

24-130



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**DRENAJE DE TERRENO PARA USO AGRICOLA CON
APLICACION A LA ZONA "CHALCO-MIXQUIC-TLAHUAC"**

T E S I S

Que para obtener el título de:

I N G E N I E R O C I V I L

P r e s e n t a n :

JOSE GUSTAVO PEREZ SANCHEZ

JOSE ANTONIO RIOS PACHECO

México, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

I.	INTRODUCCION.	1
II.	ESTUDIOS BASICOS.	4
	a. Topografía.	
	b. Mecánica de Suelos.	
	c. Agrológico.	
	d. Hidrológico.	
	e. Análisis Físico - Químico del Agua.	
	f. Levantamiento Catastral.	
	g. Drenaje Natural.	
III.	PROYECTO DE DRENAJE.	17
	1. Planeación.	
	1.a Dren Principal y Secundarios.	
	1.b Drenes de Apoyo.	
	1.c Planta de Bombeo.	
	1.d Caminos de Operación y Mantenimiento.	
	1.e Estructuras.	
	2. Diseño Hidráulico de Drenes.	
VI.	PROYECTO DE RIEGO.	60
	1. Sistema de Riego.	
	1.a Sistemas Existentes.	
	1.b Elección del Método.	
	1.c Descripción del Método Elegido.	
	2. Planeación.	
	3. Diseño.	
V.	CONCLUSIONES.	131

I. INTRODUCCION

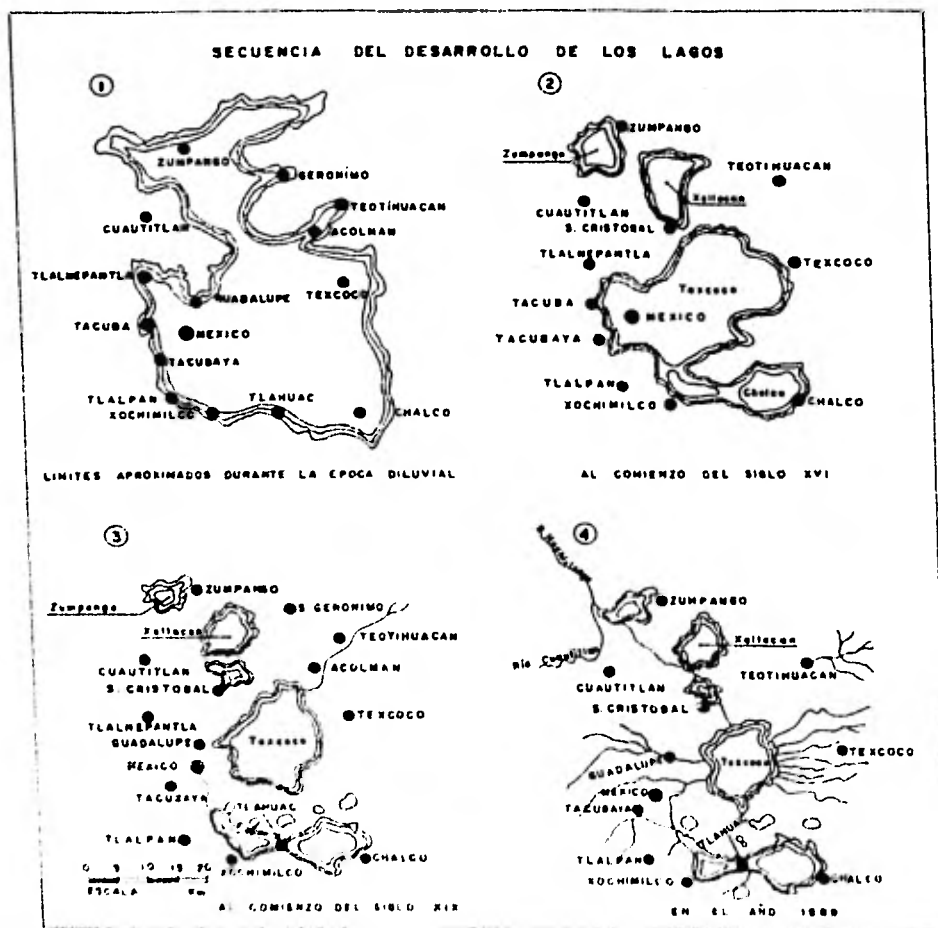
Lo que se conoce ahora como cuenca de Chalco, estuvo ocupada en parte por el lago del mismo nombre. Este, al igual que otros lagos cercanos a la zona, fueron cubiertos por material piroclástico proveniente principalmente del Ajusco, Xitle y Xico.

Actualmente dicha cuenca está dedicada principalmente a la explotación de cultivos forrajeros para el sostenimiento de una ganadería destinada a la producción de leche y sus derivados.

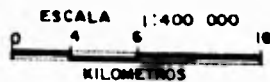
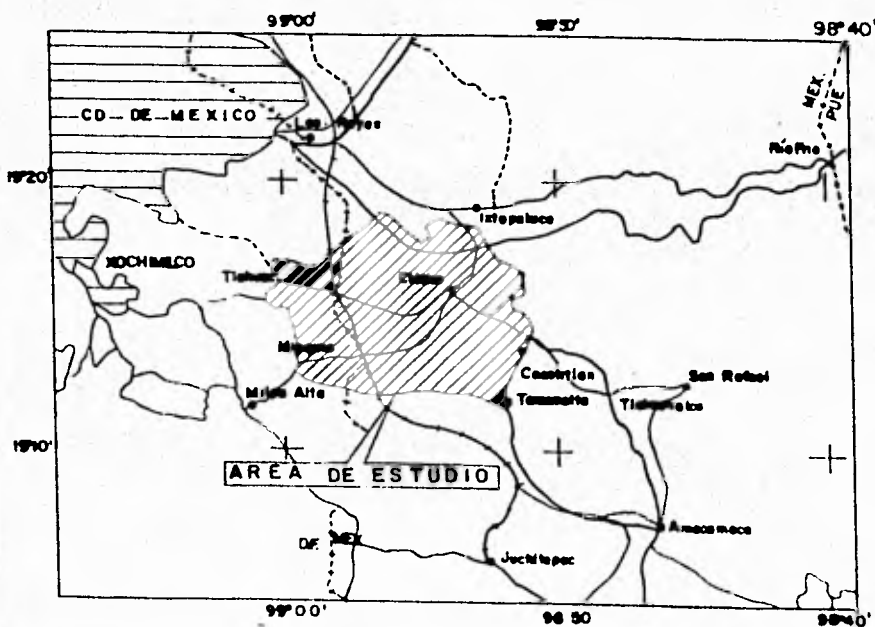
Debido a que esta zona sufre de inundaciones y un alto nivel freático, lo que produce ensalitramiento y baja utilización de ésta, se rehabilitarán los suelos afectados, para incorporarlos a una agricultura bajo riego, utilizando aguas residuales de la ciudad de México, con lo que se tendrá una mayor utilización y producción para beneficio de los usuarios.

Esta zona se localiza en el límite de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal y el Municipio de Chalco, Estado de México. Las principales vías de comunicación son: Autopista México-Puebla, Carretera Federal México-Cuautla y Carreteras Xochimilco-Tláhuac-Chalco y Tulyehualco-Mixquic-Chalco, así como la vía del Ferrocarril México-Cuautla que atraviesa la zona.

La función del Ingeniero Civil dentro de la Irrigación es la de seleccionar el método que más se adapte a las condiciones locales, para proyectar, evaluar y realizar obras que cumplan con su finalidad.



CROQUIS DE LOCALIZACION



II. ESTUDIOS BASICOS

Es la información que se requiere para realizar la planeación - y diseño de un proyecto.

a. Topografía.

En el levantamiento topográfico de la zona, se observa un relieve plano con pendientes menores al 1 %. En menor proporción existen áreas con relieves que varían de plano a sensiblemente plano, con pendientes - del 1 al 3 %. Asimismo, existe un microrelieve causado por el colapso de una turba, que se expande al saturarse y se contrae al secarse. La topografía se presenta en plano anexo a escala 1:20 000, con curvas de nivel equidistantes a cada 50 cm.

b. Mecánica de Suelos.

De los sondeos realizados en pozos a cielo abierto, con profundidades que varían de 2 a 5 m. y penetración standard hasta 15 m., se observó que el 59 % del área presenta como característica distintiva, estratos alternados de cenizas volcánicas y tobas, la restante está formada - por un estrato continuo de arena volcánica y material aluvial.

Del análisis de las muestras ensayadas en laboratorio se determinaron los parámetros de resistencia; pesos volumétricos, ángulo de fric

ción interna y resistencia al esfuerzo cortante, con lo que se obtuvo la estabilidad de las secciones de los drenes (talud 2:1), y la capacidad de carga para las diferentes estructuras que se requieren.

c. Agrológico.

La agrología se ocupa del estudio del suelo en sus relaciones -- con la vegetación. Dentro de la zona se identifican dos tipos de series de suelos, la Xico y la Chalco, que a continuación se describe:

c.1. Serie Xico.

Esta representa un 70 % de la zona, la cual casi en su totalidad está destinada al libre pastoreo y una mínima parte al cultivo del maíz, - remolacha forrajera y algunas hortalizas. En los cultivos anteriores se -- han observado síntomas de afectación, debido a los suelos salinos y salinos-sódicos, éstos presentan como características costras blancas, manchas oscuras y algunos se encuentran parcialmente defloculados.

Debido a diferentes factores como: salinidad (A1), sodicidad -- (A2), manto freático (D2), drenaje superficial (D1), relieve (T2) y constante de humedad (AP), el suelo se demerita dándonos como consecuencia diferentes clases agrícolas. Esta serie cuenta con suelos de 1a., 2a., 3a., 4a., y 6a. clase, en donde los de primera no presentan ninguna restricción para el cultivo.

DESCRIPCION DEL PERFIL

Hzte.	Prof. (cm)	Descripción
Ap	0 - 20	Franco con tendencia a franco-arcilloso; consistencia ligeramente en seco, friable en húmedo y no adherente en saturado; permeabilidad moderada mientras no esté saturado; no presenta cementación.
IIA ₁	20 - 35	Franco-arcillo-arenoso; consistencia ligeramente dura en seco, friable en húmedo y no adherente en saturado; la permeabilidad cuando está seco es rápida, pero una vez saturado es lenta; no presenta cementación.
IIIA ₁	35 - 45	Franco-arcillo-arenoso; consistencia ligeramente dura en seco, friable en húmedo y no adherente en saturado; permeabilidad rápida cuando el suelo está seco y nula cuando saturado; no cementado.
IVA ₁	45 - 90	Franco; consistencia friable en húmedo y no adherente en saturado; permeabili-

dad rápida cuando el suelo está seco y -
nula cuando saturado; no cementado.

V A_I 90 - 120

Franco; consistencia, no se determinó en
seco por la humedad existente, friable -
en húmedo y no adherente en saturado; -
permeabilidad rápida cuando seco y nula-
cuando saturado; no cementado.

VI A_I 120 - 200

Franco-arcillo-arenoso; consistencia en-
seco no se determinó por estar húmedo el
horizonte, en húmedo firme y no adheren-
te en saturado; permeabilidad moderada -
cuando en seco y lenta en saturado; no -
cementado.

c.2. Serie Chalco.

Esta cuenta con el 30 % de la zona y su totalidad se dedica al-
cultivo de maíz, alfalfa, remolacha forrajera y frijol. En esta se presen-
tan los mismos síntomas de afectación que en la anterior.

Se delimitaron tres clases de suelos agrícolas, 1a., 2a. y 3a.-
siendo los factores de demerito: textura (S1), salinidad (A1), erosión -
(E), sodicidad (A2), profundidad (S2) y constante de humedad (AP).

DESCRIPCION DEL PERFIL

Hzte.	Prof. (cm)	Descripción
Ap	0 - 30	Franco-arcilloso; consistencia ligeramente dura en seco, friable en húmedo y ligeramente adherente en saturado; permeabilidad moderada; presenta muy pocas gravas redondeadas; no cementada.
C _I	30 - 45	Franco; consistencia ligeramente dura en seco, friable en húmedo y ligeramente adherente en saturado; presenta pocas gravas redondeadas; permeabilidad moderada; no cementada.
C ₂	45 - 130	Franco; consistencia dura en seco, firme en húmedo y moderadamente adherente en saturado; presenta muy pocas gravas redondeadas; permeabilidad moderada; no cementada.
R	130 - X	Toba.

De acuerdo con los resultados de los estudios anteriores, de la resistencia al sodio y sales, y de las necesidades de la zona, los cultivos que se recomiendan son: alfalfa en un 60 % y pastizales en 40 %.

d. Hidrología.

Esta zona es una subcuenca de la del Valle de México, con un área de 120 Km². Esta se delimita por dos corrientes superficiales, el río La Compañía y el Amecameca.

El río La Compañía es del tipo perenne, capta parcialmente los escurrimientos del Popocatepetl y en su recorrido, las aguas negras de las industrias aledañas, la longitud aproximada de cauce es de 35 Km., con una cuenca de 430 Km². A la altura del kilómetro 24 atraviesa el parateguas de su cuenca en el bordo Xochiaca, para descargar posteriormente en el ex-lago de Texcoco.

El río Amecameca es de carácter intermitente, canaliza parcialmente los escurrimientos del Iztlaccíhuatl. La longitud aproximada del cauce es de 40 Km., con un área de cuenca de 400 Km², éste se une al canal de Chalco para desembocar posteriormente en el canal Nacional del D.F.

Los ríos mencionados no conservan su cauce natural, ya que han-

sido modificados por canales y drenes construidos con la finalidad de utilizar al máximo los suelos para la agricultura y/o ganadería. En las tablas 1 y 2 se anotan los datos hidrométricos de éstos.

TABLA 1. DATOS HIDROMETRICOS DEL RIO AMECAMECA

ESTACION SAN LUIS AMECA II.

A Ñ O	VOLUMEN m ³			
	Máximo	Medio	Mínimo	Total Conducido
1971	11.396	0.127	0.000	3 892.0
1972	25.080	0.181	0.000	5 720.0
1973	5.900	0.188	0.000	6 721.0
1975	37.692	0.206	0.000	6 567.0
1976	18.070	0.288	0.000	9 081.0

TABLA 2. DATOS HIDROMETRICOS DEL RIO LA COMPAÑIA

ESTACION LOS REYES*.

A Ñ O	VOLUMEN m ³			
	Máximo	Medio	Mínimo	Total Conducido
1976	3.565	0.852	0.000	26 871.0

* Esta estación entró en función en 1976.

Debido a la falta de estudio, no se conoce con exactitud el tipo de acuífero que existe dentro de la zona, pero hay algunos pozos cuyas profundidades varían entre 30 y 60 m. y gastos de 8 a 70 l.p.s.

Dentro de la zona de oscilación del nivel freático, es muy variable, pues mientras en la serie Chalco se presenta entre 125 y 140 cm., en la serie Xico se encuentra en la superficie a no más de 75 cm.

e. Análisis Físico-Químico del Agua.

Para poder llevar a cabo el análisis se realizaron 405 muestras en diferentes pozos y profundidades. A continuación se presenta uno de ellos el cual se localiza cerca del poblado de Mixquic, siendo un pozo con una profundidad de 33 m.

Turbidez: Transparente

Color: Ligeramente amarillento

Olor: Inodora

Naturaleza del sedimento: No tiene

Concentración de iones Hidrógeno (pH): 7.9

Conductividad Eléctrica. Micromhos/cm. a 25°C 1 800

Sólidos disueltos en partes por millón (ppm): 1 514

% de sodio en el total de los cationes:	68.73
Proporción de absorción de Sodio:	8.18
Carbonato de Sodio residual me/l:	5.53
Boro (ppm)	1.23

<u>Cationes:</u>	me/l	ppm
Sodio (Na ⁺)	14.22	327.06
Potasio (K ⁺)	0.46	17.99
Calcio (Ca ⁺⁺)	3.99	79.96
Magnesio (Mg ⁺⁺)	2.05	24.91

<u>Aniones:</u>		
Carbonatos (CO ₃ ⁻⁻)	0.00	0.00
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	11.57	705.77
Cloruros (CL ⁻)	5.71	202.44
Sulfatos (SO ₄ ⁻⁻)	3.25	156.00

CLASIFICACION: C₃ - S₂ (Vease especificaciones)

CLASIFICACION DE AGUAS PARA RIEGO
SALINIDAD

C₁ BAJA SALINIDAD. Puede usarse para riego en la mayoría de los suelos

y para casi todas las plantas, con pocas probabilidades de que aumente la salinidad.

- C₂ SALINIDAD MEDIA. Puede usarse, si se hacen lavados moderados. Se pueden sembrar plantas moderadamente tolerantes a las sales, en la mayoría de los casos, sin efectuar prácticas especiales para el control de salinidad.
- C₃ ALTAMENTE SALINA. No puede usarse en suelos de drenaje deficiente. - Aún con drenaje adecuado, se requiere un manejo especial para el control de la salinidad, además de seleccionar plantas que sean bastante tolerantes a las sales.
- C₄ MUY ALTAMENTE SALINA. No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, aunque puede usarse en ocasiones bajo circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado; el agua para riego debe aplicarse en exceso; con el fin de llevar a cabo un lavado fuerte; las plantas que se seleccionen deberán ser muy tolerantes a las sales.

SODIO (R A S)

- S₁ CON POCO SODIO. Puede usarse para riego en casi todos los suelos, - con poco peligro de que el sodio intercambiable llegue a niveles per-

judiciales. Sin embargo, las plantas sensitivas al sodio como algunos-
frutales (fruto con hueso) y aguacate, pueden acumular concentraciones
dañinas al sodio.

- S₂ CON CONTENIDO MEDIO. Será peligrosa en suelos de textura fina en aque-
llos que contengan una alta capacidad de intercambio de cationes espe-
cialmente bajo condiciones de lavados leves, a menos que haya yeso en
el suelo. Esta agua puede usarse en suelos orgánicos o de textura grue-
sa con buena permeabilidad.
- S₃ CON ALTO CONTENIDO. Conducirá a niveles peligrosos de sodio intercam-
biable en la mayoría de los suelos, por lo cual se requerirá de un ma-
nejo especial, buen drenaje, lavados fuertes y adiciones de materia or-
gánica. Los suelos yesíferos no desarrollarán niveles perjudiciales de
sodio intercambiable. Los mejoradores químicos deberán usarse, para el
reemplazo de sodio intercambiable, excepto en el caso de que no sea --
factible el uso de mejoradores en aguas de muy alta salinidad.
- S₄ CON MUY ALTO CONTENIDO. Generalmente no es apropiada para el riego, -
excepto en casos de baja y quizá media salinidad, donde la solución -
el calcio del suelo o el empleo de yeso u otros mejoradores, hagan --
factible el uso de esta agua.

