidades muy limitadas, ésta será producida después de haber controlado la erosión de otra manera.

b) *La longitud de la pendiente:* Se puede cortar por medio de acequias de ladera o terrazas de huerto, esto depende de mano de obra de la cual se dispone.

c) *Inclinación de la Pendiente:* Se puede cambiar por medio de terrazas de banco, requiere mano de obra.

d) *Cultivo:* El campesino con poca tierra, solamente puede cambiar el cultivo, cuando estén satisfechas sus necesidades de granos básicos, además tienen que existir mercados para los nuevos cultivos.

e) *Prácticas de Conservación:* Dar un mantenimiento adecuado a las obras mecánicas, así como una buena combinación de medidas agronómicas.

Análisis para la Fertilización

El muestreo de las tierras para su análisis con fines de fertilización, se hace tomando dos muestras de suelo en cada lugar de terreno, una del suelo superficial y otra del subsuelo.

Con los datos del análisis se determina la deficiencia en el suelo de las substancias fertilizantes, pudiéndose determinar las fórmulas para la aplicación de los fertilizantes químicos comerciales, abonos y mejoradores que deben agregarse al suelo.

D r e n a j e

El drenaje será necesario cuando, hay tierras pantanosas o inundadas por las altas mareas, o si se ha regado anteriormente la zona en cuestión, pero ha dejado de producir, debido a encharcamiento o ha aumentado la salinidad o alcalinidad.

Un buen drenaje, ya sea superficial o en el subsuelo, es esencial para un riego eficiente. Si el terreno no tiene drenaje natural apropiado deberá construirse artificialmente con anterioridad o al hacerse la instalación del sistema de riego, por lo tanto, para proyectar un sistema satisfactorio debe tenerse alguna experiencia en materia de drenajes.

En regiones húmedas, es muy importante el avenamiento del subsuelo si la tierra es suficientemente permeable para que los desagües sean eficaces y se reduzca, así la lámina de agua a la profundidad requerida para propiciar las condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas.

El drenaje en la superficie será siempre necesario para eliminar el escurrimiento excesivo. Los suelos húmedos, que retardan la plantación en la primavera impiden el desarrollo de los cultivos y si la cosecha sufre demora, el riego no será eficaz.

En los terrenos áridos, la eliminación del agua de riego, particularmente la superficial, es una función de especial importancia para el desagüe. El agua que se desperdicia por filtración profunda

aumenta el volumen de agua superficial en los suelos provocando con ello, que el manto acuifero se eleve a niveles perjudiciales para los cultivos. En ese caso, serán necesarios los desagües en el subsuelo. Los excedentes que provienen de precipitaciones pluviales generalmente son pequeños en regiones áridas o semi-áridas y las zanjas de drenaje para el agua de riego que se desperdicia, normalmente bastan para eliminar los excedentes superficiales cuando la precipitación es baja. El desagüe bajo la superficie quizás se requiera para evitar o modificar condiciones salinas o alcalinas de los suelos por la lixiviación.

La filtración en las zanjas de riego puede perjudicar las tierras y causar el desperdicio del agua. Si las condiciones locales requieren la distribución del agua sobre terrenos de grava, arenosos u otros de alta permeabilidad, el proyecto del sistema de riego debe incluir tuberías, cañerías o zanjas revestidas que impidan la pérdida del agua por filtración. El control adecuado de la infiltración reduce la necesidad de desagües.

El drenaje adecuado, tanto si es natural como artificial, es tan importante para una agricultura de regadío satisfactorio como el programa de aplicación del agua. El excedente de agua puede estar constituido por agua de superficie, por agua subterránea o por ambos.

T i p o s d e D r e n a j e

Los principales tipos de drenes empleados son:

Drenes de Zanjas Abiertas Fig. No.- 17A

Los drenes abiertos se usan, cuando no existen salidas satisfactorias para los drenes de tubos. Bajo estas condiciones se pueden usar drenes abiertos para el canal principal de drenaje, en combinación con drenes de tubo laterales que descargan en los drenes abiertos. Los drenes abiertos son ventajosos para conducir grandes volúmenes de agua ya sea superficial o del subsuelo del terreno y se pueden utilizar, cuando el nivel freático está cerca de la superficie y la pendiente es muy pequeña, para la instalación correcta de drenes de tubo. Se han criticado los drenes de zanjas abiertas, porque desperdician terreno considerable, requieren una limpieza frecuente, están sujetos a la erosión y albergan y distribuyen malezas perjudiciales.

Galerías de Tierra

Este tipo de drenes se ha usado para el drenaje subterráneo de poca profundidad en los suelos arcillosos y arcillo-miagajosos, pero han resultado imprácticos en los suelos de textura gruesa; se construyen con un arado llamado "topo", en forma provisional, con poca profundidad, de manera que solamente se pueden hacer algunos cultivos, aun en condiciones que no son salinas.

Cuando se usa, sin embargo, para completar un sistema de drenaje con tubos, las galerías parecen útiles, porque con esta combinación durante los primeros años, se acelera el secado y la producción de cambios estructurales en el suelo, al mismo tiempo que se reducen costos. Uno de los problemas principales que se confrontan al utilizar las galerías de tierra en combinación con los tubos, es la manera de lograr una buena conexión entre los dos.



Fig. No.- 17A ZANJAS ABIERTAS

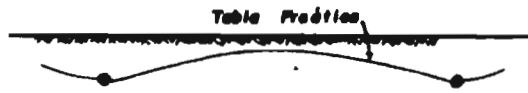


Fig. No.- 17B DRENES DE TUBERÍAS EN EL TERRENO

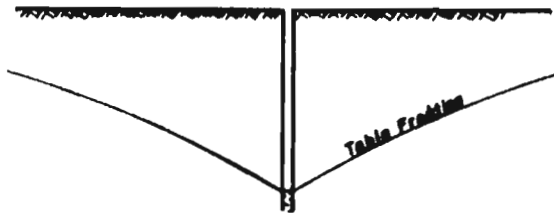


Fig. No.- 17C POZOS ENTUBADOS

Drenes de Tubo Fig. No.- 171

Se han utilizado varios tipos de drenes cubiertos. Con tres troncos parejos se puede formar un canal triangular protegido. También se pueden formar canales temporales de drenaje con piedra, brida, grava, otros materiales con tubos de barro o de concreto. Debido al trabajo de su instalación, estas estructuras provisionales para veces se justifican, en comparación con estructuras más permanentes.

Los drenajes de tubo son relativamente permanentes cuando se instalan correctamente y se protegen debidamente. Pueden instalarse profundos, para abatir los niveles freáticos, necesitan para conservación

En algunos casos, se han instalado en suelos impermeables, no han funcionado. Numerosas pruebas indican, que cuando la tierra es buena y se adapta a su uso, los drenes de tubo son los mejores.

Drenaje por Bombeo Fig. No.- 172

En algunas zonas, como en los valles de las montañas, en los que los terrenos agrícolas están rodeados de terrenos regados que están a elevaciones mayores, el agua corre a los lugares más bajos. A menudo estas extensiones tienen un subsuelo impermeable, formándose depósitos subterráneos con presión artésiana que hace brotar el agua. Los drenes abiertos o de tubos no funcionan satisfactoriamente en estas condiciones. Si existe algún estrato de grava o de arena dentro del depósito subterráneo, se puede abatir el nivel freático bombeado del estrato permeable.

El agua bombeada, a su vez, se ha mezclado con el agua de riego para aumentar el volumen utilizable de agua. En algunos casos, el agua bombeada puede ser muy salina para el riego. Para el drenaje por bombeo, se requieren condiciones favorables en los estratos; éstos deben ser suficientemente permeables para que el agua subterránea se dirija rápidamente a los tubos de los pozos para que permita un bombeo efectivo.

A g u a

Para proyectar cualquier tipo de sistema de riego, es necesario conocer la fuente de abastecimiento y la calidad del agua.

Fuentes de Abastecimiento

Cualquiera que sea la fuente de abastecimiento, generalmente el diseñador del proyecto, tiene que confiar en datos y registros elaborados por los servicios estadísticos.

Como estos datos son la base de todo lo que el planeador haga, es absolutamente esencial que ellos sean auténticos y estén aprobados por una fuente de procedencia autorizada.