LIMITES PERMISIBLES DE BORO PARA VARIAS CLASES DE AGUA DE RIEGO

Clase por Boro	Cultivos-sensibles	Cultivos semitolerantes	Cultivos tolerantes
	ppm	ppm	ppm
1	0.33	0.57	1.00
2	0.33 a 0.67	0.67 a 1.33	1.00 a 2.00
3	0.67 a 1.00	1.33 a 2.00	2.00 a 3.00
4	1.00 a 1.25	2.00 a 2.50	3.00 a 3.75
5	1.25	2.50	3.75

LIMITES DE "CARBONATO DE SODIO RESIDUAL"

Aguas que contengan más de 2.5 me/l. de "Carbonato de Sodio Residual", no son apropiadas para fines de riego.

Aguas que contengan de 1.25 a 2.5 me/l son tolerables, y aquellas que contengan menos de 1.25 son aptas para el riego.

f. Levantamiento Catastral.

Es aquel que se realiza para obtener el tipo de propiedad y superficie de ésta, para cada uno de los beneficiarios. Dentro de la zona existen dos tipos de propiedades, la privada y la ejidal; la primera re--

presenta un 26 % y la segunda un 74 %, predominando en ambos tipos el mini fundio, variando desde 0.5 a 3.5 Ha., en el ejido y desde 0.25 a 4 Ha. en la propiedad privada, aunque se encuentran algunas fincas hasta de 20 Ha.

g. Drenaje Natural.

El drenaje natural en esta zona es casi nulo, ésto se debe a que los dos ríos que la delimitan presentan problemas. El nivel del río Amecameca es más alto que el correspondiente al de los suelos agrícolas y en épocas de lluvia, en lugar de eliminar los excedentes se desborda e inunda algunas áreas. El de La Compañía tiene su nivel de cauce más bajo que el nivel medio de los suelos adyacentes, con el inconveniente de que pasa por la parte más alta del área, haciendo imposible el desalojo de las aguas por gravedad.

Debido a la presencia de suelos franco-arcillosos en la zona, la permeabilidad de éstos cuando están saturados es nula y moderada cuando es tan secos.

En consecuencia de lo anterior los suelos agrícolas son afectados por encharcamientos y alto nivel freático..

III. PROYECTO DE DRENAJE

1. Planeación.

El drenaje agrícola, se puede definir como la remoción de exceso de agua y de sal contenida en el suelo y debe ser absolutamente necesario para mantener una agricultura próspera a perpetuidad. Por lo que, el objetivo debe ser más bien el de diseño y construcción de un sistema en el que se logre una integración óptima del suelo, cultivo, riego y drenaje.

La importancia del drenaje en la economía de riego de un proyecto, ha sido subestimada generalmente y se recomienda que se debe suministrar drenaje en donde se practica el riego. Sin los sistemas de canales y de distribución, no puede haber agricultura de riego; pero sin drenaje, puede existir agricultura de riego, de cierta clase y por cierto tiempo. Aún cuando los síntomas de una alta superficie freática y desalitramiento pueden no aparecer por algún tiempo después de iniciado el riego, lo insidioso del drenaje inadecuado, es que inevitablemente ocurrirá el deterioro de la tierra.

El drenaje reforma los suelos de una manera completa. En primer lugar, su aireación favorece la penetración de las raíces, que entran más profundamente en la tierra, se descomponen y dejan vacíos. Los animales que viven en el suelo cavan profundamente sus galerías; los suelos drena-

dos se agrietan por alargamiento de las fisuras producidas por las lluvias con el desecamiento y la contracción de la arcilla. La red de fisuras alcanza los drenes y se establece una verdadera comunicación directa a través del suelo entre la atmósfera y la red de los tubos de drenaje. La circulación del aire se hace en dos sentidos: de arriba-abajo durante el escurreimiento de los drenes, pero también de abajo-arriba cuando el suelo se calienta bajo la acción del calor solar, por lo tanto, la permeabilidad de los suelos aumenta.

Tipos de Drenes:

Estos pueden clasificarse por su construcción, funcionamiento y disposición en planta.

1. Por su construcción :

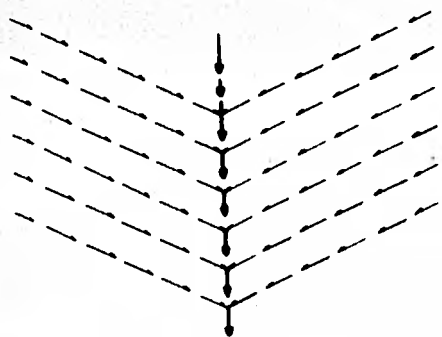
- a) Abiertos (zanjas con taludes de 1.5 : 1 ó 2 : 1)
- b) Subterráneos adomados con placas prensadas con material seco de productos agrícolas.
- c) Subterráneos con tubos de concreto con filtro de grava.
- d) Topo conductos subterráneos sin revestir.

2. Por su funcionamiento:

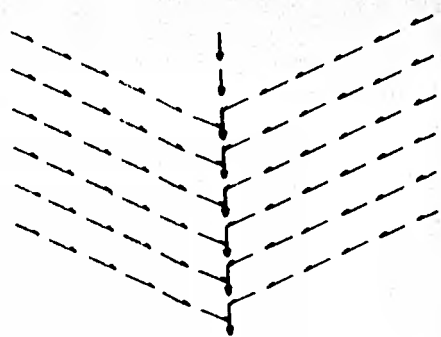
- a) De flujo horizontal

- a.1. Interceptores o perfectos: cuando se colocan perpendicularmente a las líneas de corriente y descansan sobre un estrato impermeable.
 - a.2. De alivio o suspendidos: cuando se colocan arriba de un estrato impermeable.
 - b) De bombeo: pozos profundos o someros para eliminar la recarga.
3. Por disposición en planta:
- a) Libre (al azar)
 - b) Espina de pescado.
 - c) Paralelos o emparrillados (30°, 60° y 90°)
 - d) Doble principal

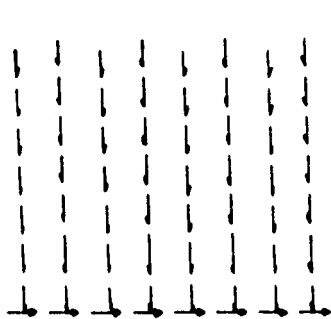
DISPOSICION EN PLANTA DE DRENES



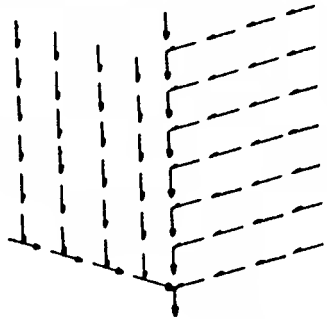
Espiga de Pescado



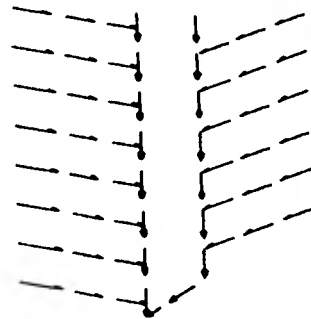
Espigado



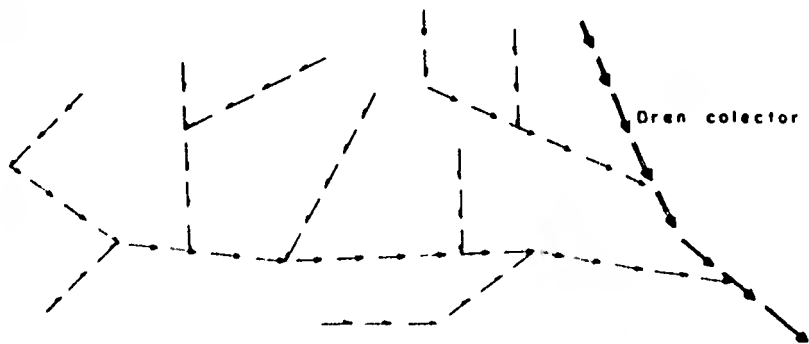
Paralelo



Emparrillado



Doble Principal



Libre o al Azar

1.a. Dren Principal y Secundarios

Estos se constituyen por drenes naturales y artificiales que tienen como principal objetivo:

- Eliminación del exceso de agua superficial ocasionado por lluvia, riego y desfogue de canales.
- Mantener el nivel freático fuera de la zona radicular de los cultivos.
- Evitar ensalitramiento en los suelos.
- Rescatar zonas bajas de inundación para utilizarlas en la agricultura.
- Permitir el desalojo de los escurrimientos de cuencas externas que llegan a las áreas de riego.
- Sirven de apoyo para la descarga de la red de drenaje parcelario.

1.b. Drenes de Apoyo

Llamados parcelarios, se constituyen por drenes enterrados o cubiertos, cuya función es abatir el nivel freático y evitar ensalitramiento de los suelos dentro de la parcela.

Su localización y separación entre ellos se realiza principalmente de acuerdo a la topografía. Cuando existe una lotificación difícil de modificar, estos se proyectarán por las zonas más bajas o las que presentan menor costo o volumen de excavación.

Debido a la zona radicular de los cultivos, es conveniente una profundidad mínima de 1.50 a 1.80 m., con pendientes de 50 cm/Km. Cuando descargan al dren principal será de 2.00 m., si el tirante de agua es pequeño se aumentarán 20 cm, de caída mínima y 30 cm. para depósitos de azo^lves, obteniendo así la mínima total de 2.50 a 2.80 m.; si ésta se realiza a un secundario será de 2.50 m., con pendiente igual a la anterior.

Su realización se difiere para años después de la apertura de una zona de riego, en nuestro país su construcción corre por cuenta del -- usuario de la parcela.

1.c. Planta de Bombeo.

Todo el conjunto de aparatos y equipos que se utilizan para la extracción y aprovechamiento de las aguas se constituyen en planta de bombeo, las partes que la integran son:

- Obra de succión o carcamo.- Es la estructura vertical en donde descarga el conducto y se instalan las bombas para elevar el agua al nivel deseado.

Consiste generalmente en un depósito enterrado, construido de concreto o mampostería cuyas dimensiones están en función de la magnitud del equipo que se vaya a instalar y del procedimiento empleado en su construcción. Además en su diseño se toma en cuenta la facilidad que se debe tener para su inspección periódica.

- Equipo de bombeo.- Lo constituyen todas las unidades (bomba y motor) de bombeo instaladas para proporcionar el gasto requerido, así como los accesorios de control y protección (válvulas) antes de iniciarse la descarga común y los dispositivos de arranque y parada.
- Descarga.- Comprende todos los elementos e instalaciones que se requieren para conducir el agua, desde la salida de la bomba hasta el sitio requerido.
- Caseta de control.
- Subestación eléctrica.
- Almacenamiento de combustible.
- Casa habitación del operador.

1.d. Caminos de Operación y Mantenimiento.

Se constituyen como parte fundamental y necesaria para lograr un eficiente funcionamiento del sistema, ya que de nada serviría contar con las mejores tierras cultivables, disponer de agua necesaria, etc., si no se cuenta con una red de caminos que permita la fácil movilización de las cosechas, así como mantener en buen estado los drenes y red de riego.

Estos pueden dividirse en principales y de acceso:

Los principales suelen ser, sobre los bordes de los drenes y de operación, teniendo como ventajas:

- a) Se pueden realizar con mayor prontitud y oportunidad los trabajos de conservación y mantenimiento de los drenes y estructuras.

- b) Con los caminos sobre los bordes se logra una cierta compactación en los terraplenes, disminuyendo con ello las filtraciones que pueden afectar los drenes.

- c) Se facilita la vigilancia constante de todas las partes integrantes de la red, logrando descubrir y reparar más cómodamente los deterioros que sufre.

Los de acceso, no están dentro de la zona de proyecto pero se debe de tomar en cuenta en la planeación, debido a que de ellos depende la comunicación externa.

Para el buen trazo y localización de éstos es necesario, tomar en cuenta los siguientes aspectos:

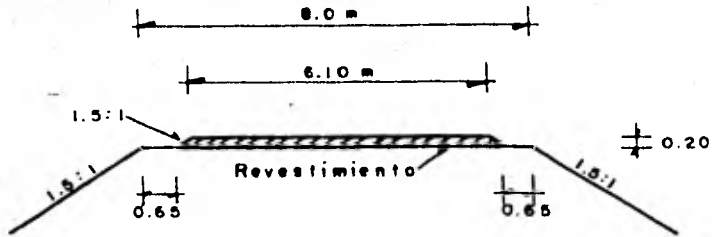
- a) La intercomunicación de todos los centros de población o al menos con los más importantes.
- b) La facilidad de acceso al lugar de las obras y a las propiedades.
- c) El permitir el libre paso a la maquinaria, equipo, los implementos y materiales con que se realizan las actividades agrícolas.
- d) La ubicación cuando menos de un camino que vaya directamente a los mercados locales o centros de embarque. Cuando no sea posible un camino directo, se buscará que éste entronque con un camino principal.
- e) El revestimiento de los caminos, ya que generalmente se encuentran contruidos en tierra, si es que el caso lo amerita.

1.e. Estructuras

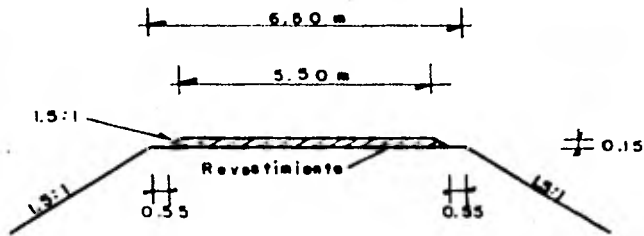
Las estructuras en los drenes suelen ser: entrada al dren, cafadas, rápidas, cruces con caminos, ferrocarriles y canales. El diseño estructural se debe hacer de acuerdo con las directivas y normas que se establecen para estos casos.

Las entradas pueden ser de tubería de concreto, metal corrugado, asbesto, concreto simple, armado y recubrimiento de piedra. Su elección se puede determinar por la experiencia que exista en la zona con la alcan

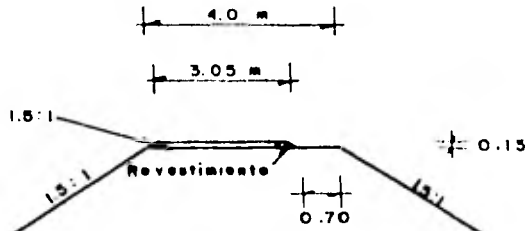
SECCIONES TIPO PARA CAMINOS REVESTIDOS



Camino para Canal Principal con gasto mayor de $20 \text{ m}^3/\text{seg}$ o para Camino de Acceso



Camino para Canal Principal con gasto mayor de $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ y menor de $20 \text{ m}^3/\text{seg}$



Caminos para Canales con un gasto menor a $10 \text{ m}^3/\text{seg}$

tarilla de caminos, estructuras de drenaje existente, y otras.

Las rápidas se utilizan para absorber pendientes sucesivas en el canal para su proyecto, se debe proteger con algún revestimiento con el -- fin de evitar erosiones en él, debido a las altas velocidades. Este revestimiento puede ser de concreto o mampostería, la elección de uno de éstos, dependerá de un estudio económico y del material de que se disponga en el lugar.

Cuando la pendiente del terreno en el sentido del flujo, sea mayor que la del rasante del canal, se colocará al final de éste una rápida y un tanque amortiguador, con la finalidad de unificar el régimen, evitar exceso de energía cinética del agua y proteger al mismo.

La decisión de proyectar una rápida y una caída en lugar de una serie de éstas, se debe basar en un estudio hidráulico y económico de ambas alternativas.

Los cruzamientos de caminos, ferrocarriles y canales importantes, se deben de diseñar para avenidas que corresponden a la tormenta de frecuencia de 1 en 25 años; para los cruzamientos de menor importancia, se usan -- avenidas de 1 a 10 años y las que corresponden a frecuencia de 1 a 5 años-- se pueden usar para los cruzamientos de los caminos secundarios o de las-- zanjias de granjas dentro de los campos.

2.- Diseño Hidráulico de Drenes.

Una vez realizada la planeación se procederá a la obtención del coeficiente unitario de drenaje, cuadro de descarga (área dominada por --- dren) y diseño hidráulico.

Coefficiente unitario de drenaje (Método de Chow).- Representa el gasto que requiere una hectárea y se utiliza en la determinación de la capacidad del dren correspondiente considerando el área tributaria.

Este método fué deducido basándose en el concepto de hidrogramas unitarios e hidrogramas unitarios sintéticos. El desarrollo de éste se presenta a continuación.

Para su aplicación se requiere la siguiente información:

I.- Datos Fisiográficos:

- I.1. Area de la Cuenca por estudiar: 80 Km²
- I.2. Longitud del Dren Principal: 9,914.94 m.
- I.3. Pendiente media: 0.01
- I.4. Tipos de Suelo:

Los factores que afectan al escurrimiento, considerados en este método, pueden dividirse en dos grupos. El primero, que afecta directamente a la cantidad de lluvia en exceso o escurrimiento directo, el cual consiste principalmente en el uso de la tierra, condiciones de la superficie, tipo de suelo, cantidad y duración de la lluvia. El segundo afecta a la -

distribución del escurrimiento directo e incluye el tamaño y la forma de la Cuenca, la pendiente del terreno y el efecto de retención del flujo por medio del tiempo de retraso.

Para tomar en cuenta el efecto del primer grupo, se tiene el número de escurrimiento N. Este número N, es un coeficiente de peso del escurrimiento directo, y es función del uso y de las características del suelo.

Los suelos se clasifican, según afecten las características del material en el escurrimiento, en cuatro tipos:

TIPO A. (Eskurrimiento mínimo). Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias y mezclas de ambas.

TIPO B. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.

TIPO C. Comprende arenas muy finas, arcilla de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.

TIPO D. (Eskurrimiento máximo). Incluye principalmente arcilla de alta plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

De acuerdo al estudio de Mecánica de Suelos, la clasificación de la zona en proyecto reúne las características del suelo "TIPO C".

I.5. Uso del Suelo en la Cuenca:

Conocido el tipo de suelo de acuerdo con la clasificación anterior, y tomando en cuenta su uso, con la tabla 3, se podrá conocer el valor de N.

Uso del Suelo	N (Parcial)	% Area	N (Ajustado)
Pastizal (pobre)	86.0	67.30	57.88
Bosque Natural (muy ralo)	86.0	5.12	4.40
Suelos Impermeables (zonas urbanas)	100.0	1.36	1.36
Cultivos en Surcos (rectos)	87.0	17.25	15.01
Leguminosas	83.0	8.97	7.45

Número de Escurrimiento Pesado: $N = 86.10$

TABLA 3. SELECCION DEL NUMERO DE ESCURRIMIENTO N

Uso de la Tierra o Cobertura	Condición de la Superficie	Tipo de Suelo			
		A	B	C	D
Bosques (sembrados y cultivados)	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	Superficie dura	74	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración.	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso, alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso, alta transpiración.	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surcos	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria o al voleo) o potrero de rotación.	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potrero (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable.		100	100	100	100

II.- Datos Climatológicos:

Precipitaciones máximas para 24 horas de la estación en estudio.

Estación: Chalco

Estado: Estado de México

AÑO	MES	PRECIPITACION (mm)
1961	Junio	36.6
1962	Octubre	38.6
1963	Mayo	24.6
1964	Junio	25.6
1965	Agosto	35.9
1966	Junio	43.5
1967	Enero	58.5
1968	Junio	34.3
1969	Septiembre	38.8
1970	Octubre	43.2
1971	Junio	36.2
1972	Mayo	80.2
1973	Julio	40.9
1974	Agosto	42.5
1975	Agosto	37.3
1976	Agosto	49.3
1977	Septiembre	32.5

Precipitaciones máximas para 24 horas de la estación base.

Estación: Milpa Alta

Estado: Distrito Federal

A Ñ O	M E S	P R E C I P I T A C I O N (mm)
1961	Agosto	50.0
1962	Agosto	42.3
1963	Julio	52.8
1964	Mayo	85.5
1965	Agosto	27.5
1966	Agosto	38.2
1967	Mayo	56.0
1968	Abril	35.0
1969	Julio	55.7
1970	Agosto	41.6
1971	Mayo	30.4
1972	Mayo	40.8
1973	Junio	39.0
1974	Mayo	29.5
1975	Agosto	26.5
1976	Octubre	51.5
1977	Mayo	37.0

III.- Curvas de Intensidad-Duración-Período de Retorno, para la estación base de la zona en estudio.

Cálculo de las curvas Intensidad - Duración - Período de Retorno

Estación (base): Milpa Alta

Municipio: Milpa Alta

Estado: Distrito Federal

Pluviógrafo: R. Fuess

DATOS PLUVIOGRAFICOS

i en mm/hrs.

DURACION AÑO	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120	180	240	300	360
1969	2.4	15.6	11.2	11.4	4.8	3.6	1.8	13.2	4.2	17.4	3.0	3.0	4.8	4.8
1970	15.6	16.8	10.2	14.4	8.4	30.0	12.6	12.6	10.8	4.2	10.2	3.0	9.0	1.2
1971	7.2	21.6	9.6	25.2	24.6	9.6	42.6	19.2	9.6	10.8	3.0	8.4	5.4	3.6
1972	16.8	25.8	10.2	29.4	16.2	20.4	6.0	4.8	9.0	5.4	4.8	8.4	3.0	4.8
1973	6.0	3.0	5.4	3.6	34.2	8.4	18.6	15.6	6.0	6.0	2.4	2.4	1.8	6.6
1974	1.2	1.8	1.2	3.6	3.6	6.1	4.3	10.0	8.7	8.2	4.8	4.1	1.7	4.5
1975	12.0	2.4	2.8	2.1	13.2	8.7	3.5	6.3	9.0	10.6	5.6	6.8	3.3	4.4

i_m (mm/hrs.)

T_R	DURACION														
	No.	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120	180	240	300	360
7.00	1	16.8	25.8	11.2	29.4	34.2	30.0	42.6	19.2	10.8	17.4	10.2	8.4	9.0	6.6
3.50	2	15.6	21.6	10.2	25.2	24.6	20.4	18.6	15.6	9.8	10.8	5.6	8.4	5.4	4.8
2.33	3	12.0	16.8	10.2	14.4	16.2	9.6	12.6	13.2	9.0	10.6	4.8	6.8	4.8	4.9
1.75	4	7.2	15.6	9.6	11.4	13.2	8.7	6.0	12.6	9.0	8.2	4.8	4.1	3.3	4.5
1.40	5	6.0	3.0	5.4	3.6	8.4	8.4	4.3	10.0	8.7	6.0	3.0	3.0	3.0	4.4
1.17	6	2.4	2.4	2.8	3.6	4.8	6.1	3.5	6.3	6.0	5.4	3.0	3.0	1.8	3.6
1.00	7	1.2	1.8	1.2	2.1	3.6	3.6	1.8	4.8	4.2	4.2	2.4	2.4	1.7	1.2
\bar{x}		8.7	12.4	7.2	12.8	15.0	12.4	12.8	11.7	8.2	8.9	4.8	5.2	4.1	4.3
S		6.2	10.4	4.0	10.9	11.1	9.4	14.4	5.1	2.3	4.5	2.7	2.6	2.6	1.6

TRAZO DE CURVA $i - d - T_R$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$X = \bar{x} + Ks$$

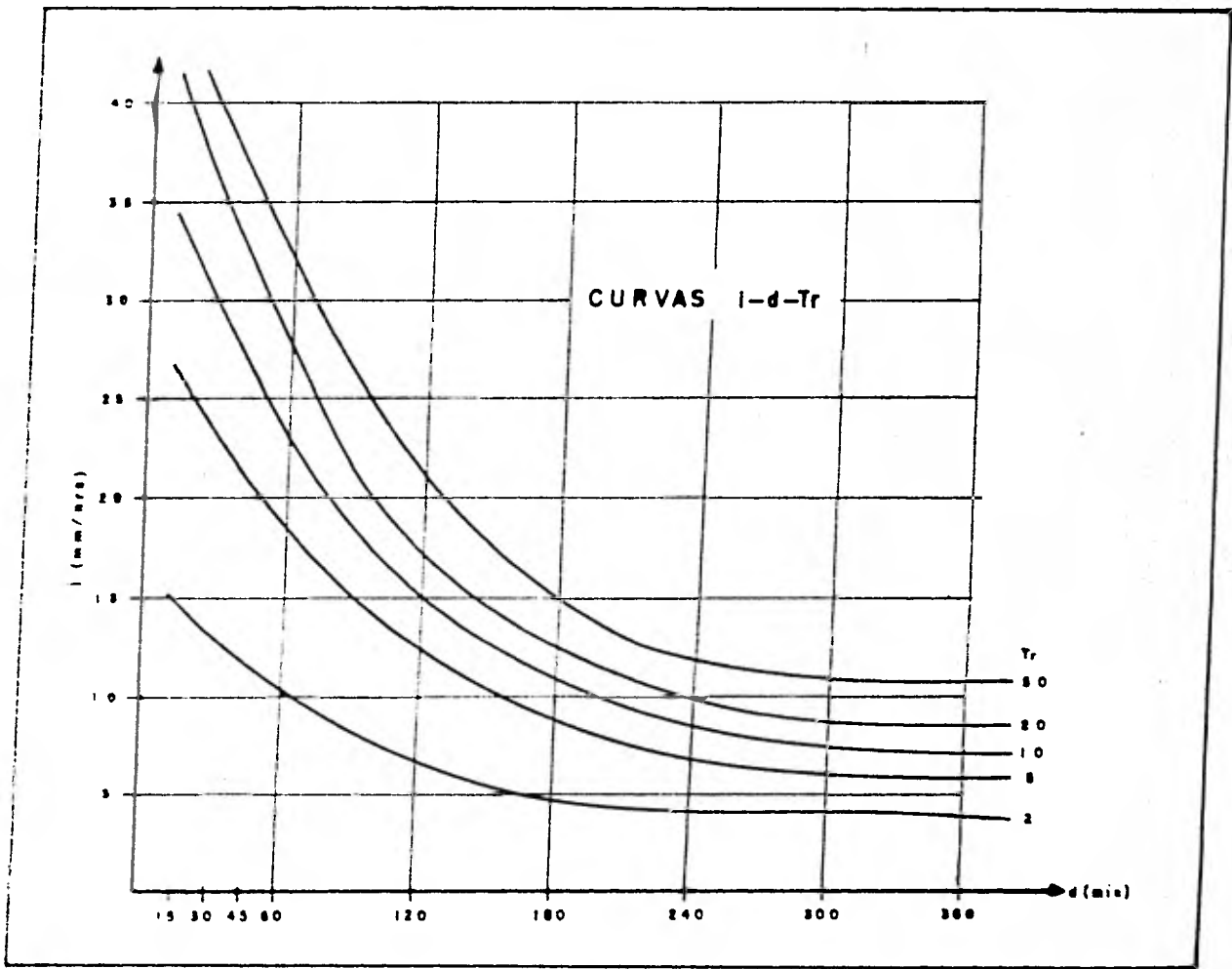
$$K = -0.779 \left(0.577 + \ln \ln \frac{T_R}{T_R - 1} \right)$$

$$T_R = \frac{m}{n}$$

T_R	2	5	10	15	20	50
K	-0.164	0.719	1.304	1.633	1.864	2.590

VALORES PARA LA CURVA $i - d - T_r$

DURACION	5	10	15	20	30	60	120	180	240	300	360
T_r											
2	7.68	10.69	6.544	11.012	13.180	6.083	8.162	4.357	4.774	3.674	4.038
5	13.16	19.88	10.076	20.637	22.981	11.558	12.136	6.741	7.069	5.969	5.450
10	16.78	25.96	12.416	27.014	29.474	15.185	14.768	8.321	8.590	7.490	6.386
15	18.82	29.38	13.732	30.600	33.126	17.225	16.249	9.209	9.446	8.333	6.913
20	20.26	31.79	14.656	33.118	35.690	18.657	17.288	9.833	10.046	8.946	7.282
50	24.76	39.34	17.560	41.031	43.749	23.158	20.555	11.793	11.934	10.834	8.444



El procedimiento de cálculo para obtener el gasto máximo con un determinado período de retorno empleando el método de CHOW es el siguiente:

a) Se escoge una duración de lluvia d , y un período de retorno Tr .

Para un período de retorno $Tr = 10$ años

Para una duración de lluvia $d = 1$ hora

b) De las curvas $i-d-Tr$, con el valor asignado de Tr y d , se calcula la intensidad de lluvia para esa tormenta. Multiplicándose la intensidad de lluvia por la duración d , obteniéndose la precipitación total P_b -- en cm.

$$i = 23.75 \text{ mm/hr} \quad p = i \times d = (23.75) (1) = 23.75 \text{ mm}$$

$$P_b = 2.38 \text{ cm.}$$

c) Determinación de la lluvia en exceso (P_{eb}). Con el valor del número de escurrimiento pesado $N = 86.10$ y la precipitación en la estación base $P_b = 2.38$ cm., se calcula la lluvia en exceso en la estación base, -- con la gráfica de la figura 1, o por medio de la siguiente ecuación:

$$P_{eb} = \frac{(P_b - \frac{508}{N} + 5.08)^2}{P_b + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

$$P_{eb} = \frac{(2.38 - \frac{508}{86.10} + 5.08)^2}{2.38 + \frac{2032}{86.10} - 20.32}$$

$$P_{eb} = 0.43 \text{ cm.}$$

d) Determinación del factor de escurrimiento (X).

Para su determinación, es necesario conocer la P_{eb} , donde se tiene la distribución de la lluvia respecto al tiempo y la duración de la tormenta d .

$$X = \frac{P_{eb}}{d} \qquad X = \frac{0.43}{1} \qquad X = 0.43 \text{ cm/hr.}$$

e) Determinación del factor climático (Y).

Este factor trata de tomar en cuenta, por una parte, la forma - como se distribuye el escurrimiento, y por otra, el hecho de que el sitio donde se quiere valorar el gasto está alejado de la estación base. La liga entre la estación base y la estación en estudio se debe hacer tomando en cuenta las condiciones más desfavorables, para tomar la variación P_b a P ,

o sea, lo que llueve en la estación base a lo que llueve en la estación en estudio.

$$Y = 2.78 \frac{P}{P_{bm}}$$

En donde:

P : Precipitación máxima en 24 hrs., de la estación en estudio.

P_{bm} : Precipitación máxima en 24 hrs., de la estación base.

$$P = 80.2 \text{ mm}$$

$$P = 8.02 \text{ cm.}$$

$$P_{bm} = 85.5 \text{ mm}$$

$$P = 8.55 \text{ cm.}$$

$$Y = 2.78 \frac{8.02}{8.55}$$

$$Y = 2.608$$

f) Determinación del factor de reducción del pico (Z).

El valor de Z se puede calcular como una función de la relación entre la duración de la tormenta d y el tiempo de retraso t_p. Dicho tiempo t_p se define como el intervalo medido del centro de la masa de un bloque de intensidad de lluvia al pico resultante del hidrograma. Para un hidrograma unitario instantáneo este tiempo de retraso es igual al tiempo -

de pico del escurrimiento. Para cuencas pequeñas y de configuración de -- drenaje simple, el tiempo de retraso se aproxima mucho al de concentración.

El tiempo de retraso depende principalmente de la forma del hi-- drograma y de las características fisiográficas de la cuenca, y es independiente de la duración de la lluvia.

$$t_p = 0.00505 \left(\frac{L}{S} \right)^{0.64} \quad \text{o de la fig. (2)}$$

En donde:

L : Longitud del cauce, en m.

S : Pendiente media del cauce, en porcentaje.

t_p : Tiempo de retraso en horas.

Tomando como ejemplo el dren Secundario Km 8 + 471 :

$$L = 3\,480 \text{ m.}$$

$$S = 0.0005$$

$$t_p = 0.00505 \left(\frac{3\,480}{0.05} \right)^{0.64}$$

$$t_p = 2.41 \text{ hrs.}$$

Conocido el valor de t_p de la cuenca en estudio, para cada duración de tormenta se calcula Z . Con la relación d/t_p , y con la figura 3, se obtiene el valor de Z .

$$\frac{d}{t_p} = \frac{1}{2.41} \quad \frac{d}{t_p} = 0.41 \quad Z = 0.31$$

g) Cálculo del gasto.

$$Q = A \times Y \times Z$$

A : Area dominada por el dren en estudio, en Km^2

$$A = 7.21 \text{ Km}^2$$

$$X = 0.43 \text{ cm/hr.}$$

$$Y = 2.608$$

$$Z = 0.31$$

$$Q = (7.21) (0.43) (2.608) (0.31)$$

$$Q = 2.507 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$q_u = \frac{Q}{A} (1000) \quad q_u = \frac{2.507}{721} (1000)$$

$$q_u = 3.476 \frac{\text{L.P.S.}}{\text{Ha.}}$$

Para la realización de las curvas de Gasto Unitario, se eligieron seis áreas tributarias de drenes, duraciones de lluvia de 30, 45, 60 y 120 min. y un período de retorno para 10 años, obteniéndose análogamente - para diferentes combinaciones de datos los valores de q_u (C.U.D.), los que se presentan en las tablas siguientes.

De las curvas de Gasto Unitario, con el área tributaria del dren (abcisas), se obtiene su correspondiente q_u (ordenada) de acuerdo con la duración de lluvia elegida.

GASTO UNITARIO DE DRENAJE

(METODO DE CHOW)

DREN	DURACION Hrs	INTENSIDAD Cm/Hrs.	P_b	P_{e_b}	X	Y	t_p	d/tp	Z	A (Km ²)	Q (m ³ /seg)	C.U.D. (hr/s/ha)	T_r
R	0.25	3.300	0.825	0.00001	0.00002	2.608	2.10	0.119	0.087	3.24	0.00001	0.00003	10
A	0.50	2.975	1.488	0.0940	0.1870	2.608	2.10	0.238	0.170	3.24	0.269	0.830	
M	0.75	2.660	1.995	0.2620	0.3490	2.608	2.10	0.357	0.277	3.24	0.817	5.522	A
A	1.00	2.380	2.380	0.4300	0.4300	2.608	2.10	0.476	0.343	3.24	1.246	3.840	N
L	2.00	1.500	3.000	0.7570	0.3780	2.608	2.10	0.952	0.630	3.24	2.012	6.210	0
Km 0 + 860	3.00	1.010	3.030	0.7740	0.2580	2.608	2.10	1.429	0.800	3.24	1.744	5.380	S
S	0.25	3.300	0.825	0.00001	0.00002	2.608	0.65	0.385	0.282	0.46	1x10 ⁻⁵	1.5x10 ⁻⁴	
C	0.50	2.975	1.488	0.0940	0.1870	2.608	0.65	0.770	0.570	0.46	0.127	2.78	
U	0.75	2.660	1.995	0.2620	0.3490	2.608	0.65	1.155	0.710	0.46	0.297	6.462	
N	1.00	2.380	2.380	0.4300	0.4300	2.608	0.65	1.540	0.840	0.46	0.433	9.420	
D	2.00	1.500	3.000	0.7570	0.3780	2.608	0.65	3.079	1.000	0.46	0.453	9.858	
A	3.00	1.010	3.030	0.7740	0.2580	2.608	0.65	4.619	1.000	0.46	0.310	6.739	
P													
I													
O													
Km 1 + 039													

GASTO UNITARIO DE DRENAJE

(METODO DE CHOW)