Cuando no se cuentan con los datos necesarios, se recomienda establecer un sistema de riego temporal basado en canales de tierra o en tubería de plástico flexible y en equipos de aspersión portátiles; para dar tiempo al que diseña el proyecto, de estudiar las fuentes de abastecimiento de agua y otros problemas locales relacionados con la agricultura de riego, permitiendo no obstante una utilización parcial del área.

Las fuentes de abastecimiento, pueden ser según su origen :

- 1.- Tomas de un distrito o compañía que vende agua o presta el servicio de conducción.
- 2.- Pozos profundos y Norias.
- 3.- Ríos.
- 4.- Manantiales.
- 5.- Vasos de Abastecimiento, para corrientes intermitentes o aguas broncas.

Calidad de Agua

En general, la evaluación de la calidad del agua puede ser dirigida mediante un análisis efectuado al medio en que el proyecto esté situado, tomando en cuenta las bases siguientes:

- 1.- Determinación de la composición aproximada y de los niveles de concentración total de sales, en los que se supone que un determinado suelo se equilibre con la posible calidad del agua de riego que vaya a aplicar.
- 2.- Estimación anticipada de los niveles aproximados a los que el sodio intercambiable se equilibrará con el agua de riego aplicada.
- 3.- Determinación de la profundidad de la lámina de agua de riego que debe aplicarse al suelo para conseguir el equilibrio dentro de la zona radicular, con las variaciones previstas de concentración salina del agua de riego.

Esta evaluación requiere hacer las estimaciones siguientes:

- a) Probables cambios estacionales y a largo plazo de la calidad del agua.
- b) Profundidad a la que el agua del subsuelo va a ser regulada.
- c) Previsión anticipada de la calidad del agua en el nivel del agua subterránea o en los casos en que este nivel se puede controlar, estimación de la concentración permisible de sales en el fondo de la zona radicular.
- d) Ascenso capilar de sales del agua del subsuelo.
- e) Propiedades fundamentales del suelo, particularmente aquellas que influyen en la transmisión del agua en condiciones de escurrimiento, saturado y no saturado.
- f) Características del suelo, particularmente minerología de la arcilla, y la posibilidad de precipitación de carbonato de calcio en el suelo.
- g) Condiciones climáticas, particularmente relacionadas con la evapotranspiración y la lluvia.
- h) Tolerancia a las sales de los cultivos que se establecerán.
- i) Sistemas de cultivo y prácticas de manejo agrícola que se prevean.
- j) Demandas de agua, eficiencia del riego y uniformidad de la distribución del agua que se anticipen.

4.- Determinación de las influencias de iones tóxicos sobre las plantas de cultivo. Esto implicaría hacer determinaciones en el suelo y en el agua de elementos como boro, litio y selenio. Estas

determinaciones necesitarían relacionar los niveles de toxicidad de los iones con los niveles de tolerancia de plantas que vayan a cultivarse en el área del proyecto.

Para juzgar sobre la calidad del agua, los análisis químicos deben incluir:

Conductividad eléctrica (micromhos/cm a 25°C)
Calcio y Magnesio (miliequivalentes (m.l.)/litro)
Sodio (miliequivalentes (m.l.)/litro)
Carbonato y Bicarbonato (miliequivalentes (m.l.)/litro)
Sulfato (miliequivalentes (m.l.)/litro)
Boro (partes por millón (p.p.m))

La calidad de agua es un factor muy importante por lo que se refiere al ensalitramiento de los terrenos de riego.

Las aguas para fines de riego, son clasificadas por el laboratorio mediante un análisis químico, en el cual se determina la cantidad total de sales solubles que contiene y la cantidad de los cationes de sodio, por ser este elemento mineral el que perjudica en mayor grado a las plantas. Lo anterior se hace suponiendo suelos de textura media y sin drenaje artificial.

De acuerdo a lo anterior el agua para riego se clasifica en cinco categorías:

- 1ª Clase o Muy Buena
- 2ª Clase o Buena
- 3ª Clase o Tolerable
- 4ª Clase o Dudosa
- 5ª Clase o Inútil

El carbonato de sodio es la sal que por su gran solubilidad, tiene un grado de toxicidad mayor, y un porcentaje alto de él, determina la clasificación por alcalinidad salinidad en el suelo.

Los suelos afectados por el álcali, se clasifican en las tres categorías siguientes:

- 1.- Los que presentan en alguna porción de su perfil concentraciones de sales solubles, sodio principalmente, calcio, magnesio y potasio.
- 2.- Los que contienen arcillas sódicas, esto es, que el sodio intercambiable constituye más del 15% de la capacidad total de intercambios de bases.
- 3.- Los que aunán las características de arcillas sódicas y concentraciones de sales solubles dañinas a los cultivos.

Las aguas muy cargadas de sales, producen ensalitramiento bajo riesgo en un tiempo mucho menor que las menos concentradas.

Las precauciones necesarias para el uso de las aguas que contienen estas sales, se refieren al no uso de ellas en caso de que se clasifiquen por el análisis de quinta clase, y en la construcción de drenajes adecuados en las parcelas de riego.

Quando una tierra se ha ensalitrado, esta indicando el lavado de terreno y en el caso de los suelos alcalinos se agrega a través del agua de riego o de distribución directa en el terreno, el azufre y el sulfato de calcio.

C u l t i v o

Las semillas son el origen de los cultivos y la promesa de la cosecha. Una semilla de una variedad mal adaptada o incluso una semilla de una variedad bien adaptada, pero en mal estado únicamente puede dar una cosecha mediocre.

Hay cultivos que necesitan más agua que otros para obtener altos rendimientos. Algunos requieren aún más agua (índice máximo), cuando se inicia la estación de desarrollo y otros, cuando el ciclo está más adelantado.

Los cultivos que llegan a su madurez durante el principio de la estación de crecimiento necesitan de un menor consumo que los que maduran al finalizar la misma. Las formas de extracción de humedad en cultivos de raíz poco profunda o de raíz profunda varían considerablemente y esto afecta, por razón natural, el volumen de agua que deba aplicarse en cada riego y su frecuencia.

Deben conocerse las tierras que limitan el campo de cultivo, así como su extensión para cada plantío y su rotación. Considerense también los cultivos de cobertura y de mejoramiento de suelos, que deberán plantarse en la rotación, así como los sembrados en hilera.

Cualquier sistema de riego que se diseñe para un terreno debe incluir los medios de conservación, para todos los cultivos que serán atendidos. El tipo de siembra que va a cultivarse es determinante en cuanto al método que convenga para la aplicación del agua.

Clasificación de los Cultivos, según la intensidad de labores agrícolas (en orden decreciente de intensidad)

a) Cultivos Anuales, Cultivos en limpio.

Ejemplos: maíz, frijol, nortalizas, yuca, papa, algodón, tabaco. Son cultivos que normalmente exigen una limpieza total del terreno antes de la siembra y limpiezas periódicas durante su crecimiento. Además por ser de corta duración, las operaciones de limpieza se hacen con mucha frecuencia, dejando el suelo expuesto al máximo a la erosión por una temporada larga todos los años. Este tipo de cultivos, sólo puede practicarse en terrenos casi planos o sobre terrazas.

b) Cultivos Semi-Permanentes

Ejemplos: guineo, plátano, piña, caña de azúcar, papaya. Son cultivos que solamente exponen al máximo el suelo cada 2, 3 hasta 5 años y donde la intensidad de la limpieza, normalmente es menos que en los cultivos anuales, exponen mucho menos el suelo a la erosión y pueden permitirse en pendientes más fuertes y con sistemas menos intensivos de conservación del suelo, con acequias de ladera, terrazas individuales, etc. Casi siempre es necesario aplicar prácticas agrícolas de conservación, como cultivos de cobertura, mulch (cubrir el suelo con una capa gruesa de material orgánico seco), siembra al contorno, etc.

c) Cultivos Permanentes

Ejemplos: árboles frutales, café, pimienta.