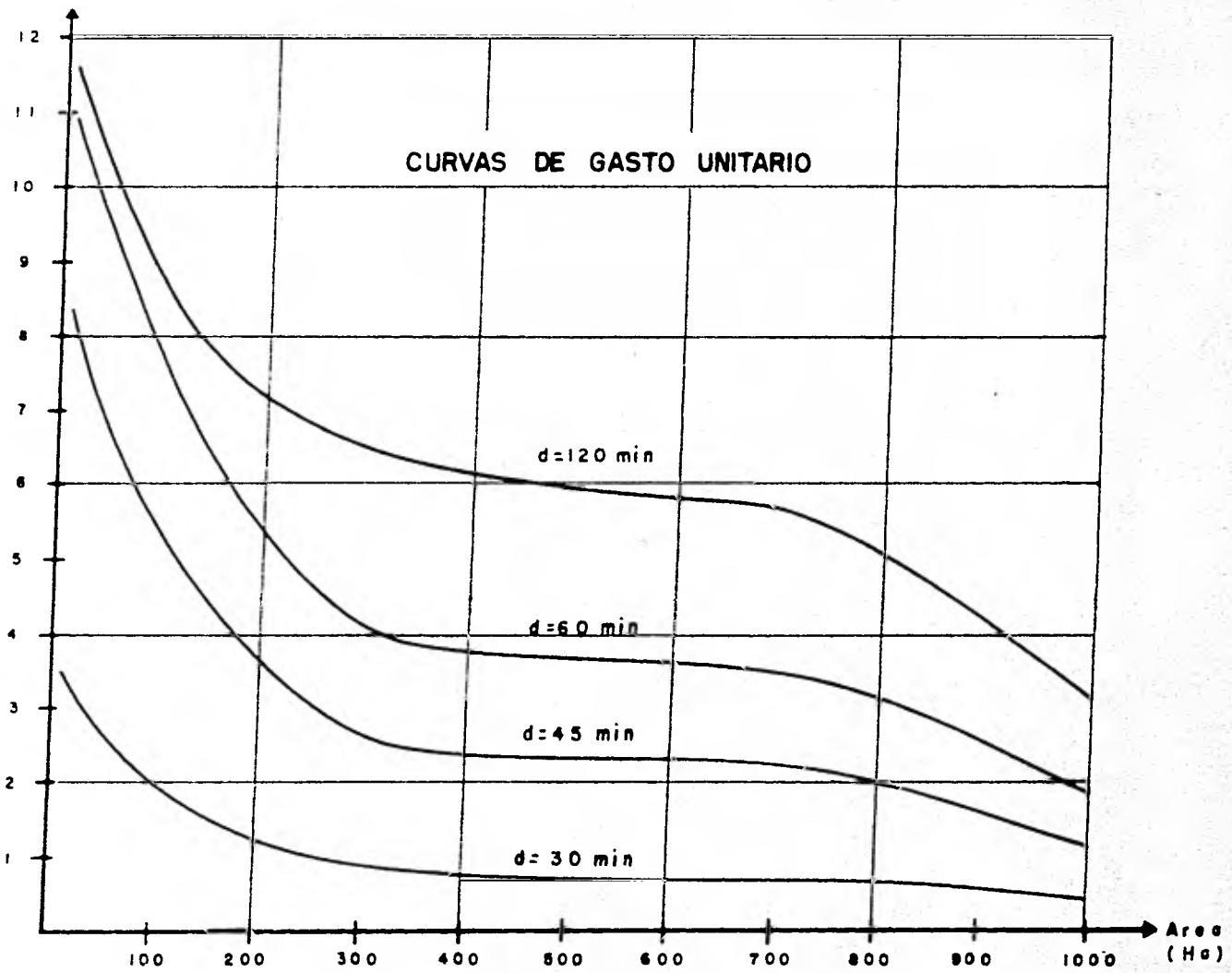
DREN	DURACION Hrs.	INTENSIDAD Cm/Hrs.	P_b	P_{e_b}	X	Y	t_p	d/tp	Z	A (km ²)	Q (m ³ /seg)	C.U.D. (hr/s/ha)	T_r
S E C U N D A R I O Km 2 + 600	0.25	3.300	0.825	0.00001	0.00002	2.608	1.28	0.195	0.16	1.48	0.00001	0.00007	10
	0.50	2.975	1.488	0.0940	0.1870	2.608	1.28	0.391	0.29	1.48	0.209	1.412	A
	0.75	2.660	1.995	0.2620	0.3490	2.608	1.28	0.586	0.43	1.48	0.579	3.912	Ñ
	1.00	2.380	2.380	0.4300	0.4300	2.608	1.28	0.781	0.56	1.48	0.929	6.277	O
	2.00	1.500	3.000	0.7570	0.3780	2.608	1.28	1.563	0.76	1.48	1.109	7.493	S
	3.00	1.010	3.030	0.7740	0.2580	2.608	1.28	2.344	1.00	1.48	0.996	6.730	
S E C U N D A R I O Km 3 + 249	0.25	3.300	0.825	0.00001	0.00002	2.608	4.81	0.052	0.042	10.0	0.00002	0.00002	10
	0.50	2.975	1.488	0.0940	0.187	2.608	4.81	0.104	0.080	10.0	0.390	0.390	A
	0.75	2.660	1.995	0.262	0.349	2.608	4.81	0.156	0.120	10.0	1.092	1.092	Ñ
	1.00	2.380	2.380	0.430	0.430	2.608	4.81	0.208	0.160	10.0	1.794	1.794	O
	2.00	1.500	3.00	0.757	0.378	2.608	4.81	0.416	0.314	10.0	3.095	3.092	S
	3.00	1.010	3.03	0.774	0.258	2.608	4.81	0.624	0.467	10.0	3.142	3.142	

GASTO UNITARIO DE DRENAJE
(METODD DE CHOW)

DREN	DURACION Hrs.	INTENSIDAD Cm/Hrs.	P_b	P_{e_b}	X	Y	t_p	d/tp	Z	A (km ²)	Q (m ³ /seg)	C.U.D. (hr/s/ha)	T_r
S E C U N D A R I O Km 4 + 107	0.25	3.300	0.825	0.00001	0.00002	2.608	0.46	0.543	0.410	0.10	2×10^{-6}	2.2×10^{-4}	10
	0.50	2.975	1.488	0.0940	0.1870	2.608	0.46	1.087	0.700	0.10	0.034	3.414	A
	0.75	2.660	1.995	0.2620	0.3490	2.608	0.46	1.630	0.890	0.10	0.081	8.10	\bar{N}
	1.00	2.380	2.380	0.4300	0.4300	2.608	0.46	2.174	1.000	0.10	0.112	11:20	O
	2.00	1.500	3.000	0.7570	0.3780	2.608	0.46	4.348	1.000	0.10	0.099	9.9	S
	3.00	1.010	3.030	0.7740	0.2580	2.608	0.46	6.522	1.000	0.10	0.067	6.7	
S E C U N D A R I O Km 8 + 471	0.25	3.300	0.825	0.00001	0.00002	2.608	2.41	0.104	0.080	7.21	0.00003	0.000092	10
	0.50	2.975	1.488	0.094	0.187	2.608	2.41	0.207	0.107	7.21	0.376	0.522	A
	0.75	2.660	1.995	0.262	0.349	2.608	2.41	0.311	0.246	7.21	1.614	2.239	\bar{N}
	1.00	2.380	2.380	0.430	0.430	2.608	2.41	0.410	0.310	7.21	2.507	3.486	O
	2.00	1.500	3.000	0.757	0.3778	2.608	2.41	0.830	0.560	7.21	3.980	5.521	S
	3.00	1.010	3.030	0.774	0.2580	2.608	2.41	1.245	0.680	7.21	3.299	4.575	

Q_u (l.p.s./Ha)

CURVAS DE GASTO UNITARIO



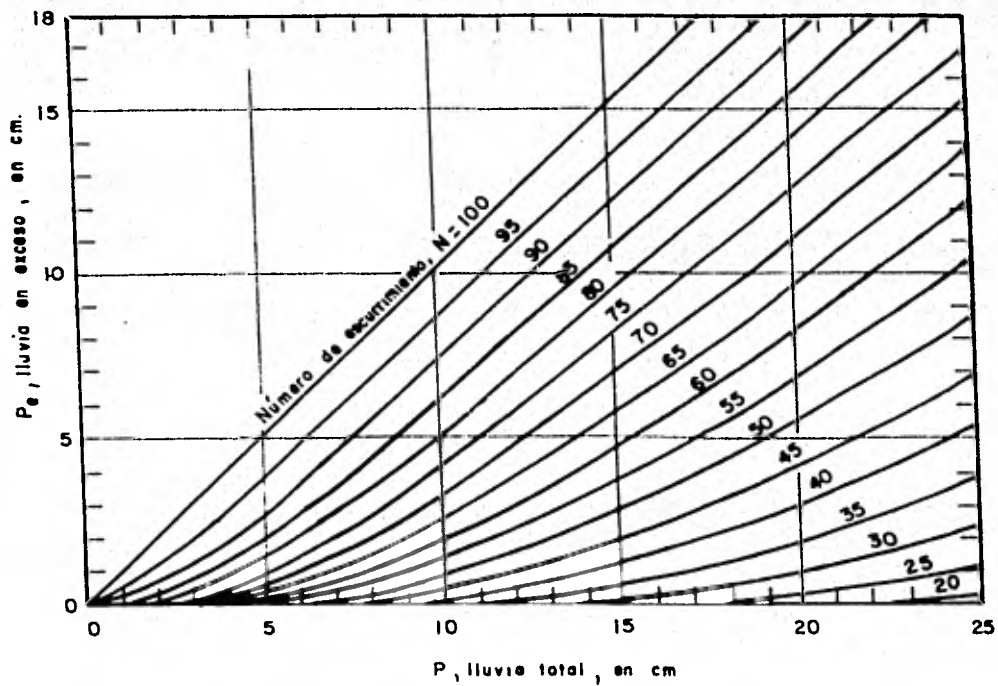


Fig. 1 Relación entre la lluvia total y la lluvia en exceso para diferentes números de escurrimiento.

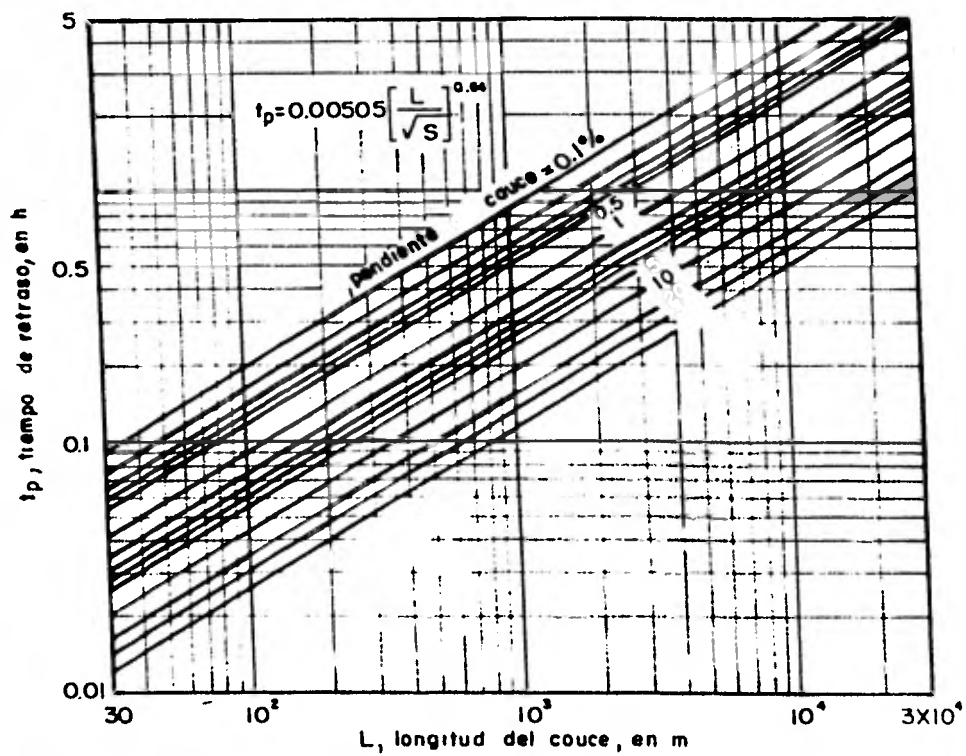


Fig: 2 Determinación del tiempo de retraso

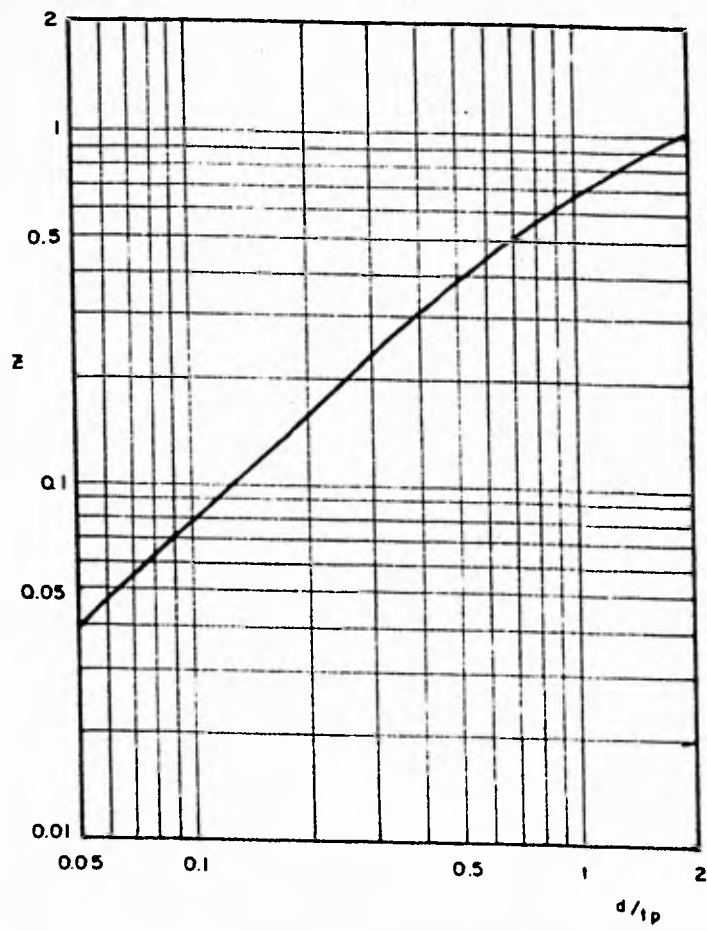


Fig 3 Relacion entre Z y d/tp

Cuadro de descarga.- La capacidad de descarga está en función del área que domine cada dren y el coeficiente unitario de drenaje (C.U.D.)

CUADRO DE DESCARGA

TIPO DE DREN	Km	AREA	C.U.D.	Gasto Requerido	Gasto Adoptado
		HA.	L.P.S./HA.	m ³ /seg.	m ³ /seg.
Secundario	1+049	46-36-00	2.75	0.127	0.130
Secundario	1+369	76-35-00	2.35	0.179	0.180
Secundario	1+747	41-65-00	2.85	0.119	0.120
Secundario	2+093	216-90-00	1.18	0.256	0.260
Secundario	2+600	147-97-50	1.70	0.252	0.260
Secundario	3+091	399-40-00	0.78	0.312	0.320
Secundario *	3+249	2727-88-50	----	1.785	1.900
Secundario	3+600	451-83-00	0.73	0.330	0.340
Secundario	4+108	10-50-00	3.40	0.036	0.040
Secundario	5+020	101-22-00	2.00	0.202	0.210
Secundario	5+100	843-75-00	0.46	0.388	0.390
Secundario	6+347	265-46-00	1.00	0.265	0.270
Secundario	6+603	653-95-00	0.56	0.366	0.370
Secundario	7+488	176-25-00	1.30	0.229	0.230
Secundario	8+471	720-92-00	0.51	0.368	0.370
Secundario	8+890	366-37-00	0.79	0.289	0.300
Secundario Izq.	9+915	492-32-00	0.67	0.330	0.340
Secundario Der.	9+915	260-91-00	1.04	0.271	0.280
GASTO TOTAL :				6.104	6.500

DREN SECUNDARIO * 3+249

TIPO DE DREN	TRAMO		AREA	C.U.D.	Gasto Requerido	Gasto A.
	Km		Ha.	L.P.S./HA	m ³ /seg	m ³ /seg
Secundario	3+249	6+120-10+100	1000-21-00	0.38	0.380	0.390
Ramal (II)	6+120	6+120	586-20-00	0.62	0.363	0.370
Ramal (I)	6+120	6+120	156-42-00	1.37	0.214	0.220
Secundario		0+860-6+120	265-84-00	1.00	0.266	0.270
Ramal	0+860	1+014-3+280	324-32-00	0.82	0.266	0.270
Sub-Ramal	1+014	1+014	394-90-00	0.75	0.296	0.300
GASTO TOTAL :					1.785	1.900

Gasto Total para el diseño del carcamo de bombeo:

$$Q = 6.50 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

NOTA: Los gastos se obtuvieron para un periodo de Retorno (Tr) de 10 años y una duración (d) de 30 minutos.

Diseño hidráulico.- Una vez fijada la capacidad se elige la forma geométrica, generalmente sección trapecial en la que intervienen cinco elementos de diseño.

1) Ancho de plantilla, que se designa "b". La plantilla mínima será de 30 cm. por condiciones de tipo constructivo.

2) Tirante de agua, que se designa "d".

3) Coeficiente de rugosidad, que se designa como "n", al que se le asignan los siguientes valores:

Tepetate, tobas, pizarras, etc.	0.027
Tierra	0.030
Roca	0.033
Revestimiento de mampostería	0.020
Revestimiento de concreto	0.014

Se deberá aumentar "n" cuando existan una reducción en la sección por el crecimiento de plantas o depósitos de azolves.

- 4) La pendiente que se designa como "S" debe ser en general la máxima que permita dominar la mayor parte de tierras y que a la vez, dé valores para que la velocidad no cause erosión del material en que está alojado el dren, ni depósito de -- azolves.

$$S = \frac{\text{elev. superior} - \text{elev. inferior}}{\text{longitud}}$$

Para nuestro caso se usará con pendiente mínima de 0.0003.

- 5) El talud se designa como "K", es la relación de la distancia horizontal al desnivel en las paredes inclinadas, en cada caso éste será dado de acuerdo a los estudios de Méca nica de Suelos. En nuestro caso el talud será 2 : 1.

Radio hidráulico (R). Una vez determinada la "S" y el "n", se puede hacer variar la velocidad cambiando "R", que como se sabe es la relación entre el área hidráulica (A) y el perímetro mojado (P), los cuales dependen de b, d y K.

Bordo Libre (BL). Como margen de seguridad en la operación, es conveniente dejar un desnivel entre la superficie del agua y la corona del bordo. Al desnivel se le llama B.L. y en nuestro-

caso será de 30 cm. en los drenes secundarios y parcelarios.

La velocidad se sujetará a las siguientes condiciones:

a) La velocidad media se determinará por la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} S^{1/2} R^{2/3}$$

b) La velocidad mínima para que no haya depósito de materiales sólidos en suspensión será de 0.30 m/seg.

c) La velocidad máxima dependerá del tipo de suelo en el que se aloje el dren. Para evitar la erosión y con ello poner en peligro la estabilidad del dren, se obtuvo una velocidad máxima de 1.2 m/seg., pero en ningún caso será mayor del 80 % de la velocidad crítica (Vc).

$$V_c = \sqrt{A_c B g}$$

En donde:

A_c : Area hidráulica crítica.

B : Ancho de la superficie libre del dren.

g : Aceleración de la gravedad.

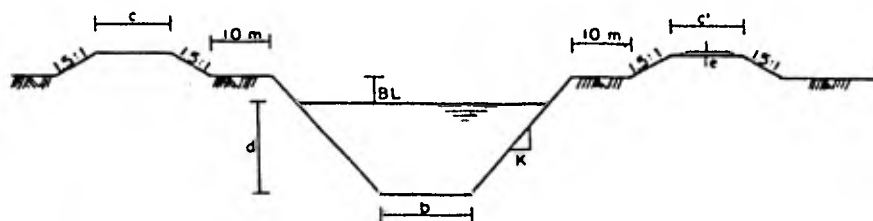
d) Se admitirán velocidades mayores que la crítica únicamente en las rápidas, debiéndose tener cuidado de darle al dren una protección adecuada para evitar que se erosione.

El caudal o gasto será obtenido por la fórmula de continuidad.

$$Q = A V \quad \text{en } m^3/\text{seg.}$$

La profundidad mínima para abatir el nivel freático es de 2.00 m. ya que la profundidad radicular de los cultivos que se recomiendan es de - 1.80 m.

SECCION TIPO



- c': Corona para camino
- c: Corona
- e: Espesor de carpeta

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS DRENES

KILOMETRO TRAJE	Long (m).	ELEVACIONES		Prof. de Exc. (m)	b (m)	d (m)	S	A (m ²)	V (m/s)	Q (m ³ /s)
		T.N. (m)	PLANTILLA (m)							
SECUNDARIO DERECHO 9 + 915										
2 + 600		38.50	35.92	2.51						
0 + 500	2100	36.94	34.94	2.00	0.30	0.60	0.0005	0.9	0.33	0.275
0 + 000	500	37.20	34.69	2.51	0.30	0.60	0.0005	0.9	0.33	0.280
SECUNDARIO IZQUIERDO 9 + 915										
2 + 900		38.10	36.41	1.69						
0 + 500	2400	37.21	35.21	2.00	0.30	0.60	0.0005	0.90	0.33	0.280
0 + 000	500	37.40	35.01	2.39	0.30	0.65	0.0004	1.04	0.32	0.340
SECUNDARIO 8 + 890										
3 + 060		37.02	35.01	2.01						
2 + 220	840	35.67	34.17	1.50	0.30	0.35	0.0010	0.35	0.34	0.100
0 + 000	2220	37.30	33.50	3.80	0.30	0.70	0.0003	1.19	0.30	0.300
SECUNDARIO 8 + 471										
3 + 900		36.46	34.98	1.48						
2 + 800	1100	35.60	34.10	1.50	0.30	0.35	0.0008	0.35	0.31	0.100
0 + 000	2800	37.40	33.26	2.46	0.30	0.75	0.0003	1.35	0.30	0.370
SECUNDARIO 7 + 488										
1 + 800		36.50	34.84	1.66						
1 + 120	680	36.00	34.50	1.50	0.30	0.45	0.0005	0.54	0.30	0.150
0 + 000	1120	37.00	34.05	2.95	0.30	0.60	0.0004	0.90	0.30	0.230
SECUNDARIO 6 + 603										
3 + 140		36.59	34.87	1.72						
1 + 460	1680	36.20	34.20	2.00	0.30	0.55	0.0004	0.77	0.30	0.200
0 + 000	1460	36.31	33.76	2.55	0.30	0.75	0.0003	1.35	0.30	0.370

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS DRENES

KILOMETRO TRAJE	Long (m)	ELEVACIONES		Prof.de Exc. (m)	b (m)	d (m)	S	A (m ²)	V (m/s)	Q (m ³ /s)
		T.N. (m)	PLANTILLA (m)							
SECUNDARIO 6 + 347										
1 + 920		35.40	33.90	1.50						
0 + 000	1920	36.23	33.13	3.10	0.30	0.60	0.0004	0.90	0.30	0.270
SECUNDARIO 5 + 100										
4 + 960		37.75	36.15	1.60						
1 + 300	3660	36.32	34.32	2.00	0.30	0.55	0.0005	0.77	0.32	0.240
0 + 000	1300	36.80	33.93	2.87	0.30	0.75	0.0003	1.35	0.30	0.390
SECUNDARIO 5 + 020										
0 + 580		36.54	34.54	2.00						
0 + 000	580	36.50	34.25	2.25	0.30	0.55	0.0005	0.77	0.32	0.210
SECUNDARIO 4 + 108										
0 + 260		36.74	34.74	2.00						
0 + 000	260	36.55	34.35	2.20	0.30	0.20	0.0015	0.14	0.31	0.042
SECUNDARIO 3 + 600										
2 + 470		38.85	35.88	2.87						
0 + 000	2470	37.00	35.00	2.00	0.30	0.65	0.0004	1.04	0.31	0.340
SUB RAMAL 1 + 014										
2 + 000		37.38	35.19	2.19						
0 + 000	2000	36.39	34.39	2.00	0.30	0.65	0.0004	1.04	0.31	0.300
RAMAL 0 + 860										
3 + 300		38.17	36.02	2.15						
2 + 540	760	36.50	34.50	2.00	0.30	0.35	0.0020	0.35	0.49	0.170
1 + 014	1526	36.42	33.89	2.53	0.30	0.60	0.0004	0.90	0.30	0.270
0 + 000	1014	36.45	33.59	2.86	0.30	0.85	0.0003	1.70	0.32	0.570

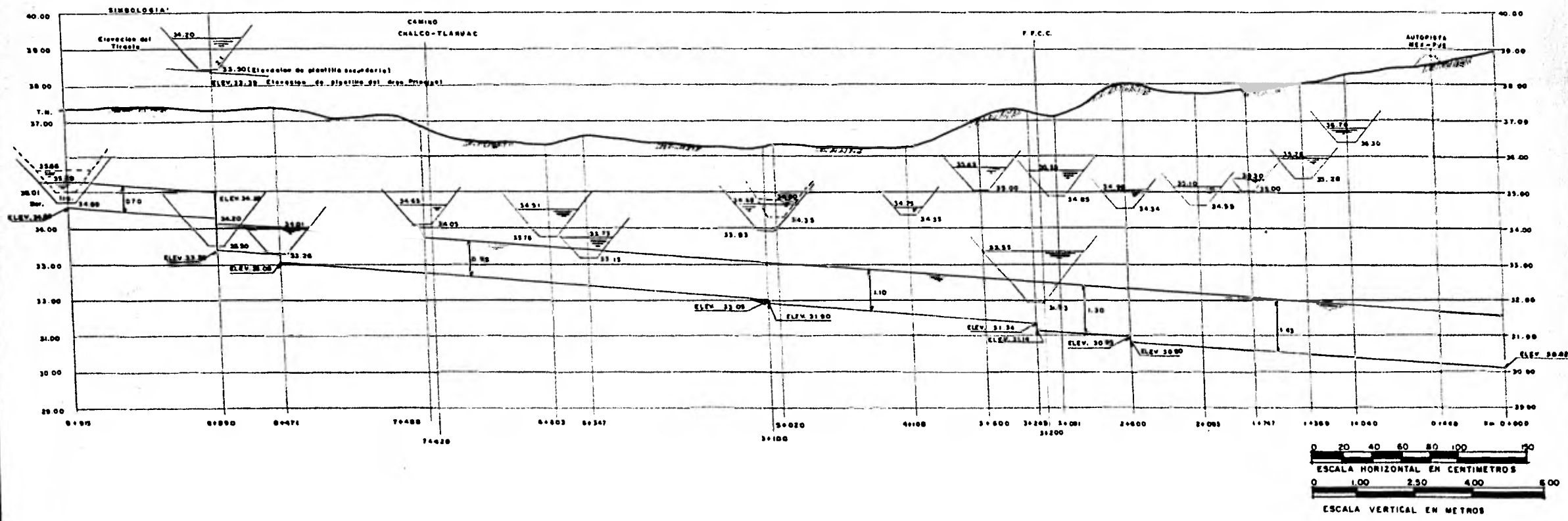
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS DRENES

KILOMETRO TRAJE	Long (m).	ELEVACIONES		Prof.de Exc.	b	d	S	A	V	Q
		T.N.	PLANTILLA							
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m ²)	(m/s)	(m ³ /s)
RAMAL (I) 6 + 120										
1 + 860		37.50	34.90	2.60						
0 + 000	1860	35.97	33.97	2.00	0.30	0.55	0.0005	0.77	0.32	0.220
RAMAL (II) 6 + 120										
3 + 960		40.38	38.38	2.00						
2 + 500	1460	37.50	35.50	2.00	0.30	0.30	0.0020	0.27	0.45	0.120
0 + 000	2500	35.97	34.25	1.72	0.30	0.65	0.0005	1.04	0.35	0.370
SECUNDARIO 3 + 249										
10 + 000		36.67	34.94	1.74						
6 + 120	3880	35.97	33.77	2.20	0.30	0.75	0.0003	1.35	0.30	0.390
0 + 860	5260	36.45	32.19	4.26	0.30	1.20	0.0003	3.24	0.40	1.250
0 + 000	860	37.20	31.93	5.27	0.30	1.40	0.0003	4.24	0.44	1.900
SECUNDARIO 3 + 091										
3 + 860		37.50	36.00	1.50						
0 + 000	3860	37.50	34.85	2.65	0.30	0.70	0.0003	1.19	0.30	0.320
SECUNDARIO 2 + 600										
1 + 740		38.80	36.80	2.00						
0 + 000	1740	36.50	34.54	1.96	0.30	0.45	0.0013	0.54	0.45	0.260
SECUNDARIO 2 + 093										
2 + 420		38.20	36.20	2.00						
0 + 000	2420	37.00	34.55	2.45	0.30	0.55	0.0005	0.77	0.32	0.260
SECUNDARIO 1 + 747										
0 + 500		38.10	36.10	2.00						
0 + 000	500	37.10	35.00	2.00	0.30	0.30	0.0022	0.27	0.47	0.120

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS DRENES

KILOMETRAJE	Long (m)	ELEVACIONES		Prof.de Exc.	b	d	S	A	V	Q
		T.N.	PLANTILLA							
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m ²)	(m/s)	(m ³ /s)
SECUNDARIO 1 + 369										
0 + 940		37.75	35.75	2.00						
0 + 000	940	37.50	35.28	2.22	0.30	0.50	0.0005	0.65	0.30	0.180
SECUNDARIO 1 + 049										
1 + 000		39.50	37.00	2.50						
0 + 000	1000	37.80	36.30	1.50	0.30	0.40	0.0007	0.44	0.31	0.130
DREN PRINCIPAL										
9 + 915		37.30	34.60	2.70						
8 + 890	1,025	37.30	34.29	3.01	1.50	0.70	0.0003	2.03	0.33	0.70
8 + 890		37.30	33.39	3.91	CAIDA DE 0.90 m.					
8 + 471	419	37.40	33.26	4.14	2.00	0.75	0.0003	2.63	0.36	1.00
8 + 471		37.40	33.06	4.34	CAIDA DE 0.20 m					
6 + 603	1,868	36.40	32.50	3.80	2.00	0.95	0.0003	3.07	0.41	1.50
5 + 100	1,503	36.20	32.05	4.15	3.50	0.95	0.0003	5.13	0.44	2.25
5 + 100		36.20	31.90	4.30	CAIDA DE 0.15 m.					
3 + 249	1,851	37.20	31.34	5.86	3.50	1.10	0.0003	6.27	0.47	3.00
3 + 249		37.20	31.14	6.06	CAIDA DE 0.20 m					
2 + 600	649	38.00	30.95	7.05	4.50	1.30	0.0003	9.23	0.54	5.00
2 + 600		38.00	30.80	7.20	CAIDA DE 0.15 m					
0 + 000	2,600	38.80	30.02	8.78	5.00	1.45	0.0003	11.46	0.58	6.50

PERFIL DEL DREN PRINCIPAL



IV. PROYECTO DE RIEGO

Se entiende por Riego a la aplicación uniforme del agua en el suelo en la cantidad y periodicidad correcta y en la forma más conveniente para que el cultivo que ahí se plante produzca el mayor rendimiento - económico con respecto al agua y suelo, sin provocar desperdicios de éstos o deterioro de suelos y cultivos.

La aplicación de volúmenes excesivos de agua de riego provoca elevación del manto freático, creando problemas salinos y/o sódicos, originando la necesidad de un sistema de drenaje, además de presentarse disolución de los nutrientes del suelo; la aplicación de volúmenes escasos violenta el desarrollo vegetativo normal de las plantas.

1.- Sistema de Riego.

Todos los sistemas de riego presentan ventajas y desventajas - al compararse unos con otros, pero cada uno de ellos tiene un rango de aplicación bien definido, por lo que se debe de seleccionar el apropiado de acuerdo con los cultivos, tipos de suelo, cantidad y calidad del agua, estudio económico y social.

1.a. Sistemas existentes:

La aplicación del agua de riego suele llamarse de acuerdo con los modos de hacerla llegar al suelo; estos se clasifican en: Superficiales, Aéreos y Subterráneos.

Métodos Superficiales.

Básicamente consisten en estancar el agua o permitir el flujo de ella continuamente sobre la superficie del suelo durante el tiempo de riego. Los de estancamiento o aniego comprenden a los estanques y estanques en contorno y los de escurrimiento superficial a las amelgas, amelgas en contorno, corrugación y varios tipos de surcos.

Estanques. - Consisten en una rápida aplicación del agua a una área a nivel o aproximadamente a nivel, circundada por bordos, los cuales retienen un tirante uniforme, hasta que la lámina deseada ha tenido la oportunidad de infiltrarse en el suelo.

Estanques en contorno. - Son también llamados diques arroceros o bordos, o curvas a nivel, consisten en aplicar el agua a una área a nivel, a una velocidad mayor que la de infiltración del suelo para cubrir rápidamente el área, esto implica un gasto mayor que el de infiltración; esta es estancada por pequeños diques o bordos construidos sobre el contorno, o curvas de nivel; una vez logrado lo anterior, se drena hacia otros estanques y así hasta regar toda la superficie.

Amelga. - Consiste en aplicar el agua mediante inundación controlada. El terreno por regar se divide en franjas de 8 a 16 m. de ancho separadas por pequeños bordos de tierra de 30 cms. de altura, regándose independientemente unas de otras. A diferencia de los estanques, estas deben te

ner una cierta pendiente en el sentido del riego.

Corrugación.- Se realiza mediante una inundación parcial. El agua no cubre la totalidad del lote, fluye en las depresiones de la corrugación sobre el suelo y derrama lateralmente para regar el área entre corrugaciones.

Surcos.- Son pequeños canales que en la dirección del riego tienen una pendiente uniforme, son usados para cultivos sembrados en hilera con excepción de la cama melonera o surcos alternos que se encargan de dos hileras de cultivos. Los surcos se construyen en diferentes tamaños y figuras dependiendo del cultivo por implantar, el equipo usado y el espacio entre hileras.

Los surcos en contorno son empleados en terrenos con suave declive.

Ventajas:

- a) En superficies planas, cuya preparación es barata, la inversión inicial es baja.
- b) Puede preferirse cuando existe una abundancia de agua y no existe peligro de inundación.
- c) Con grandes caudales y zonas de almacenamiento, el costo de aplicación es bajo.

d) Para ciertas plantas, sobre todo de raíces profundas, puede ser barato, eficiente y fácil de aplicar.

e) De gran uso de campos de césped.

Desventajas:

a) Es necesaria más agua por unidad de área, siendo casi imposible aplicar pequeñas cantidades de ésta.

b) Existe acumulación de agua en el subsuelo, ocasionando alto nivel freático, salinidad y/o sodicidad.

c) En ocasiones la preparación de la tierra es tardada y costosa; - los levantamientos, el movimiento de tierra y nivelación exigen de obra de mano calificada, de no ser así se presentaría una reducción temporal de la fertilidad de los suelos.

d) Es necesaria una vigilancia continua para lograr una distribución uniforme del agua.

Métodos Aéreos.

Dentro de estos y por su aplicación se definen dos tipos:

Riego por Aspersión y Goteo.

Riego por Aspersión.- Es la aplicación del agua sobre la superficie del suelo en una forma parecida a la lluvia; esto se obtiene al impulsar el agua a presión, a través de pequeños orificios o boquillas. Se puede aplicar un gasto calculado, según la capacidad de absorción del suelo, si se selecciona adecuadamente el tamaño de las boquillas, la presión requerida, la altura y el espaciamiento de los aspersores, eliminando de esta manera el escurrimiento y el daño resultante del mismo al terreno y a las plantas. En el inciso "l.c." de este capítulo se describe detalladamente este método.

Riego por Goteo.- Consiste en llevar el agua hasta las raíces de la planta a través de un tubo y hacerla salir en forma de gotas por medio de un dispositivo llamado emisor. De esta manera es posible dar agua a las plantas debidamente dosificada en cantidad y tiempo, lo cual con los métodos tradicionales no es posible económicamente.

Los emisores o goteros se clasifican en dos: de regulación manual y regulación automática. Los de regulación manual trabajan con cargas bajas, requiriendo de mano de obra para la regularización de cada uno de ellos; en ocasiones se presenta desajuste y modificación en el gasto de goteo, teniéndose que regularizar nuevamente. Sus costos de operación son bajos. Los de regulación automática trabajan con cargas hidráulicas de aproximadamente 10 m., con lo que se pueden despreñar los cambios topográficos y las pérdidas por fricción, pero los costos de operación son mayores.

Ventajas:

- a) Se puede usar en suelos de cualquier textura, topografía y clima.
- b) Permite aprovechar aguas con alto contenido de sales solubles.
- c) Ahorro de mano de obra por su fácil operación y la poca incidencia de malas hierbas.
- d) Se logra un gran ahorro de agua de riego.
- e) Permite la aplicación de fertilizantes a través del agua de riego.
- f) Aumenta la producción en cantidad y calidad.

Desventajas:

- a) Tiene un alto costo de inversión inicial.
- b) Requiere de tuberías, goteros y piezas especiales que resistan los agentes del intemperismo.
- c) En algunos cultivos hay posibilidad de mayor incidencia de plagas y enfermedades.
- d) Requiere de una eficiente operación y una conservación adecuada.

- e) Se tienen que utilizar fertilizantes altamente solubles.

Métodos Subterráneos.

Con este método el agua se aplica bajo la superficie del suelo a fin de producir un manto freático artificial sobre capas naturales que evitan una infiltración profunda, en esta forma llega a las raíces de las plantas por capilaridad. Este es apropiado para suelos que poseen textura uniforme y tienen una permeabilidad que permita el movimiento del agua - con rapidez, horizontal y verticalmente hacia dentro y a una distancia - conveniente bajo la zona de las raíces.

Se emplea en suelos con baja capacidad de retención y alto grado de captación del agua, o cuando los sistemas de riego superficial no pueden utilizarse y los métodos de aspersión y goteo resulten excesivos.