Son cultivos que después de la siembra, duran muchos años, hasta que hay que volver a disturbar el suelo, y por eso mucha gente los considera como bosques o semi-bosque. Sin embargo, exigen limpiezas periódicas y un manejo mucho más intensivo que un bosque y desde el punto de vista de conservación del suelo, no hay comparación entre un caretal y un bosque. Los cultivos permanentes a menudo exigen medidas de conservación como acequias de ladera, terrazas individuales y terrazas de huerto.

d) Pasto

Cualquier sistema de clasificación de capacidad de uso de la tierra, supone un nivel "moderadamente alto" de manejo, por eso, cuando un área se clasifica como apta para pasto, significa un pasto sembrado manejado sin sobre-pastoreo y a veces solo para corte.

e) Forestal

Esta clase incluye cualquier tipo de cobertura arbórea permanente, vegetación natural, bosque secundario, plantaciones comerciales o de protección.

C l i m a

Para conocer la influencia de los factores climatológicos sobre los cultivos que se desarrollan en el área estudiada, se analizan los registros meteorológicos de la estación climatológica más cercana al sitio del proyecto, siendo las siguientes:

Precipitación mensual, temperaturas medias, máximas absolutas y mínimas extremas mensuales, información sobre granizadas, heladas tempranas y tardías, evaporaciones medias mensuales, intensidad y dirección de los vientos dominantes y reinantes, horas de viento día promedio, humedad relativa y horas luz mensuales.

El medio climático es importante para medir la capacidad productiva y su adaptabilidad a determinados cultivos. Por ejemplo, un clima en el que no se producen heladas, que permitan cultivar dos o tres veces la tierra, hace posible una producción por hectárea suficiente para pagar los costos de preparación para el riego y las cuotas de riego. Pero en los valles de las montañas, las condiciones del clima son muy variables a menudo. En los terrenos muy altos, que están sujetos a las heladas en la mayor parte del año, la selección de cultivos está limitada a algunos forrajes y posiblemente cebada y unas cuantas legumbres. Bajo estas condiciones, los ingresos de la granja, rara vez permiten el desarrollo de grandes proyectos de irrigación, ni se justificarán grandes mejoras de la misma.

El clima, es un factor que influye en el riego de toda una finca. En relación con el riego, su clasificación húmeda, semiárida y árida se basa en la precipitación pluvial. Las regiones húmedas reciben más de 75 cms. de precipitación, el semiárido de 40 a 70 cms. y el árido menos de 42 cms.

El clima al afectar directamente en la forma y requerimientos del desarrollo de las plantas, trae como consecuencia que el diseño del sistema de riego, sea en forma tal que se adapte a las condiciones climáticas existentes.

T o p o g r a f í a

El levantamiento topográfico de los terrenos regables tiene por objeto formar un plano topográfico a una escala adecuada para proyectar sobre él los sistemas de distribución, drenaje y caminos que constituirán la zona de riego.

El levantamiento de la zona de riego se puede dividir en dos partes:

1.- Control de Apoyo del Levantamiento.

a) Control Horizontal

En superficies pequeñas el control consistirá en una poligonal cerrada, que correrá cerca del perímetro del terreno.

Para áreas mayores, de mediana extensión, el control consistirá en una poligonal o sistema de poligonales corridas en el sentido vertical, usando el método de medición directa de ángulos.

b) Control Vertical

Consistirá en una serie de bancos de nivel convenientemente distribuidos sobre el terreno y que sirven como puntos de partida o de cierre de poligonales o para situar en elevación los puntos de apoyo que se utilizaron para efectuar la configuración del terreno. Los puntos de control vertical se establecerán por medio de relaciones directas, precisamente en las estaciones de control horizontal, previamente monumentadas.

2.- Configuración del Terreno y Levantamiento deDetalle.

Para la configuración del terreno de la zona regable se recurrirá, con métodos taquimétricos, con tránsito o preferiblemente con plancheta, sirviendo de apoyo los vértices de las poligonales previamente trazadas y niveladas.

El área de la zona de riego levantada será la que sea posible por beneficiarla.

Se complementará el levantamiento con toda clase de información que pueda servir en la planeación de la zona de riego, longitud aproximada de canales, sitios de travesía para puentes canales, raperías, sifones o puentes de paso y magnitud aproximada de ellos, cultivos principales, terrenos en cultivo con superficie aproximada, etc.

Como resultado del levantamiento realizado, se elaborará un plano que contenga los controles horizontal y vertical, cadenamientos, elevaciones principales de apoyo y de las que sirvan de base para la configuración del terreno, la cual deberá estar dibujada, con equidistancias de un metro entre curvas de nivel; el mismo se variará o corrige los principales detalles del terreno tales como: ríos, arroyos, caminos, canales, barridos, etc., líneas de posesión, centros de población, etc.

Esquemas de elevación para un sistema de gravedad y otro entubado

ANALISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO MAS USUALES

RIEGO	TIPO	METODO	CARACTERISTICAS	SUELOS APROPIADOS		CULTIVO	LIMITACIONES
				textura	pendiente %		
GRANDE	por líneas	SURCOS ANCHOS Y PROFUNDOS. #	Líneas de igual pendiente y de igual desarrollo en lo posible.	Todas	Cualquiera menor de 40%	De Escarbo: maíz, papa, sorgo, caña, frijol, algodón, legumbres, etc.	Limitar los surcos hasta 200 mts., la pendiente a 40 cms. en 100 mts. como máximo, de pendiente de la infiltración de cada suelo. Dividir el campo, en zonas de pendiente uniforme.
		CORRUGACIONES. #	Líneas superficiales y juntas, limitadas por bordos melgueros.	Medio y Pesado	Uniforme, menor del 0-5 %.	De Cobertura Total: trigo, cebada, avena, alpiste, alfalfa, pastos, etc.	Vigilar la alimentación del agua, a los melgos, para no producir erosión o arrastre de semillas, si es el caso, limitar la longitud de las melgas, al punto en que se tenga relativa uniformidad, en la profundidad de regado, a no más de 200 mts.
	por inundación.	MELGAS BORDEADAS #	Melgas rectas a favor de la pendiente. No confundir con curvas de nivel, en terrenos uniformes, en que sean rectas las melgas, ya que la diferencia está, en el trazo de la melga en relación a la pendiente.	Medio y Pesado	Mayor del 1% y menor del 3%.	De Cobertura Total: trigo, cebada, alpiste, avena, arroz, pastos, etc. Riego de presion o cultivos de escardo.	Los bordos no deben tener zozos laterales, si los tienen, deberán borrarlos, para evitar avances uniformes de riego. Ancho de melgas de 8 a 12 mts. (múltiplos de cuatro), la longitud de melgas, en función del avance.
		CAJETES #	Bordos en cuadrícula.	Cualquier textura.	Suelos con microrelieve muy irregular, faltos de toda nivelación.	De Cobertura Total: trigo, cebada, alpiste, avena, arroz, pastos, etc. También con cultivos de escardo.	El trazo individual de los cajetes (cuadrados o rectángulos), obliga a extremar la vigilancia, para poder hacer riego uniforme. Se recomienda en las partes muy accidentadas del terreno y previos trabajos de drenaje y tablonaje).
GRANDE	por inundación.	CURVAS DE NIVEL #	Melgas sinuosas transversales a la pendiente.	Medio y Pesado.	Menor de 1%.	De Cobertura Total: trigo, cebada, alpiste, avena, arroz, alfalfa, pastos, etc. Riego de presion o cultivos de escardo.	Requiere trazo topográfico. Altura de los bordos melgueros = 20 cms., de nivel entre bordos hasta 5 cms., distancia entre bordos hasta 15 mts. longitud de melgas hasta 20 mts.
ENTUBADO	por aspersión.	FIJOS	Instalaciones fijas y de preferencia subterráneas que además, sirven para control de helados.	Todas	Todas	De alto rendimiento como frutales.	Debido a su alto costo inicial, son recomendables, para riego, únicamente en huertas de frutales de alta remuneración.
		PORTÁTILES	Todas sus partes (líneas de conducción y de distribución, motores y bombas) son móviles.	Todas	Todas	De cobertura total a frutales.	Su alto costo inicial y la afectación por el viento.
	por goteo.	DE MOVIMIENTO INTERMITENTE.	Son sistemas, que se pueden desplazar, mediante medios mecánicos, en toda la superficie por regar.	Todas	Todas, siempre que su superficie sea plana.	De cobertura total a frutales.	Su alto costo inicial y la afectación por el viento.
		DE MOVIMIENTO CONTINUO O SISTEMAS MECANICOS AUTOMATICOS.	De movimiento mecánico automático de acuerdo a las necesidades de agua de la planta.	Todas	Todas	De cobertura total a frutales.	Requiere de mano de obra especializada y su alto costo inicial.
SUBIRRIGACION	natural	ARTIFICIAL.	Permite proporcionar a la planta, el agua requerida durante su periodo vegetativo, gota a gota. Evita la formación de malas hierbas. Se aprovechan fuentes de bajo costo.	Todas	Todas	Perennes como: durazno, guayaba, nogal, vid, etc. Cultivos en invernadero.	Su alto costo inicial y mano de obra especializada, las máquinas fertilizantes deben ser altamente sofisticadas, para evitar taponamientos.
		ARTIFICIAL.	Consiste en mantener constante el nivel freático del agua.	Medio a muy ligero, con un subsuelo y sustrato, permeables.	Zona muy plana y metulosa, mente emparejada.	Todos, excepto los de huertas.	El contenido de sales en el agua que es llevada a la superficie por capilaridad y que no es posible eliminar por lavado.
SUBIRRIGACION	artificial.		En suelos con alta permeabilidad horizontal, que se le aplica agua a presión en el subsuelo, con eficiencia de riego del 100 %.	Medio a muy ligero, con un subsuelo y sustrato, permeables.	Zona muy plana y metulosa, mente emparejada.	Todos, excepto los de huertas.	El aspecto económico, por la gran cantidad de tubería y el taponamiento de las mismas, por la aplicación de fertilizantes y de las pequeñas raíces que se incrustan en los arifios.