Ventajas:

- a) Menor necesidad de mano de obra.
- b) El sistema proporciona a la vez drenaje y riego.
- c) Menos necesidad de conservación.
- d) No se retrasan las prácticas de cultivo a causa del riego.

- e) Hay poca o ninguna disolución de elementos nutritivos de la zona ocupada por las raíces de las plantas.

Desventajas:

- a) Debe existir un estrato impermeable o un manto freático permanente, a una profundidad relativamente reducida para prevenir pérdidas excesivas por infiltración.
- b) Topografía casi plana.
- c) Suelos con alta conductividad hidráulica, con el fin de que se pueda lograr un buen drenaje y una subirrigación satisfactoria, con un espaciamiento razonable de los drenes o de las líneas de la tubería.
- d) El agua con alto grado de salinidad no debe utilizarse.
- e) Las plantas de raíz profunda no se prestan al riego bajo el suelo.

1.b Elección del Método.

La selección del método de riego apropiado es vital para la planeación de las características de operación de los sistemas de riego en relación con factores como: Propiedades del suelo, posibilidad de nivelación, condiciones de drenaje y salinidad, disponibilidad de agua, dimensiones de

lote o parcela, requerimiento o necesidades de los cultivos, prácticas - agrícolas de los usuarios, etc., son los factores que limitan la elección de un método.

A continuación se presentan los factores existentes en la zona:

- a) Los suelos son franco-arcillo-arenosos en su gran mayoría, con una permeabilidad moderada en seco y nula en saturado.
- b) Topografía irregular.
- c) El drenaje es eficiente y no existe salinidad, esto se logrará - con la realización del proyecto de drenaje y un lavado de las tierras.
- d) El agua que se utilizará para el riego será la residual de la ciudad de México, con un previo tratamiento y el aprovechamiento del río Amecameca.
- e) Debido a la tenencia de la tierra (ejidal en su mayoría) no existe problema en la lotificación, adaptándose a los requerimientos del proyecto.
- f) De acuerdo con las necesidades de la zona, tipo de suelo, profun-

didad radicular, resistencia al sodio y sales, se recomiendan cultivos básicos para la alimentación humana (maíz, espinaca, acelga, lechuga, col y otros) y cultivos forrajeros (alfalfa, remolacha forrajera y pastizales).

g) Los cultivos actuales son de temporal y en algunos casos de riego por superficie.

De acuerdo con los factores antes mencionados y los métodos de riego que se utilizarán serán el de ASPERSION y el SUPERFICIAL (gravedad por surcos). Se describirá el método de Aspersión para los cultivos de alfalfa y pastizales.

1.c Descripción del método elegido.

El método de riego por aspersión, es la aplicación del agua sobre la superficie del suelo en forma de lluvia artificial.

Este se adapta a la mayoría de los cultivos y suelos susceptibles de riego, la adaptabilidad de los equipos actuales y el control eficiente en su aplicación, hacen que sea el indicado para la mayoría de las condiciones topográficas y climatológicas.

La aspersión se obtiene al impulsar el agua a presión a través de pequeños orificios o boquillas. Generalmente la presión se obtiene por

bombeo, aunque se puede lograr por gravedad si la fuente de abastecimiento es elevada en relación con el área por regar.

El sistema de aspersión está formado generalmente por cuatro partes: Aspersores, Tuberías, Planta de bombeo y equipo para eliminar sedimentos.

Aspersores.- Estos pueden girar o permanecer fijos, los de giro pueden adaptarse a un amplio rango de espaciamiento y aplicación, son eficientes con presiones de 1.03 a 7.07 kg/cm², los más usuales van de 1.75 a 4.25 kg/cm².

Entre los aspersores tenemos: el de giro lento (son los más usados), el movimiento se consigue mediante golpes leves imprimidos a un brazo de palanca que por oscilación entra y sale de la trayectoria del chorro del agua, esto se logra mediante un resorte que causa una ligera rotación del aspersor. Giro por reacción, tienen la boquilla orientada en tal forma que la reacción del chorro los hace girar, la superficie cubierta no es grande debido a la rotación rápida. Boquilla fija, se utilizan para prados, jardines y huertos jóvenes, cuando los árboles no tienen todavía un sistema radicular extenso.

Hay centenares de aspersores de varios tipos y fundamentalmente todos se sirven de una o más formas para cubrir con agua pulverizada una

cierta extensión de terreno.

Tuberías.- Se clasifican en dos tipos: principales y laterales. Las principales conducen el agua de la fuente de abastecimiento a los diversos puntos del campo a regar. Los laterales salen del principal y entregan el agua a los aspersores. Los aspersores en un lateral pueden variar en número de más de 30. Ambos tipos de tuberías pueden ser permanentes o portátiles.

Las permanentes se fabrican de acero, asbesto-cemento y P.V.C., estas comunmente se entierran para que no interfieran las operaciones.

Las portátiles se fabrican de aluminio y se equipan generalmente con mecanismos de acople rápido.

Planta de bombeo.- Algunas veces la pendiente del terreno es suficiente para proveer por gravedad la presión requerida, otras se utiliza una planta central de bombeo, para un número de sistemas de aspersión. Sin embargo, generalmente la presión debe proveerse por medio de una planta de bombeo para cada sistema.

La planta de bombeo comunmente consiste de una bomba centrífuga horizontal o tipo vertical, una unidad motriz, una línea de succión y una válvula de pie. Se utiliza generalmente una bomba centrífuga horizontal,

en donde la distancia de la entrada de la bomba y la superficie libre del agua es menor a 4.50 m.; se puede emplear este equipo para obtener el agua de canales, regaderas, drenes, lagos, etc...

Si la distancia a la superficie libre del agua es mayor de -- 4.50 m. o si el nivel del agua fluctúa grandemente, es recomendable la bomba tipo vertical.

La unidad motriz puede ser un motor eléctrico o de combustión interna que queme gasolina, diesel, aceite, gas natural o butano.

Equipo para eliminar sedimentos.- Este equipo es necesario para casi todos aquellos sistemas que obtienen el agua de corrientes, presas, canales u otra fuente superficial, cuando el agua se obtiene de pozos este equipo generalmente no es necesario.

Es importante mantener un sistema libre de arenas, semillas, hierbas, hojas, ramas, lama y otros tipos de suciedad que pueden taponar los aspersores.

Dentro del riego por aspersión se pueden utilizar diferentes sistemas, de acuerdo con las necesidades y características del lugar. A continuación se describen las existentes:

Sistema portátil.- Todos sus elementos como bomba, tuberías, aspersores y piezas especiales pueden ser transportados de un lugar a otro según las necesidades. La fuente de abastecimiento es un río o un canal.

Este sistema se utiliza especialmente para riego de auxilio o en lugares en donde se puede agotar la fuente de abastecimiento y poder rescatar el equipo. Las tuberías se fabrican de aluminio y con mecanismos de acople rápido.

Sistema semi-portátil.- Es el que tiene el equipo de bombeo fijo y líneas de conducción y principal enterradas; en esta última se instalan coples - tee de fierro fundido que conectan a niples de fierro galvanizados para dejar hidrantes a intervalos regulares, para conectar con acoplamiento rápido las líneas laterales y secundarias de aluminio.

Sistema fijo.- Tiene todos sus elementos fijos, únicamente los aspersores pueden moverse o no; se utiliza para cultivos altamente remunerados, como hortalizas, árboles frutales, plantas ornamentales, pastos de parques y jardines. Reduce mano de obra en su operación.

Sistemas mecanizados.- El incremento de problemas debido al alto costo y la escasez de obra de mano, han motivado el desarrollo de varios sistemas para moverlos mecánicamente.

Estos sistemas varían en el método básico de operación, grado de trabajo economizado, costo por hectárea y adaptabilidad de ciertos cultivos, suelos, terrenos y condiciones climáticas.

Los diversos sistemas que ahora se pueden utilizar se clasifican en tres categorías:

- Sistema lateral con ruedas.
- Sistema de pivote central.
- Aspersores viajeros.

Ventajas y desventajas del Riego por Aspersión:

Ventajas:

- a) Provee un control sobre la cantidad y velocidad de infiltración del agua. Los sistemas son adaptables a:
 - Suelos de todas clases.
 - Cultivos que requieren riegos ligeros y frecuentes.
 - Suelos con capacidad de retención baja.
 - Areas con manto freático superficiales.
- b) La erosión puede ser controlada.

- c) Pueden ser aplicados fertilizantes solubles.
- d) Se pueden utilizar pequeños caudales.
- e) El daño a los cultivos por heladas o calor, pueden ser reducidos o eliminados.
- f) La acumulación de sales en la superficie de suelo es reducida.

Desventajas:

- a) Los vientos distorsionan la distribución del agua.
- b) Existen fuertes pérdidas por evaporación.
- c) Alto costo inicial.
- d) Si los suelos son arcillosos puede dificultarse el movimiento de equipo.
- e) Es necesaria una vigilancia constante.

2.- Planeación

A continuación se describe el procedimiento que se usará en la planeación del sistema de riego por aspersión (semí-fijo).

2.1 Evaluación.- Se evalúan los recursos disponibles, las condiciones de operación y los datos de proyecto.

2.2 Uso consuntivo.- Se define como uso consuntivo del agua o uso de -- agua por las plantas, a la cantidad de agua usada por ellas en la construcción de sus tejidos, la transpiración y la evaporación en la superficie del suelo, sobre la que se desarrolla.

Uso de agua por la planta = Agua usada en la construcción de tejidos + transpiración + evaporación.

También se utiliza el término evapotranspiración para determinar los dos últimos conceptos, considerando que son los más importantes, ya que el 99% del consumo del agua por la planta se debe a ellos.

La transpiración es el proceso por el cual el vapor de agua se desprende de las plantas, pasando a la atmósfera. Durante el período de desarrollo de un cultivo hay un continuo movimiento del agua de riego que

pasa desde el suelo al interior de las raíces, sube por el tallo y sale por las hojas de las plantas.

La evaporación es el fenómeno mediante el cual el agua retenida por las hojas, así como la que existe en la superficie del suelo, es evaporada.

Las plantas retienen solo una pequeña parte del agua que absorben las raíces; si la velocidad de evapotranspiración excede a la de absorción de las raíces se inicia el proceso de marchitamiento.

Las necesidades de agua de una planta dependen de la energía en la atmósfera o sea la luminosidad, el viento, humedad relativa y temperatura; de la energía del agua en el suelo y del tipo de cultivo.

Los factores atmosféricos influyen en el uso del agua por planta, dependiendo del clima de la región. La temperatura y humedad afectan al uso consuntivo (U.C.), directa e inversamente proporcional respectivamente; el viento favorece la evaporación y la luminosidad influye en el foto-período de la planta, alterando por lo mismo los valores del U.C. en función de su intensidad, calidad y duración.

En relación a la influencia del esfuerzo de humedad del suelo en el uso del agua por la planta, este es inversamente proporcional al U.C.

Por lo que respecta al cultivo, influye el período vegetativo ya que la superficie de transpiración que presentan las hojas, el desarrollo radicular y los diferentes factores fisiológicos y morfológicos varían con el tipo de planta y de los que dependen la transpiración y la absorción del agua.

Para la determinación del uso consuntivo o evapotranspiración es necesario contar con equipo adecuado de laboratorio y muestras del suelo por regar, durante el período vegetativo del cultivo; sin embargo se han desarrollado métodos empíricos como el de Harry F. Blaney y W.D. Cridle que relacionan la temperatura media de un lugar con la luminosidad y la evapotranspiración; además introducen un factor de corrección que depende de la época de desarrollo de la planta y del cultivo considerado, éste método será utilizado para el cálculo del uso consuntivo y la fórmula que definieron es:

$$U.C. = F K_c K_t$$

U.C. = Uso consuntivo en el ciclo de desarrollo (Cm)

F = Factor de temperatura y luminosidad; suma de los f mensuales.

f = Factor de temperatura - luminosidad para el período deseado.

$$f = P \frac{(t + 17.8)}{21.8}$$

t = Temperatura media para el período °c

P = Porcentaje de horas luz para el período, respecto al total anual (ver tabla I).

K_c = Coeficiente de corrección que depende del cultivo y época de desarrollo. (ver tabla II).

K_t = Factor de temperatura para ajustar convenientemente la relación temperatura - evapotranspiración.

K_t = 0.0311t + 0.240

Sumando los usos consuntivos de cada período se obtiene el uso consuntivo teórico en el ciclo de desarrollo de la planta. Estos se tienen que ajustar de la siguiente manera:

U.C.A. = C x U.C.T.

U.C.A. = Uso consuntivo ajustado.

U.C.T. = Suma de los usos consuntivos teóricos parciales.

C = Coeficiente de corrección.

$$C = \frac{K F}{U.C.T.}$$

K = Coeficiente global de uso consuntivo, el cual fija los límites probables de variación, los valores varían según la región, los menores para zonas húmedas o semi-húmedas y los mayores para áridos y semi-áridos. (ver tabla II).

A continuación se describen las tablas para la determinación de los diferentes factores que intervienen en el Uso Consuntivo.

T A B L A I

PORCENTAJE DE HORAS-LUZ EN EL DIA PARA CADA MES
DEL AÑO EN RELACION AL NUMERO TOTAL EN UN AÑO.

LATITUD NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	8.32	7.57	8.47	8.29	8.65	8.41	8.67	8.60	8.23	8.42	8.07	8.30
10	8.13	7.47	8.45	8.37	8.81	8.60	8.86	8.71	8.25	8.34	7.91	8.10
15	7.94	7.36	8.43	8.44	8.98	8.80	9.05	8.83	8.28	8.20	7.75	7.88
16	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	9.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21	7.71	7.24	8.40	8.54	9.13	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22	7.66	7.21	8.40	8.56	9.22	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

CONTINUACION T A B L A I

LATITUD SUR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	8.68	7.76	8.51	8.15	8.34	8.05	8.33	8.38	8.19	8.56	8.37	8.68
10	8.86	7.87	8.53	8.09	8.18	7.86	8.14	8.27	8.17	8.62	8.53	8.88
15	9.05	7.98	8.55	8.02	8.02	7.65	7.95	8.15	8.15	8.63	8.70	9.10
20	9.24	8.09	8.57	7.94	7.85	7.43	7.76	8.03	8.13	8.76	8.87	9.33
25	9.46	8.21	8.60	7.84	7.66	7.20	7.54	7.90	8.11	8.86	9.04	9.58
30	9.70	8.33	8.62	7.73	7.45	6.96	7.35	7.76	8.07	8.97	9.24	9.85
32	9.81	8.39	8.63	7.69	7.36	6.85	7.21	7.70	8.06	9.01	9.33	9.96
34	9.92	8.45	8.64	7.64	7.27	6.74	7.10	7.63	8.05	9.06	9.42	10.08
36	10.03	8.51	8.65	7.59	7.18	6.62	6.99	6.56	8.04	9.11	9.51	10.21
38	10.15	8.57	8.66	7.54	7.08	6.50	6.87	7.49	8.03	9.16	9.61	10.34
40	10.27	8.63	8.67	7.49	6.97	6.37	6.76	7.41	8.02	9.21	9.71	10.49
42	10.40	8.70	8.68	7.44	6.85	6.28	6.64	7.33	8.01	9.26	9.82	10.64
44	10.54	8.78	8.69	7.38	6.73	6.08	6.51	7.25	7.99	9.31	9.94	10.80
46	10.69	8.86	8.70	7.32	6.61	5.02	6.37	7.16	7.96	9.37	10.07	10.97

NOTA: Con la coordenada de la latitud del sitio del proyecto se obtienen los porcentajes de hora-luz, pudiendo interpolar si el caso lo requiere.

TABLA II

**COEFICIENTES GLOBALES Y DESARROLLO
DEL USO CONSUNTIVO PARA DIFERENTES CULTIVOS**

CULTIVO	K	Periodo Ingresos Ingresos	COEFICIENTE DE DESARROLLO											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AGUACATE	0.50	PERENE	0.280	0.425	0.575	0.700	0.775	0.800	0.800	0.700	0.637	0.550	0.425	0.320
	0.55													
ALFALFA	0.50	PERENE	0.540	0.740	0.860	1.000	1.100	1.140	1.120	1.080	1.000	0.900	0.780	0.650
ALGODON	0.60	6	0.225	0.405	0.552	1.013	0.877	0.607						
	0.55	7	0.225	0.391	0.520	0.945	1.000	0.822	0.630					
PASTOS	0.75	PERENE	0.250	0.375	0.550	0.920	0.850	0.950	0.950	0.920	0.825	0.700	0.550	0.390
SANDIA MELON CALABAZA PEPINO	0.60	4	0.520	0.730	0.780	0.720								
		5	0.505	0.643	0.605	0.775	0.710							
		6	0.495	0.500	0.770	0.605	0.755	0.700						
FRIJOL, CHAYOTE CHILE, NABA, LENTEJA, BARBAZCO EJOTE, MOSTAZA	0.60	3	0.575	1.125	0.575									
	0.70	4	0.530	1.012	1.102	0.787								
HUERTOS CITRICO	0.50	PERENE	0.523	0.950	0.674	0.884	0.714	0.714	0.714	0.706	0.684	0.674	0.654	0.643
HUERTOS DE PLANTAS CARNAS (MORCILLA)	0.50	PERENE	0.535	0.754	0.673	0.882	1.091	1.131	1.111	1.055	1.000	0.893	0.774	0.655
HUERTOS DE PLANTAS CARNAS (MORCILLA)	0.60	PERENE	0.165	0.250	0.397	0.635	0.692	0.964	0.952	0.821	0.516	0.297	0.195	0.155
PAPA	0.65	3	0.460	1.175	1.375									
		4	0.425	0.940	1.340	1.340								
	0.75	5	0.400	0.740	1.180	1.390	1.310							
MAIZ (Grano)	0.75	3	0.540	1.050	0.980									
		4	0.500	0.885	1.050	0.942								
	0.85	5	0.480	0.720	1.050	1.050	0.942							
		6	0.480	0.630	0.843	1.080	1.040	0.920						
		7	0.460	0.590	0.800	1.000	1.070	1.020	0.915					
	8	0.462	0.550	0.740	0.970	1.080	1.060	1.000	0.812					
MAIZ (Ensilado)	0.60	4	0.465	0.740	1.050	1.020								
		5	0.480	0.645	0.855	1.050	1.020							
	0.70	6	0.480	0.590	0.825	1.050	1.060	1.000						
		7	0.470	0.550	0.700	0.840	1.080	1.020	1.000					
SORGO EN GRANO	0.70	4	0.425	0.970	0.960	0.885								
	0.80	5	0.400	0.825	1.070	0.880	0.840							
TRIGO ALPISTE	0.75	4	0.400	1.200	1.330	1.020								
		5	0.370	0.914	1.512	1.372	0.843							
	0.85	6	0.340	0.743	1.14	1.600	1.457	0.865						
TRIGO DE INVIERNO	0.75	4	1.165	1.514	1.425	1.000								
		5	1.045	1.514	1.485	1.175	0.842							
	0.85	6	0.950	1.514	1.510	1.457	1.330	1.070						
		7	0.857	1.455	1.497	1.485	1.400	1.283	0.772					
VERDOLABA, COL ACELSA, PEREJIL ZANAHORIA, BERRO LECHUGA, RABANO CAMOTE	0.60	2	0.900	1.010										
		3	0.775	1.080	0.920									
		4	0.710	1.020	1.070	0.870								
		5	0.670	0.980	1.080	1.060	0.830							

2.3 Lámina de Riego. - Es el espesor máximo de agua que se le puede aplicar a un suelo para humedecerlo sin que esta se desperdicie; en la obtención de dicha lámina es necesario obtener unas constantes de humedad.