En estos sistemas de riego, la aplicación de la tubería de compuertas, aumenta considerablemente la eficiencia del riego, al reducir las pérdidas por infiltración y evaporación, en los regaderos. Además la facilidad de operación en la distribución y regulación.

En estos sistemas, la aplicación de válvulas alfalfaras, permite la distribución del agua en forma más rápida y un ahorro del 30 %, como un aumento de la superficie de riego, al eliminar los malos caminos, puentes de acceso / canales.

CAPITULO VI

EJEMPLOS DE ELECCION PARA UN SISTEMA DE GRAVEDAD Y OTRO ENTUBADO

EJEMPLOS DE ELECCION PARA UN SISTEMA DE GRAVEDAD Y OTRO ENTUBADO

La diferencia de un Sistema de Gravedad y uno Entubado, depende básicamente de la forma de conducción o de distribución del agua a las plantas, ya que mientras en el primero todo el sistema se realiza por gravedad en el segundo puede ser todo por tubería o riego y la tubería puede trabajar a presión o únicamente como canal cerrado, el riego con tubería a presión también llamado presurizado, comprenden los sistemas de Aspersión, Goteo, Válvulas Aljofaras; ya que el sistema de Tubería de Compuerta, no trabaja a presión y puede éste ser mixto o sea la conducción por Gravedad y la distribución por Tubería de Compuerta.

La selección del sistema de riego más apropiado, deberá seleccionarse de acuerdo a la tabla del capítulo anterior y en función de la disponibilidad económica para la realización del mismo.

En el presente capítulo se analizará un sistema tradicional de riego por gravedad y éste mismo, empleando tubería de P.V.C. con compuertas, que resulta ser el sistema más apropiado, tanto por su facilidad de operación como por su bajo costo. Fig. No. - 18

Por lo tanto, primeramente hay que realizar un número de sencillas determinaciones que deben hacerse antes de proyectar un sistema de riego y ponerlo en práctica. Las bases para hacer esas determinaciones y la información necesaria, aparecen enseguida.

I. CUANTA AGUA DEBE APLICARSE EN CADA RIEGO?

A. *Cuál es la profundidad de la zona de raíces de la planta? Esta variará con la planta que se siembre o puede ser limitada por las condiciones del suelo en su perfil.*

B. *Cuánta agua aprovechable retendrá el suelo en la zona radicular? Si hay información local disponible a este respecto, debe ser usada, si no hay, pueden tomarse las cifras de la tabla siguiente que son valores promedio.*

Suelo	Capacidad de retención de agua aprovechable del suelo, en centímetros por metro
-------	---

Muy Pesado	25.00
Pesado	18.00
Medio	17.00
Ligero	10.00
Arenoso	6.00 a 8.00

C. *Cuál es el mínimo y seguro nivel de humedad? No toda la humedad contenida en el suelo a lo largo de la zona radicular entre la capacidad del campo y el punto de marchitamiento, puede ser usada si la planta ha de producir. La mayoría de los técnicos en irrigación piensan que no hay seguridad si se usan más de 2/3 a 3/4 de la humedad disponible, antes de dar el siguiente riego.*

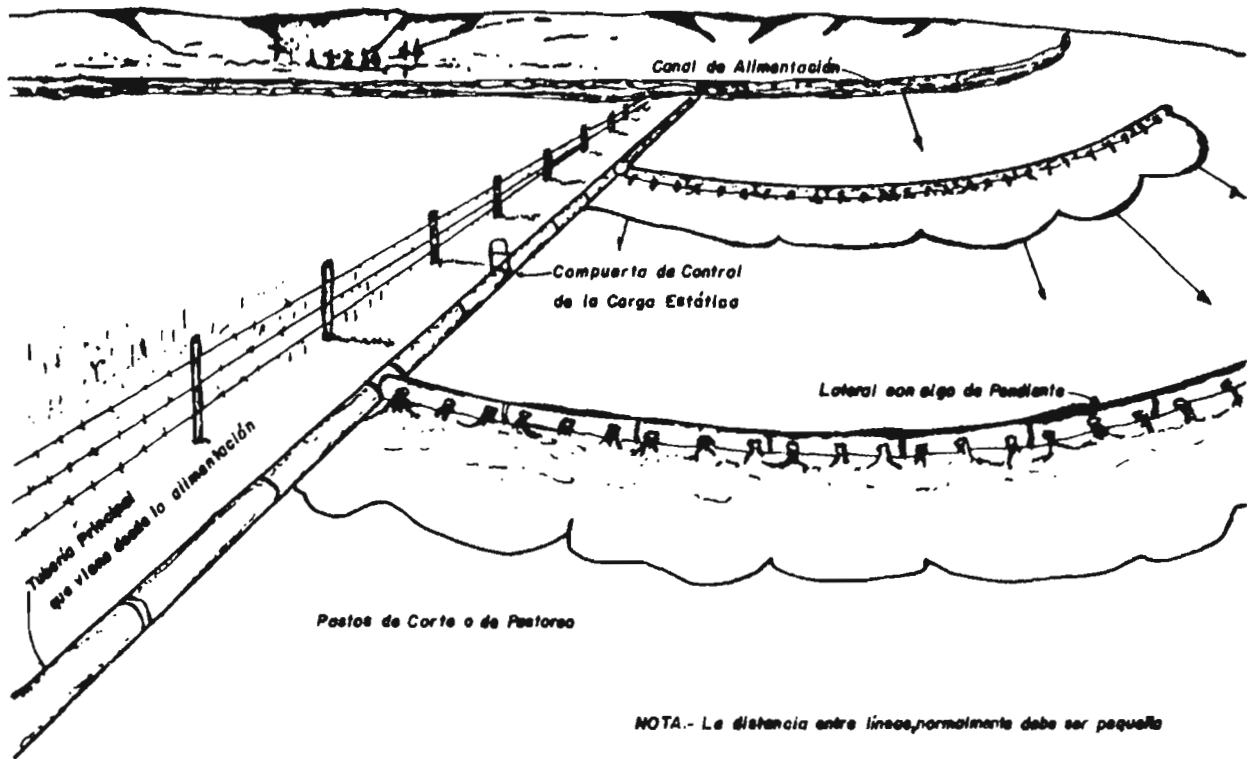


Fig. No.- 18 TUBERÍA DE COMPUERTAS PARA EL RIEGO DE CULTIVOS SIN SURCOS.