$L = C (C.C. - P.M.P.) \times D.A. \times P.r.$

L = Lámina de riego (cm).

K = Coeficiente que afecta la humedad aprovechable; es recomendable usar valores de 0.70 a 0.80 de acuerdo al suelo.

C.C. = Capacidad de Campo; es el contenido de humedad de un suelo, después de un riego pesado, una vez que se ha eliminado el exceso de agua por 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 se puede recuperar en una atmósfera saturada.

H.A. = $C.C. - P.M.P.$; Humedad Aprovechable. (cm^3/gr).

D.A. = Densidad Aparente; es la relación que existe entre el peso de un suelo seco y el volumen total, incluyendo poros. (gr/cm^3).

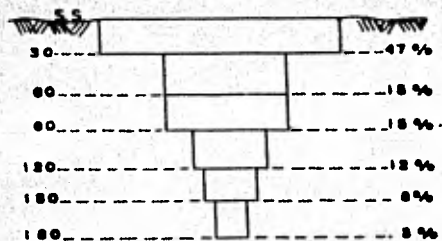
P.r. = Profundidad radicular; es la que se considere para que el cultivo pueda extraer agua en mayor proporción. (cm)

C = Coeficiente de efectividad

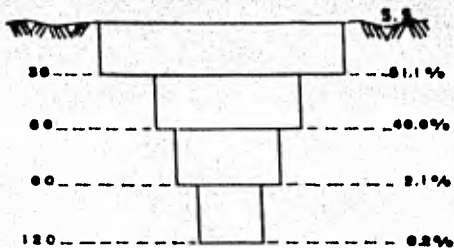
$$C = \left(\frac{\text{Porciento de la P.r. del estrato dado}}{\text{Porciento de la P.r. del primer estrato}} \right) K$$

En esta fórmula deberá utilizarse para cada estrato que se desee humedecer, siendo la lámina total de riego la suma de las láminas - parciales obtenidas.

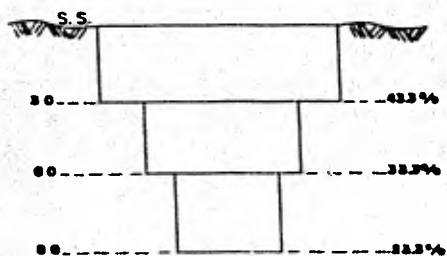
MODELOS DE EXTRACCION DE HUMEDAD



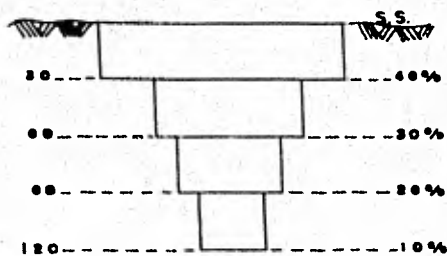
Alfalfa en suelo profundo



Alfalfa en suelo restringido



Pastos

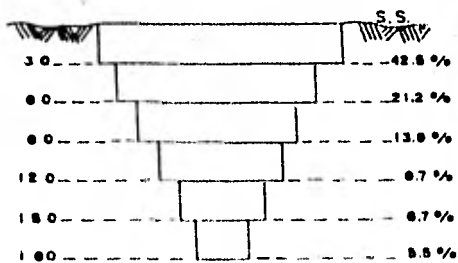


Algodón

S.S.: Superficie del Suelo



Sorgo de grano



Trigo

PROFUNDIDAD RADICULAR DE LOS CULTIVOS PRINCIPALES

CULTIVO	P.r. (metros)
Alcachofa	1.20
Alfalfa	1.50 - 3.00
Algodón	1.20 - 1.80
Betabel	0.60 - 0.90
Cacahuate	0.60
Calabacita	0.90
Calabazas	1.80
Camote	1.80
Caña de azúcar	1.00
Cebollas	0.45
Cereales de grano pequeño: (trigo, cebada, etc..)	1.20
Cítricos	1.20 - 1.80
Col	0.60
Coliflor	0.60
Chicharos	0.90 - 1.20
Espárrago	1.80 - 3.00
Espinacas	0.60
Frambuesa y zarzamora	1.20 - 1.80
Fresas	0.90 - 1.20
Frijol	0.90
Frutales de hojas caedizas	1.80 - 2.40
Jitomate	1.80 - 3.00
Lechuga	0.30 - 0.45
Maíz dulce	0.90
Maíz grano	1.20 - 1.50
Melón ordinario	1.20 - 1.50
Melón cantaloupe	1.20 - 1.80
Nabo	0.90
Nueces, avellano	1.20 - 1.80
Nueces, nogal	3.60
Papas	0.90 - 1.20
Pastizal	0.90
Pepinos	0.60 - 0.90
Rabanos	0.30 - 0.45
Remolacha azucarera	1.20 - 1.80
Sandía	1.80
Sorgo	1.20
Soya	0.90 - 1.20
Tabaco	1.20
Vid	1.50 - 3.00
Zacates forrajeros	0.90 - 1.20
Zanahoria	0.60 - 0.90

Cuando exista salinidad es necesaria la aplicación de una lámina de sobrerriego, adicional a la antes calculada; ésta se obtiene de la forma siguiente:

$$\text{L.S.R.} = \frac{\text{C.R.}}{\text{C.D.} - \text{C.R.}} \quad \text{U.C.D.}$$

L.S.R. = Lámina de Sobrerriego (cm).

C.R. = Conductividad eléctrica del agua de riego (milimhos/cm).

C.D. = Conductividad tolerada por el cultivo (milimhos/cm).

U.C.D. = Uso Consuntivo Diario (cm).

2.4 Frecuencia de Riego. - Es el número de días que deben transcurrir entre cada aplicación de agua, dependiendo del consumo en los cultivos y de la humedad en la zona de la raíz. Los días o intervalos se obtienen para el consumo mayor de humedad, cualquiera que sea el cultivo.

$$m = \frac{L}{\text{U.C.D.}}$$

m = Intervalo o frecuencia, en días.

L = Lámina total de retención del terreno, en milímetros.

U.C.D. = Uso Consuntivo máximo Diario, en milímetros por día.

2.5 Ley de Demandas. - Las demandas de riego se pueden expresar en función de la lámina bruta de riego o de el volumen, para cada uno de los meses del ciclo vegetativo del cultivo o cultivos considerados.

Al hablar del consumo de agua de las plantas, se tiene que mencionar la que aporta la lluvia; a la parte del agua aprovechada por la planta de la precipitación pluvial se le llama lluvia efectiva. La estimación del volumen aportado por esta, es muy difícil de determinar, pues depende de muchos factores como: cubierta vegetal, textura, compactación del terreno, - pendiente de éste, duración de la lluvia, intensidad, etc..

El criterio que se usará para la determinación de la lluvia efectiva es el que proponen Prescott y Anderson, quienes de acuerdo a su experiencia estimaron que puede considerarse como el 80% de los valores mensuales de la precipitación probable (P.P.), a ésta se le afecta con un coeficiente de infiltración y escurrimiento del 75% y esta será el valor de la precipitación efectiva, siempre y cuando estas sean superiores al valor obtenido por la ecuación:

$$P = 0.90 E^{0.75}$$

P = Precipitación

E = Evaporación

Si estos valores son menores a los dados por la ecuación anterior se considera que la lluvia no es significativa en el proceso de evapotranspiración.

Se entiende por demanda de riego a la cantidad de agua que requiere

re el cultivo para satisfacer sus necesidades hídricas en los períodos de su ciclo vegetativo. Las demandas se expresan en láminas brutas o en volumen y dependen del uso consuntivo, de la lluvia efectiva y de la eficiencia del riego.

La lámina bruta se expresa como:

$$L.B. = \frac{U.C.A. - P.E.}{E}$$

L.B. = Lámina Bruta

U.C.A. = Uso Consuntivo mensual Ajustado

P.E. = Lluvia efectiva

E = Eficiencia del sistema de riego

2.6 Eficiencia de Riego.- Se denomina eficiencia de riego de un sistema, a la relación que existe entre el volumen usado por las plantas (evapotranspiración) y el volumen derivado de la fuente de abastecimiento más el aportado por la lluvia efectiva.

En función de la velocidad del viento, lámina neta y el uso consuntivo diario se obtiene la eficiencia para el período de máxima demanda, en función de la siguiente tabla:

EFICIENCIA DE APLICACION DE AGUA

Lámina de riego en cm.	Uso consuntivo en mm/día		
	5.00 o menos	5.00 a 7.60	7.60 o más
Velocidad del viento menos de 6.4 km/hora			
2.50	68%	65%	62%
5.00	70%	68%	65%
10.00	75%	70%	68%
15.00	80%	75%	70%
Velocidad del viento de 6.4 a 16.0 km/hora			
2.50	65%	62%	60%
5.00	68%	65%	62%
10.00	70%	68%	65%
15.00	75%	70%	68%
Velocidad del viento de 16.0 a 24.0 km/hora			
2.50	62%	60%	58%
5.00	65%	62%	60%
10.00	68%	65%	62%
15.00	70%	68%	65%

Si la eficiencia obtenida de la tabla anterior es baja, se impondrán condiciones con la finalidad de mejorarla.

a) La separación de aspersores y laterales nos deben proporcionar un coeficiente de uniformidad (C.U.) del 80% o más; para poder lograr esto y en función de la velocidad del viento y diámetro de cobertura se tomará como máximo espaciamiento el que se presenta en la siguiente tabla:

Velocidad del viento	Separación
0 a 11 km/hora	40% entre aspersores 65% entre laterales
11 a 16 km/hora	40% entre aspersores 60% entre laterales
16 a 32 km/hora	30% entre aspersores 50% entre laterales

b) Se deberán reducir las pérdidas en el lateral en un 10% de la carga de operación del aspersor, con lo que la eficiencia aumenta en 1.2%

c) La operación de los laterales y aspersores será alternando posiciones en dos riegos consecutivos.

Con ello el coeficiente de uniformidad para las posiciones alteradas será:

$$\text{C.U. mejorado} = 10 \sqrt{\text{c.u.}} = 10 \sqrt{80} = 89.44$$

Llevando a cabo las condiciones anteriores obtendremos una eficiencia mejorada que se consigue de la siguiente forma:

$$\text{Eficiencia mejorada (Em)} = \text{Eficiencia promedio (Ep)} \times \frac{\text{C.U. mejorado}}{\text{promedio de C.U.}} + 1.2$$

2.7 Intensidad de Riego.- Es la energía que necesita proporcionar el aspersor en un tiempo dado. Generalmente se fijan las horas diarias de riego conforme al tiempo que el usuario pueda trabajar y las exigencias del cultivo.

$$I.r. = \frac{m \times U.C.D.}{T_p \times E}$$

I.r. = Intensidad de riego, en mm/hora

m = Frecuencia en días

U.C.D.= Uso Consuntivo Diario, en mm/día

T_p = Tiempo de riego por posición lateral, en horas

E = Eficiencia de riego, en porcentaje

2.8 Selección de Aspersores.- Para hacer una elección adecuada se deben tener en cuenta diferentes factores que afectan su funcionamiento.

a) Presión.- Los aspersores deben funcionar dentro de los límites especificados de presión para asegurar un modelo óptimo de distribución. Una presión excesiva causa desgaste, pulverización del chorro, disminución del alcance y exceso de agua en las cercanías. Bajas presiones originan inadecuada división del chorro y con ello círculos de distintas intensidades.

Comercialmente se pueden clasificar como:

Presión baja.- 20 a 35 p.s.i. (para utilizarse en follajes bajos, se aconseja usarla de 25 a 30 p.s.i. para una mejor uniformidad y con una separación máxima de 7.00 m.).

Presión media.-35 a 65 p.s.i. (para cultivos anuales de desarrollo aéreo sembrados en surco, con una separación de 30' x 50' como máximo).

Presión alta.- 70 a 120 p.s.i. (para cultivos como caña de azúcar, pudiendo emplearse de 150' a 200' entre laterales).

Las caídas de presión no deben exceder en un 20% de la presión media, con la finalidad de que la diferencia de descarga entre el primero y el último aspersor no sea mayor que un 10%

b) Superposición y espaciamento.- Debido a su movimiento giratorio, distribuyendo el agua en modelos circulares, existe un espaciamento máximo, en base al diámetro de cobertura y velocidad del viento (ver 2.6.a.)

c) Alcance.- El diámetro cubierto por un aspersor de presión media es de 20 a 35 m. y el de uno de presión alta de 60 a 80 m.

d) Angulo del chorro.- En la mayoría de los empleados en la agricultura es de 30", también se usan con trayectorias bajas y casi planas con án-

gulos de 10° a 14°.

e) Viento.- Este es el mayor enemigo de los aspersores en operación - ya que desvía el chorro arruinando el modelo de aplicación. Es aconsejable regar cuando no haya vientos o la velocidad esté entre 0-2.5 m/seg.

f) Altura de elevadores.- Esta tiene una considerable influencia sobre la uniformidad de aplicación, especialmente en presencia de viento. La altura mínima para riego en cultivos de campo debe ser de 60 cm.

El gasto del aspersor se obtiene a partir de la intensidad de riego y las dimensiones del bloque.

$$q_a = \frac{I_r \times a \times b}{96.3}$$

q_a = Gasto del aspersor, en G.P.M.

I_r = Intensidad de riego, en pulg/hr.

a = Separación entre aspersores (ver 2.6.a.), en pies.

b = Separación entre laterales (ver 2.6.a.), en pies.

96.3 = Coeficiente de conversión.

Con el gasto y la presión escogida (ver inciso a), se selecciona en el catálogo el tipo de aspersor conveniente, obteniendo también el diámetro de boquilla (pulgadas), diámetro de cobertura (pies) y presión de -

trabajo (libras por pulgada cuadrada).

Revisión:

a) La separación entre aspersores y laterales, obtenidos en función de la velocidad (ver 2.6.a.), no debe de exceder al por ciento respectivo por el diámetro de cobertura del aspersor.

$$a = Dc \times Sa$$

$$b = Dc \times Sb$$

Dc = Diámetro de cobertura, en pies

Sa = Por ciento de separación entre aspersores

Sb = Por ciento de separación entre laterales

b) Se determina el por ciento de traslapes el cual no deberá ser menor a la separación entre laterales, de acuerdo a la fórmula:

$$T = 0.90 \left(\frac{Dc}{b} - 1 \right)$$

T = Traslape, en %

Cálculo del número de aspersores.- Con el gasto disponible del bloque y el del aspersor, se obtiene el número de aspersores:

$$N_o = \frac{Q_d}{q_a}$$

N_o = Número de aspersores

Q_d = Gasto disponible

2.9 Laterales y secundarios.- Los laterales son conectados y alimentados por una válvula hidrante para controlar varias posiciones; experimentalmente se determinó que la distancia más económica entre hidrantes es la que controla cuatro posiciones. Bastará dividir el número de posiciones entre cuatro para obtener los hidrantes necesarios.

Se tendrán pérdidas por fricción menores al 10% de la carga de operación del aspersor. Para obtener ésta se multiplicará la carga por el 10%.

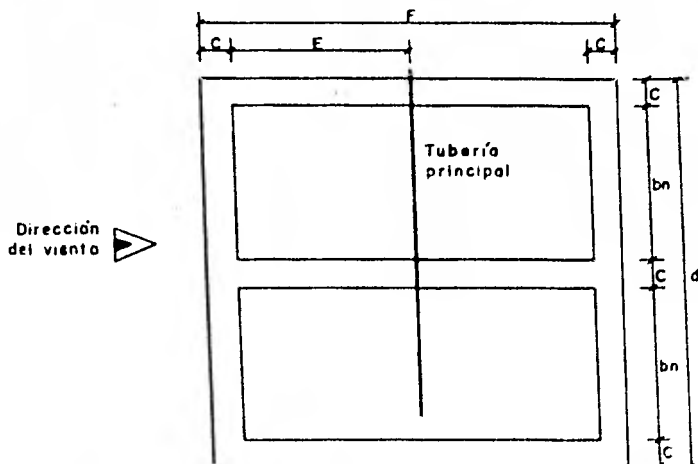
Haciendo uso de la regla Rain Bird, conociendo el gasto por -- aspersor, las pérdidas por fricción y el diámetro de tubería seleccionado obtenemos el número máximo de aspersores por lateral, este se puede ajustar para mayor facilidad de operación del sistema sin que las pérdidas por fricción sean mayores a lo especificado anteriormente.

El número de laterales es la relación entre el número de aspersores y el número de aspersores por lateral.

Cuando se haya determinado la posición de laterales, teniendo una posición por día la distancia entre ellos será el número de posiciones iguales al ciclo y si se optó por dos posiciones diarias la distancia será - - igual a un número doble de posiciones, se procurara que la distancia entre la primera y última posición sea cuando menos el 50% del diámetro de cobertura del aspersor.

El número de posiciones de laterales (NPL) es el producto de el número de laterales, frecuencia y número de posiciones al día.

2.10 Dimensiones del bloque. - Es conveniente que al proyectar los bloques de cultivo se tenga cuidado de que queden en posición tal que, los laterales reciban el empuje del viento perpendicularmente o de preferencia a 45°. De igual manera se deben prever caminos de operación y mantenimiento.



Conociendo el número de aspersores por lateral y la separación de estos, el primero estará separado 50% de la línea principal y el último al 50% del diámetro de cobertura del límite del bloque.

De acuerdo a lo anterior se obtendrán las distancias correspondientes al bloque.