D. Con qué frecuencia debe regarse?

La frecuencia de los riegos depende de la cantidad de agua que puede almacenar el suelo en cada irrigación y la proporción en la cual el agua es consumida por las plantas. Diferentes plantas consumen agua en diferentes proporciones y la proporción de consumo varía durante la estación de cultivo. En general, la máxima demanda de agua ocurre durante la parte más caliente de dicha estación. Cualquier sistema de riego, para estar destinado al éxito completo, debe ser capaz de suministrar agua durante todos los períodos de consumo. La capacidad de esos sistemas deben tener como base el consumo del período de máxima demanda. También debe considerarse lo corto de ese período y lo alto de esa proporción de demanda máxima. Como un ejemplo, las investigaciones indican que en áreas donde el consumo promedio mensual es a razón de 5.3 mm/día, si se considera el período de los 15 días más calientes, la planta consumirá agua a razón de 7.5 mm/día. Si se considera un período de sólo dos días, el uso consuntivo puede exceder de 10 mm/día. Por lo tanto la menor cantidad de agua utilizable que puede almacenarse en el suelo en cada riego y la mayor capacidad del sistema, deben reunir los requerimientos máximos de consumo de agua y la prevención de daños a la planta cultivada. La Fig. No.-19, ha sido preparada para ayudar a determinar la máxima demanda para el diseño del sistema de riego.

E. Cuales pérdidas inevitables habrá en la aplicación del agua? Las pérdidas mayores son por percolación profunda, escurrimientos superficiales y algunas otras de distribución.

1. Pérdidas de Percolación Profunda

Por cualquier método práctico de irrigación superficial, siempre habrá algunas pérdidas de percolación profunda si todas las partes del campo reciben una adecuada cantidad de agua. El siguiente diagrama (Fig. No. 19) ayudará a ilustrar lo anterior.

El diagrama representa en corte un campo que se está regando por surcos. Generalmente transcurre un tiempo apreciable para que el agua viaje a través de un surco dado; por lo tanto los extremos superiores de los surcos, usualmente reciben un riego mayor que los extremos bajos. Con objeto de llenar completamente la zona radicular de las plantas, algo del agua aplicada al extremo superior del campo estará fuera del alcance de las raíces de las plantas y por lo tanto pérdida por percolación profunda (como se muestra en la figura).

La capacidad de absorción de la mayoría de los suelos disminuye con el tiempo, por lo tanto las pérdidas de percolación profunda en los extremos superiores de los surcos no son tan grandes como podría esperarse. Esto es ilustrado en la Fig. No.-20 por la diferencia en las áreas achucadas con raya sencilla o cruzada.

En suelos de textura media, las pérdidas de percolación profunda serán de aproximadamente la mitad del agua aplicada mientras el chorro inicial se está humedeciendo toda la longitud de los surcos. Expresándolo en una fórmula esto es:

$1/2$ del Gasto Inicial aplicado a un surco en litros por segundo por tiempo para humedecerlo.

DETERMINACIÓN DE LAS PROPORCIONES DE USO CONSUNTIVO MÁXIMO DE AGUA PARA USARSE EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO.

LÁMINA DE HUMEDAD DEL SUELO REPUESTA, A LA ZONA RADICULAR, EN CADA RIEGO-	PROPORCIONES DE DISEÑO DE USO CONSUNTIVO DIARIO **		
	CLIMA FRÍO	CLIMA MEDIO	CLIMA CALIENTE
<u>CM</u>	<u>MM/DIA</u>	<u>MM/DIA</u>	<u>MM/DIA</u>
2.5	4.06-5.33	6.86-8.13	9.40-10.92
5.0	3.56-4.57	5.84-6.86	8.13-9.14
7.5	3.05-4.32	5.33-6.35	7.37-8.38
10.0	2.79-3.81	4.83-5.84	6.86-7.87
12.5	2.79-3.81	4.57-5.59	6.35-7.37
15.0	2.54-3.56	4.32-5.33	6.10-6.86
17.5	2.54-3.30	4.06-4.83	5.84-6.60
20.0	2.54-3.05	4.06-4.83	5.84-6.60

* Use las cantidades mayores, para plantas con fuertes consumos de agua, como la alfalfa; y las menores para plantas, como las hortalizas pequeñas.

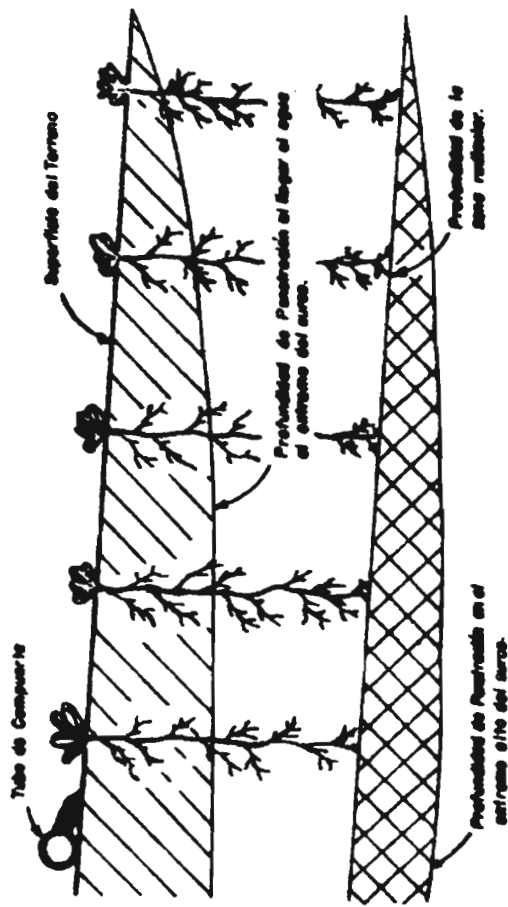


Fig. No. - 20

El por ciento de agua pérdida en percolación profunda es:

$$\left[\frac{\text{Agua pérdida por percolación profunda}}{\text{Agua total suministrada del surco}} \right] \text{ por } 100$$

2. Escurrimientos Superficiales

Bajo la mayoría de las condiciones es impráctico regar sin algunos escurrimientos superficiales en el extremo inferior de los surcos. El Servicio de Conservación del Suelo (U.S.A), considera que los escurrimientos en los surcos que no excedan del 10% del caudal que alimenta cada uno no es usualmente irrazonable. Puesto que estos escurrimientos no ocurren todo el tiempo, considerar una cantidad pérdida de 5% del total del agua aplicada, es razonable.

3. Pérdidas Varias

Algunas pérdidas tales como evaporación de los caudales en los surcos, fugas en válvulas o compuertas y escapes al principio o final de cualquier riego, puede acumular una pérdida adicional del 5%.

Las pérdidas no deben exceder del 25% del agua aplicada y bajo condiciones excepcionalmente favorables, han sido reducidas a cerca del 10%.

II.- MAXIMO GASTO PERMISIBLE Y LONGITUD EN LOS SURCOS

Si es posible, las pruebas de campo deben ser la base para determinar esto. Si las pruebas son imposibles, pueden usarse como una guía, cifras que han sido obtenidas de pruebas realizadas en todo el lado Oeste de los Estados Unidos.

A. Caudal Máximo Permisible en los Surcos

El máximo caudal que debe ser permitido en un surco es gobernado o limitado por la cantidad de erosión que produce o por la capacidad del surco para conducir el agua. En pendientes arriba de 0.5%, la erosión generalmente domina. La Fig. No. 21, da los caudales máximos no erosionables para varias pendientes y bajo condiciones promedio.

B. Máxima Longitud Permisible en los Surcos

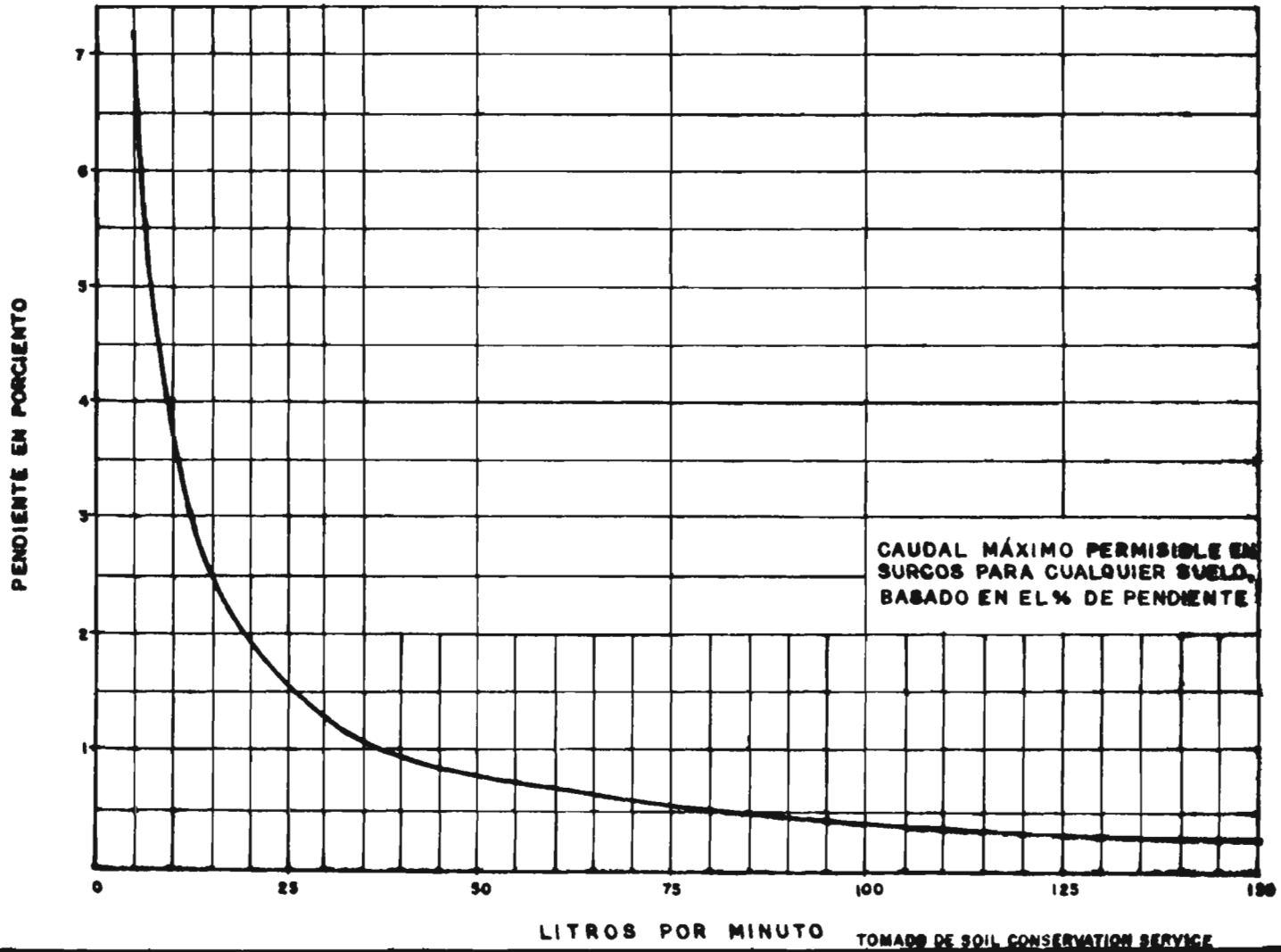
Esta depende de la magnitud del gasto, de la capacidad de absorción del suelo y de la lámina de agua que se aplique en cada riego. La Fig. No. 22 relaciona estos factores para varios tipos de suelo bajo prácticas de riego razonablemente buenas. (Si el campo tiene surcos que son más cortos que aquellos que indica la gráfica, una irrigación eficiente puede todavía obtenerse usando caudales más pequeños que los máximos permisibles indicados para las condiciones particulares).

III.1- CAPACIDAD Y LONGITUD DE LA REGADERA (Para el Diseño por Gravedad)

A. La longitud se determina multiplicando el número de surcos por la separación entre los mismos.

B. La capacidad se determina en función de la relación promedio de infiltración en cada surco.

Fig. No. - 81



LITROS POR MINUTO TOMADO DE SOIL CONSERVATION SERVICE

MÁXIMA LONGITUD DE SURCOS PARA VARIOS TIPOS DE SUELO Y DIFERENTES APLICACIONES DE AGUA

SUELO	PESADO				MEDIANO				LIGERO			
APLICACIÓN NORMAL (PULG)	6	3.75	1.88	1.12	6	3.75	1.88	1.12	4	2.5	1.25	0.75
PENDIENTE EN %	MÁXIMA LONGITUD PERMISIBLE DEL SURCO EN PIES											
0.25	1780	1400	1000	770	1320	1040	740	570	630	500	350	270
.50	1270	1000	720	550	980	780	550	420	500	400	300	230
0.75	1000	790	560	430	810	640	450	350	420	330	240	180
1.00	880	690	480	370	690	550	390	300	340	270	190	140
1.50	700	550	390	300	540	430	300	230	240	190	130	100
2.00	590	470	330	250	450	360	250	200	195	150	--	--
3.00	455	360	250	200	340	270	190	150	130	100	75	55
4.0	370	290	220	180	270	210	150	120	--	--	--	--
5.0	330	250	190	145	220	170	120	--	--	--	--	--
6.0	310	245	170	130	180	140	100	--	--	--	--	--

FIGURA No. 22

TENTATIVA

Soil Conservation Service, Research
United States Department of Agriculture
March 1951

III.2- NUMERO DE COMPUERTAS, DIAMETRO Y LONGITUD DE TUBERIA Para el Diseño por Tubería)

A. Para determinar el número de compuertas necesarias, se divide el gasto total disponible expresado en litros por minuto, por el gasto requerido para cada compuerta, expresado en litros por minuto.

B. La longitud del tubo es igual al espaciamento entre las compuertas expresado en metros, por el número de compuertas.

C. Determinese la carga necesaria, de las gráficas para tubería de compuertas. Estas gráficas son una verificación del diámetro del tubo seleccionado y darán en forma aproximada la carga requerida para un gasto y longitud de la línea dados.

1.- Es una práctica común, descargar el máximo caudal permisible en un surco hasta que el agua llega al extremo final. El caudal es entonces reducido a una cantidad precisa que mantendrá el agua en el surco con una pequeña o sin ninguna cantidad de agua perdida en colas. La variación infinita de aperturas de que se dispone en las compuertas, hace esto posible. El caudal real requerido para conservar el surco lleno, deberá determinarse experimentalmente.

2.- Los cálculos se hacen sólo para determinar el máximo gasto o bien el que se aplica al llenar el surco.

3.- Otra práctica común es tener suficientes compuertas, de tal manera que aunque sea reducido el gasto después de que todos los surcos se han llenado, toda el agua disponible puede ser utilizada. Esto se puede obtener abriendo la mitad de las compuertas hasta que los surcos se llenen, enseguida se cierran esas y se abre la otra mitad de las compuertas. Cuando todos los surcos estén humedecidos, todas las compuertas son abiertas al gasto reducido.

4.- Es conveniente tener el agua en el extremo de los surcos tan rápido como sea posible. El agua debe hacerse correr hacia abajo en uno o más surcos para determinar el chorro máximo que puede aplicarse sin peligro de erosión. Cuando se haya obtenido esto, medido por medio de un recipiente de capacidad conocida y un reloj, se tiene el caudal que puede ser usado.

5.- La aplicación de agua en el campo, expresada en centímetros por hora, es aproximadamente igual a la proporción de aplicación en litros por segundo por 30.48 mts. de surco, dividido por el espaciamento entre surcos en metros.

IV.- EJEMPLO NUMERICO

Diseñar el Sistema de Riego y determinar los datos necesarios para un campo de las siguientes características:

- a) Tamaño del Campo: 400 mt. x 200 mt. = 8.0 Has.
- b) Textura Media del suelo con arena en una capa superior de 1.0 mt. de espesor.
- c) Pendiente del terreno en la dirección del riego = 1%
- d) Capacidad de absorción del suelo = 4.0 LPM por 30.5 mt. de surco.
- e) Se cultivará maíz con 1.10 mt. de espaciamiento entre surcos.
- f) Las fuentes de agua son abastecidas, por un pozo profundo localizado en el centro de la línea descendiente del campo sobre el lado superior.

C a l c u l o s

1.- Agua Necesaria

A. En suelos profundos a profundidades uniformes, el maíz generalmente enraiza a una profundidad de 0.70 mt. a 1.50 mt. Por lo tanto, es seguro considerar que será utilizada toda la capa del suelo hasta 1.0 mt. de profundidad.

B. Un suelo de textura media retendrá 5.0 cm. de agua por 30.5 cm. de profundidad, entre el punto de marchitamiento y la capacidad de campo.

Entonces la capa de suelo de 1.0 mt., retendrá una lámina de 15.0 cm. de agua útil.

C. No debe permitirse que el maíz sufra por falta de humedad, particularmente, si el suelo es alto en Nitrógeno. Entonces, considérese que el riego debe efectuarse cuando se han consumido 2% de la humedad disponible, esto es 10.0 cm. de agua.

D. Las pérdidas inevitables en este campo serán de un 10% por el riego por tubería y un 25% por regadera.

2.- Caudal y Longitud de cada surco

Puesto que no se han llevado a cabo pruebas de campo, deben usarse las gráficas para determinar estos valores.

A. De la Fig. 21, encontramos que con una pendiente de 1%, el máximo caudal permisible en cada surco es de 38 LPM.

B. De la Fig. 22, para 1% de pendiente en suelo mediano y aplicación de 15.0 cm. (interpolando y haciendo la conversión): la máxima longitud permisible es de 190.0 mt. Sin embargo, puesto que la irrigación se hace a través del campo y el largo de los surcos de solamente unos 10.0 mts. más, será conveniente considerar el largo total de 200.0 mts. y sacrificar un poco la eficiencia en el riego.

3.- Tamaño y Longitud del Tubo

A. Número de Compuertas

El caudal total del pozo es de 5678 LPM. Los chorros de los surcos durante el riego (humedecimiento) inicial será de 38 LPM. Entonces : $5678 \text{ LPM} / 38 \text{ LPM} = 150$ compuertas; que deben ser abiertas durante el periodo de remojamiento.

B. Longitud del Tubo

Con un espaciamiento de 1.10 mt. \times 150 compuertas = 165.0 mt. de tubo.

Si tendemos esta longitud con las compuertas abiertas a 38 LPM, hasta que los surcos estén remojados, podemos tender el tubo restante a cualquier lado de la bomba (200.0 mt. - 165.0 mt. = 35.0 mt.), las cuales podemos abrir a 38 LPM, cuando las compuertas en el otro tramo son cerradas a 26.5 LPM.

En esta forma se usan 5184 LPM y cuando los restantes 35.0 mt. de tubo han remojado los surcos, pueden ser reducidos a 26.5 LPM por compuerta. Hay únicamente 182 compuertas en 200.0 mt. de tubo y por lo tanto se están usando sólo 4823 LPM. Entonces nosotros podemos desacelerar la bomba un poco o poner más tubería. Como 200.0 mt. de tubo regarán justamente la mitad del campo, probablemente desearíamos usar un poco menos de agua.

C. Tamaño del Tubo

En la parte alta de las gráficas de flujo, Figs. 23, 24 y 25 para tubo de compuertas está una línea representando el número de compuertas. En el extremo izquierdo hay una columna de GPM para una compuerta. Es necesario encontrar una combinación de 26.5 LPM por compuerta y 182 compuertas en el mismo diámetro de tubería, puesto que 20 32 cm. es aproximadamente igual a 20.0 cm (8"), no lo dan, entonces nos iremos a 25.0 cm. (10") a 24.22 LPM (el cual es suficientemente cercano). Encontramos 182 compuertas y con la última compuerta abierta a 1.0 se requieren 4372 LPM. (realizando las conversiones respectivas)

D. Carga de Presión Necesaria

Directamente arriba de 4372 LPM, en la gráfica para tubería de 25.0 cm. (10"), encontramos el número de 1.4 mt. Esta es aproximadamente la carga necesaria, para hacer este trabajo.

E. Tiempo Requerido por Posición

El agua aplicada por surco es (200.0 \times 1.10 \times 0.15) mt. = 33 000 Lt. Puesto que cada compuerta descarga 26.5 LPM, el tiempo necesario para que fluya esta cantidad de agua será de $33\ 000 \text{ Lt.} / 26.5 \text{ LPM} = 1245$ minutos, que equivalen a 21.0 horas.

4.- Conclusiones

Cada surco, por sus dimensiones tiene una capacidad de 33 000 Lt. que multiplicados por los 182 surcos (que hay que regar), necesitamos 6 006 000 Lts. y si el pozo nos da 5678 LPM; el tiempo requerido para el riego será de 18.0 horas, considerando que no existieran pérdidas.

TUBO DE COMPUERTAS DE 8" -- LA ÚLTIMA COMPUERTA ABIERTA 1/4
 LAS OTRAS COMPUERTAS ABIERTAS PARA IGUAL CAUDAL -- 3 COMPUERTAS CADA 10'

GPM POR -- COMPUERTA	PRESIÓN EN- PIES EN LA ÚLTIMA COM- PUERTA	COMPUERTAS	15	30	45	60	75	90	105
		LONGTTUD EN PIES.	50	100	150	200	250	300	350
6.8	.5	CARGA A LA -- ENTRADA EN -- PIES (H)	.5	.5	.5	.6	.8	1.0	1.3
		GPM	102	205	307	409	512	614	717
8.07	.7	CARGA A LA EN- TRADA EN -- PIES (H)	.7	.7	.7	.8	1.1	1.3	1.8
		GPM	121	242	363	484	605	726	847
9.67	1.0	CARGA A LA - ENTRADA EN - PIES (H)	1.0	1.0	1.0	1.2	1.5	1.9	2.5
		GPM	145	290	434	579	724	869	1014
11.8	1.5	CARGA A LA -- ENTRADA EN -- PIES (H)	1.5	1.4	1.6	1.7	2.2	2.8	3.7
		GPM	177	355	532	709	886	1064	1241
13.68	2.0	CARGA A LA EN- TRADA EN -- PIES (H)	2.0	1.9	2.1	2.3	2.9	3.6	4.8
		GPM	205	410	615	820	1024	1229	1434
16.72	2.5	CARGA A LA - ENTRADA EN - PIES (H)	3.0	2.9	3.1	3.4	4.2	5.3	7.0
		GPM	251	502	754	1005	1256	1507	1758

FIGURA No. 23

**TUBO DE COMPUERTAS DE 8'-- LA ÚLTIMA COMPUERTA ABIERTA 1/8
LAS OTRAS COMPUERTAS ABIERTAS PARA IGUAL CAUDAL-- 3 COMPUERTAS CADA 10'**

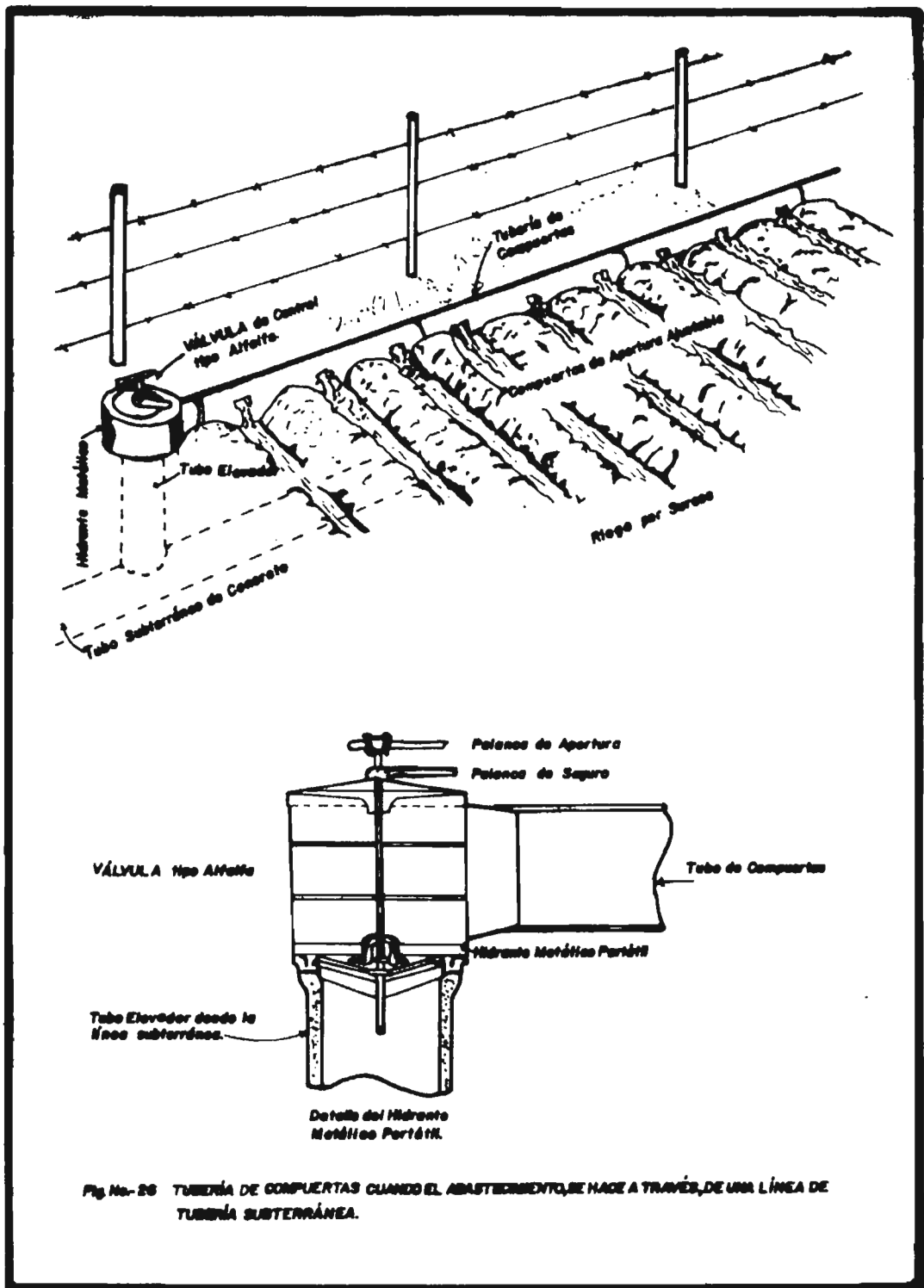
GPM POR -- COMPUERTA	PRESIÓN EN PIES EN LA ULTIMA COM- PUERTA	COMPUERTAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
		LONGITUD EN PIES	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
2.6	.5	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	.5	.5	.5	.5	.6	.6	.7	.8	.9	1.0	
		GPM	39	79	118	158	197	237	276	316	355	395	
3.14	.7	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	.7	.7	.7	.7	.8	.8	.9	1.1	1.2	1.4	1.7
		GPM	47	93	140	187	233	280	327	374	420	467	514
3.73	1.0	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	
		GPM	56	112	167	223	279	335	391	447	502	558	
4.6	1.5	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	3.0	3.4
		GPM	69	137	205	274	342	411	480	548	616	685	753
5.27	2.0	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.4	2.6	3.0	3.4	3.9	4.5
		GPM	79	158	237	316	395	474	553	632	711	790	869
6.46	3.0	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	3.0	3.0	3.0	3.1	3.3	3.5	3.9	4.3	4.9	5.7	6.6
		GPM	97	193	290	386	483	579	676	772	869	966	1062

FIGURA No. 24

TUBO DE COMPUERTAS DE 8" -- LA ÚLTIMA COMPUERTA ABIERTA 1/16
LAS OTRAS COMPUERTAS ABIERTAS PARA IGUAL CAUDAL -- 3 COMPUERTAS CADA 10'

GPM POR -- COMPUERTA	PRESIÓN EN LA ÚLTIMA COMPUERTA EN PIES	COMPUERTAS	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
		LONGITUD EN PIES	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
1.47	.5	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	.5	.5	.5	.5	.5	.5	.6	.6	.6	.7	.8	.8	.9	1.0	
		GPM	22	43	65	86	108	129	151	172	194	215	237	258	280	301	
1.67	.7	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	.7	.7	.7	.7	.7	.8	.8	.8	.9	1.0	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6
		GPM	25	51	76	102	127	153	178	204	229	255	280	306	331	357	382
2.00	1.0	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2
		GPM	30	61	91	122	152	183	213	244	274	305	335	365	396	426	457
2.47	1.5	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.9	3.1
		GPM	37	75	112	149	186	224	261	298	336	373	410	447	485	522	559
2.87	2.0	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.5	3.9	4.3
		GPM	43	86	129	172	215	259	302	345	388	431	474	517	560	603	640
3.53	3.0	CARGA A LA ENTRADA EN PIES (H)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.7	4.0	4.3	4.7	5.1	5.7	6.3
		GPM	53	106	158	211	264	317	369	422	475	528	580	633	686	739	791

FIGURA No. 25



Si tenemos que en el riego por tubería de compuerta se estima un 20% de pérdidas y en el riego por canal en tierra un 35%; el tiempo necesario para estos dos sistemas será de 21 y 22 horas, respectivamente.

El Sistema de Riego por Tubería es de fácil operación, ya que únicamente se requiere regular la abertura de las compuertas, y una vez logrado, el sistema puede operar prácticamente solo, empleándose un mínimo de mano de obra. Fig. No.-26

En el Sistema de Riego por Canal en Tierra, su operación es más complicada, porque para regular la cantidad de agua en cada surco necesita de una mayor atención y mano de obra, puesto que esta actividad se hace totalmente en forma manual, teniendo en cuenta, que de acuerdo a la textura y pendiente del suelo no podemos proporcionar un gasto mayor de 35 LPM, con objeto de evitar el desbordamiento de los surcos y la erosión del terreno.

B I B L I O G R A F I A

CENAMAR (Memorias III)

Curso sobre Métodos de Riego

Torreón Coahuila (1981)

CENAMAR (Memorias VI)

Curso del Riego por Aspersión

Torreón Coahuila (1982)

CENAMAR (Memorias VII)

Curso del Riego por Goteo

Torreón Coahuila (1982)

Colección Ingeniería de Suelos

"PLANEAMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO PARA GRANJAS"

Servicio de Conservación de Suelos Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

Editorial DIANA (1973)

EL MARAVILLOSO MUNDO DE LA INGENIERIA

David Jackson

Editorial Aguilar

EL RIEGO

Josef D. Zimmerman

C.E.C.S.A. (1979)

EL RIEGO: DISEÑO Y PRACTICA

Bruce Withers / Stanley Vipond.

Editorial DIANA (1979)

EXITO EN EL REGADIO (FAO 1968)

Pequeña Irrigación en la Identificación de Proyectos de Riego

(Junio de 1979)

"GUIA PRACTICA PARA EL RIEGO

Miguel J. Lozano

Publicada por Agricultura de las Américas

La Revista Agropecuaria Moderna (1964)

IRRIGACION Y SISTEMAS AGRICOLAS; S.A. de C.V.

Una empresa del grupo Conдумex

Tecnología

RIMOSA

MANUAL DE CONSERVACION DE SUELOS PARA TIERRA DE LADERA

Tage Michaelisen (Experto en Ordenación de Cuencas Hidrográficas

Tagucigalpan (Febrero 1980)

METODOS AVANZADOS DE RIEGO (Tomo I)

Riego por Goteo

*Dirección General de Obras Hidráulicas e Ingeniería Agrícola para el
Desarrollo Rural (Mayo 1981)*

*PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION
Material Técnico (Nivel Superior)
Centro de Capacitación "Genito Juárez"
Dirección General de Distritos de Riego SFH*

*RIEGO Y CLIMA
Nuevos Métodos para la Planeación y Desarrollo de los Recursos
Hidráulicos.
Henry Oliver
C.E.C.S.A. (1979)*

*TECNICA DEL RIEGO
Fertilidad y Explotación de los Suelos
D.W. Thorne, Ph. D.
H. B. Peterson, Ph. D.
C.E.C.S.A. (1981)*

*TESIS PROFESIONAL
"Comparación de Sistemas de Riego"
Silvestre R. García Borilla (1971)*

*TRABAJO RECEPCIONAL
"Estudios Necesarios para Proyectar una Obra de Riego"
Raúl Sergio Martínez de la Rosa (1973)*