Para poder determinar el ancho de la franja en el sentido largo (b), es necesario obtener el número de posiciones por franja (NF) como:

$$NF = \frac{NPL}{NR}$$

$$b = Dc + (NF - 1) SL$$

NR = Número de franjas

Dc = Diámetro de cobertura

SL = Separación de Laterales

c = Ancho de camino de operación; éste depende de la disponibilidad del suelo e importancia de la obra, generalmente se considera de 10 m.

En el ancho total en el sentido largo (d) se obtiene como:

$$d = 2b + 3c$$

La obtención del ancho de la franja en el sentido corto (E) es como sigue:

$$E = (Sa + Dc) / 2 + (Nap - 1) Sa$$

Sa = Separación de aspersores

Nap = Número de aspersores por lateral

El ancho total en el sentido corto (F) se obtiene como:

$$F = 2 (E + C)$$

El lado corto del bloque va en el sentido de la posición de los laterales.

Superficie de la zona de riego = S.Z.R. = Fd

Superficie neta de riego = S.N.R. = 2 (b + E)

Gasto Unitario = $\frac{\text{Gasto del Sistema}}{\text{S.N.R.}}$, en L.P.S./Ha.

2.11 Tubería Principal. - Su función es transportar el agua de la fuente

de abastecimiento a todas las secciones del proyecto con una presión adecuada, de esto depende el buen funcionamiento de los laterales y aspersores, - así como el máximo aprovechamiento del caudal existente.

Para conocer los gastos conducidos por la tubería principal es necesario conocer la posición de los laterales de cada bloque de cultivo, con ello las variaciones del gasto entre hidrantes.

Las pérdidas de presión causadas por fricción son las primeras en considerarse en el diseño de tuberías. Existen dos problemas básicos: Si - proviene de bombeo la selección de diámetro y materiales de la tubería de la línea principal que darán por resultado un equilibrio entre los costos - anuales de bombeo y el capitalizado por la tubería; en donde se utiliza la carga por gravedad, el problema es el de conservación de presión para evitar rebombeo o reducir al mínimo estos. Cuando la diferencia de altura es apenas suficiente para proporcionar la carga requerida, el problema consiste en conservar la energía, usando las tuberías de diámetros grandes con el objeto de hacer que las pérdidas por fricción sean mínimas. En donde la altura es mucho mayor que la requerida, el problema es reducir la presión, lo que se logra usando tuberías de diámetro pequeño a fin de aumentar las pérdidas por fricción.

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se utiliza la regla RAIN BIRD o cualquiera de las siguientes fórmulas:

Manning: $hf = \left(\frac{Vn}{r^{2/3}} \right)^2 L$

Hazen y Williams: $hf = \frac{Q^{1.852}}{(0.2785 C_D^{2.63})^{1.852}} L$

Darcy - Weisbach: $hf = f \frac{L V^2}{D 2g}$

Donde:

hf = Pérdida de carga por fricción, en m.

v = Velocidad del líquido, en m/seg.

L = Longitud de tubería, en m.

r = Radio hidráulico, en m.

C=n = Coeficiente de rugosidad

Q = Gasto en m³/seg.

D = Diámetro de la tubería, en m.

g = Aceleración de la gravedad, en m/seg².

f = Factor adimensional depende del número de Reynol (Re)

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

ν = Viscosidad cinemática del agua que varía según la temperatura, en m²/seg.

2.12 Planta de bombeo.- Una vez conocidos el gasto y carga total para el bombeo, se determina la potencia del motor en H.P. mediante la fórmula:

$$\text{H.P.} = \frac{Q \times H}{76 \times E}$$

H.P. = Potencia, en caballos de fuerza

Q = Gasto, en L.P.S.

H = Carga manométrica, en m.

76 = Factor de conversión, en Kg-m/seg. a H.P.

E = Eficiencia del motor, en %

Analizando las alternativas y con los catálogos de los fabricantes, se conocen las características principales de las bombas posibles a usar; de estas, una de las más importantes es la eficiencia de la cual depende en gran parte la economía al operar el sistema.

Para el diseño de la bomba, a la pérdida total de carga se le debe aumentar un 10% de estos debido a los accesorios. En la selección del equipo conviene considerar un margen de seguridad tanto en el gasto como en la presión, siendo razonable un 5 y 10% de aumento respectivamente, debido a las fallas en la operación del equipo.

Existen en el mercado diversos tipos de bombas para uso de riego,

sin embargo las más usadas son la centrífuga, la de turbina y la impe --
lente.

Las bombas centrífugas se fabrican de dos tipos, horizontal y vertical, estas se limitan a los bombeos en los depósitos de agua, lagos, arroyos o pozos poco profundos en donde la columna de succión no debe -- ser mayor de unos seis metros.

Los de turbina son empleados en pozos en los que la superficie del agua esta más abajo del alcance de una centrífuga. Consta principalmente de una cabeza de descarga, caja de la unidad y columna de descar - ga.

Las impelentes pueden ser de dos tipos, la de flujo axial o de rosca y la flujo mixto; la diferencia principal entre ellas es el modelo de propulsor. Ofreciendo como ventaja el bajo costo inicial así como un flujo constante y más regular que la centrífuga, teniendo como limitante en bombeo a cargas bajas.

3.- Diseño

El diseño se realizará siguiendo la secuela que presenta la -
planeación :

3.1 Se dispone de un caudal de $2.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$, proveniente de la plan
ta de tratamiento del cerro de la Estrella, D.F., la cual usará aguas ne
gras de la ciudad de México. La capacidad de dicha planta es de $5 \text{ m}^3/\text{seg}$
para el riego de la zona de San Lorenzo Chimalpa y San Mateo Huitzilzín-
go, y la restante para las de Chalco-Tláhuac-Mixquic.

La conducción a el tanque de almacenamiento del Cerro Xico - -
(Elev. 2281), es con tubería de Asbesto-cemento, con diámetro de 72" y
longitud de 20 Km. hasta la planta de bombeo Xico (Elev. 2236.5), que
se encuentra al pie de éste.

Datos del proyecto :

Topografía de la zona de riego

Anexo plano escala 1:20 000

Fuente de abastecimiento

Tanque elevado de almacenamien
to con capacidad de $34\ 500 \text{ m}^3$.

Cultivos

Alfalfa 60% y Pastos 40%

Superficie de riego

Se dispone de 8 000 Ha., de las cuales solamente se regarán 2 588, debido al gasto disponible.

Datos climatológicos

Precipitación, temperatura y evaporación.

Velocidad promedio del viento

10 K. P. H.

Dirección del viento

De Sur a Norte

Conductividad Eléctrica

1.8 milimhos/cm.

Conductividad tolerada por cultivo

10.0 milimhos/cm.

PRECIPITACION MEDIA ANUAL

(m. m.)

Estación: Chalco

Estado de México

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1961	9.0	3.0	16.5	1.6	32.1	213.1	182.7	78.7	84.9	7.7	11.3	4.0
1962	0.0	0.0	4.0	73.2	46.1	107.9	86.1	134.2	120.2	87.7	6.5	18.5
1963	0.0	0.0	24.0	12.3	61.3	104.3	146.7	113.0	83.0	72.5	62.0	0.0
1964	18.1	0.0	9.6	3.5	95.9	123.9	124.3	67.8	62.9	17.4	8.8	3.3
1965	6.0	22.7	0.0	51.3	51.5	120.4	165.6	177.2	47.0	66.7	0.0	13.0
1966	12.5	1.3	47.6	30.9	31.7	129.6	196.4	156.5	76.5	41.8	0.0	3.5
1967	91.0	0.0	3.4	52.3	37.4	97.4	161.0	190.2	151.0	50.2	9.3	4.2
1968	16.3	17.5	INAP	59.1	44.6	203.2	129.8	77.6	73.4	74.9	0.0	15.9
1969	12.6	1.6	7.5	7.3	12.1	67.2	133.1	161.4	179.1	6.3	1.2	INAP
1970	13.2	4.8	0.0	10.5	24.3	96.4	188.7	165.2	110.3	79.4	0.0	0.0
1971	0.0	1.7	14.3	31.6	25.1	111.4	29.6	113.0	105.5	26.3	11.4	16.7
1972	0.0	1.4	19.3	45.2	164.0	85.3	198.0	111.5	104.8	60.8	18.7	0.0
1973	INAP	4.8	0.6	23.2	87.2	109.1	142.8	125.2	97.8	74.8	14.7	0.0
1974	0.0	INAP	28.9	38.2	40.1	118.4	84.5	115.9	55.8	25.5	6.5	0.0
1975	35.5	0.9	1.8	2.9	124.6	102.9	88.8	187.0	68.6	19.8	0.0	0.0
1976	0.5	7.5	23.8	43.1	88.1	61.6	163.4	174.6	180.9	118.6	5.8	21.0
1977	1.0	9.4	INAP	3.8	77.5	79.7	88.8	55.3	115.4	89.9	18.2	4.5
1978	3.8	9.8	60.7	1.0	23.9	154.0	206.4	91.5	89.9	115.4	8.5	0.5
1979	INAP	21.9	0.6	15.9	56.5	82.0	134.4	149.6	122.6	1.4	INAP	32.7
80% Frecuencia	0.0	0.0	0.0	2.9	25.1	82.0	88.8	78.7	76.5	19.8	0.0	0.0
75% Efectividad	0.0	0.0	0.0	2.2	18.8	61.5	66.6	59.0	57.4	14.9	0.0	0.0
cm	0.0	0.0	0.0	0.2	1.9	6.2	6.7	5.9	5.7	1.5	0.0	0.0

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
(°C)

Estación: Chalco

Estado de México

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1967	11.2	13.6	15.7	17.1	18.2	17.6	16.8	16.9	16.1	14.7	13.0	12.4	15.3
1968	11.4	10.9	14.0	16.7	17.8	17.6	16.8	17.1	16.9	15.8	13.5	13.0	15.1
1969	11.7	14.2	16.7	17.0	18.0	19.7	17.9	17.0	16.7	16.3	13.8	12.2	15.9
1970	11.3	13.0	15.5	19.0	18.2	17.5	17.4	17.5	16.6	16.2	12.6	12.3	15.6
1971	13.0	12.7	15.5	15.8	18.5	16.9	17.2	16.2	17.0	16.1	13.5	9.8	15.2
1972	10.5	9.7	14.1	18.2	18.9	18.0	17.3	17.4	17.6	16.8	15.8	12.7	15.6
1973	10.5	10.7	17.5	18.6	19.5	17.5	17.1	17.1	17.4	16.4	14.2	9.6	15.6
1974	10.7	11.9	15.3	17.2	18.4	17.3	16.5	17.7	16.3	15.0	12.5	12.8	15.2
1975	11.0	13.7	16.3	19.3	18.1	17.6	16.3	17.1	15.5	15.4	13.6	11.5	15.5
1976	11.5	11.3	16.7	16.6	17.6	16.2	17.2	13.9	17.1	16.6	14.4	14.2	15.3
1977	13.3	12.4	16.0	14.8	16.8	16.9	15.6	16.1	16.1	15.0	12.7	11.9	14.7
1978	11.2	12.4	15.0	16.9	17.3	17.2	15.6	16.0	15.7	14.8	13.6	12.3	14.7
1979	11.4	13.0	13.4	16.8	17.5	18.0	16.6	15.5	14.5	13.7	12.4	11.9	14.6
1980	12.0	12.0	14.4	15.8	17.8	17.5	16.8	16.3	17.2	14.3	13.1	11.3	14.9
SUMA	160.7	171.5	216.1	239.8	252.6	245.5	235.1	231.8	230.7	217.1	188.7	167.9	
PROMEDIO	11.48	12.25	15.44	17.13	18.04	17.54	16.79	16.55	16.48	15.51	13.48	12.0	

EVAPORACION MEDIA MENSUAL

(m. m.)

Estación: Chalco

Estado de México

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1967	121.2	126.8	142.0	154.0	148.0	198.0	221.0	186.0	138.0	122.7	95.0	101.1
1968	120.4	121.2	165.0	164.5	152.0	221.0	242.0	195.0	127.8	111.9	101.0	88.9
1969	136.7	132.0	86.2	122.8	225.0	182.0	165.8	110.8	93.0	92.0	89.7	92.3
1970	142.0	125.5	98.0	210.3	143.0	172.7	172.9	120.2	101.0	109.4	92.0	85.4
1971	133.5	129.2	124.8	125.0	201.9	130.7	126.7	138.0	125.8	99.8	110.0	72.0
1972	111.9	112.0	135.0	143.0	210.9	110.0	144.5	101.1	85.1	115.7	99.9	105.2
1973	110.4	118.0	146.0	162.0	194.0	123.0	142.7	111.9	97.1	122.4	102.7	98.6
1974	114.5	135.0	110.8	155.0	188.7	112.4	154.6	119.0	111.8	125.8	104.5	101.1
1975	146.2	140.2	145.0	221.0	183.5	128.0	139.7	123.0	109.3	120.1	103.9	117.8
1976	138.0	156.0	126.0	217.0	211.9	130.7	141.1	131.0	113.4	111.9	115.7	114.0
1977	101.0	188.0	132.8	198.7	217.8	119.1	148.9	142.0	118.6	116.7	80.6	121.0
1978	126.8	141.8	214.5	164.0	165.8	122.2	150.7	102.8	100.9	108.3	147.3	118.7
1979	136.9	126.7	184.9	207.7	211.3	175.9	158.1	130.9	98.7	102.8	116.4	109.8
1980	125.2	159.0	221.8	154.5	166.3	172.8	160.2	116.3	92.3	140.2	101.5	101.9
SUMA	1764.7	1911.4	2032.8	2399.5	2620.1	2098.5	2268.9	1709.0	1512.3	1599.7	1460.2	1427.8
PROMEDIO	126.05	136.5	145.2	171.4	187.2	149.9	162.1	122.1	108.1	114.3	104.3	102.0
cm.	12.6	13.7	14.5	17.1	18.7	15.0	16.2	12.2	10.8	11.4	10.4	10.2

3.2 Cálculo del Uso Consuntivo

E V A P O T R A N S P I R A C I O N					
MES	t	p	f	Kt	fKt
ENE	11.48	7.79	11.90	0.60	7.11
FEB	12.25	7.28	10.54	0.62	6.56
MAR	15.44	8.41	12.81	0.72	9.21
ABR	17.13	8.51	13.25	0.77	10.23
MAY	18.04	9.11	14.96	0.80	11.97
JUN	17.54	8.97	14.52	0.78	11.39
JUL	16.79	9.20	15.02	0.76	11.46
AGO	16.55	8.92	14.10	0.76	10.64
SEP	16.48	8.28	13.02	0.75	9.81
OCT	15.51	8.19	12.51	0.72	9.04
NOV	13.48	7.63	11.33	0.66	7.48
DIC	12.00	7.71	10.54	0.61	6.46

$$F = \sum f \quad F = 154.48$$

USO CONSUNTIVO AJUSTADO DEL ALFALFA (PERENNE)

MES	Kc	U.C.T.	C	U.C.A.
ENE	0.640	4.55	1.16	5.28
FEB	0.740	4.85	1.16	5.63
MAR	0.880	8.10	1.16	9.40
ABR	1.000	10.23	1.16	11.87
MAY	1.100	13.17	1.16	15.28
JUN	1.140	12.98	1.16	15.06
JUL	1.120	12.84	1.16	14.89
AGO	1.080	11.49	1.16	13.43
SEP	1.000	9.81	1.16	11.38
OCT	0.900	8.14	1.16	9.44
NOV	0.780	5.83	1.16	6.76
DIC	0.660	4.26	1.16	4.94

$$K = 0.8 \quad C = \frac{KF}{U.C.T.} = \frac{0.8 (154.48)}{106.25} \quad C = 1.16$$

Mes de máxima demanda : Mayo

USO CONSUNTIVO AJUSTADO DEL PASTO (PERENNE)

MES	Kc	U.C.T.	C	U.C.A.
ENE	0.500	3.56	1.28	4.56
FEB	0.616	4.04	1.28	5.17
MAR	0.750	6.91	1.28	8.84
ABR	0.860	8.90	1.28	11.39
MAY	0.924	11.06	1.28	14.16
JUN	0.930	10.59	1.28	13.16
JUL	0.950	10.89	1.28	13.94
AGO	0.950	10.11	1.28	12.94
SEP	0.870	8.53	1.28	10.92
OCT	0.800	7.23	1.28	9.25
NOV	0.670	5.01	1.28	6.41
DIC	0.520	3.36	1.28	4.30

$$K = 0.75 \quad ; \quad C = \frac{KF}{U.C.T.} = \frac{(0.75)(154.49)}{90.18} \quad C = 1.28$$

Mes de máxima demanda : Mayo

Debido a la existencia de dos cultivos, se calculará el uso -

consuntivo diario (U.C.D.) del mes de máxima demanda, tomando el mayor de ellos.

$$U.C.D. = \frac{U.C.A.}{No. días} = \frac{15.28}{31} \quad U.C.D = 0.493 \text{ cm/dfa}$$

3.3 Lámina de Riego

D A T O S A G R O L O G I C O S				
Profundidad (cm).	Textura	C.C. %	P.M.P. %	D.A. ₃ gr/cm ³
0 - 30	Franco-Arcilloso	26.98	14.81	1.29
30 - 60	Franco-Arcilloso	22.39	11.11	1.31
60 - 90	Franco-Arcilloso	21.31	11.11	1.45
90 -120	Franco-Arcilloso	22.39	11.11	1.48

Con los datos anteriores y el modelo de extracción de éste, se obtendrá la lámina de retención.

$$L = C (C.C - P.M.P.) \times D.A. \times P.r$$

Coefficiente de efectividad por estratos :

$$C_1 = \frac{0.511}{0.511} \quad 0.8 = 0.8$$

$$C_2 = \frac{0.4656}{0.511} \quad 0.8 = 0.729$$

$$C_3 = \frac{0.0204}{0.511} \quad 0.8 = 0.040$$

$$C_4 = \frac{0.003}{0.511} \quad 0.8 = 0.005$$

$$L_1 = 0.8 (0.2698 - 0.1481) \quad 1.29 \times 30 = 3.77$$

$$L_2 = 0.729 (0.2239 - 0.1111) \quad 1.31 \times 30 = 3.23$$

$$L_3 = 0.040 (0.1231 - 0.1111) \quad 1.45 \times 30 = 0.18$$

$$L_4 = 0.005 (0.2239 - 0.1111) \quad 1.48 \times 30 = \underline{0.03}$$

$$\Sigma L = 7.21 \text{ cm.}$$

Lámina de sobre riego (L.S.R.) :

$$\text{L.S.R.} = \frac{1.8}{10-1.8} \quad 0.494 = 0.108 \text{ cm.}$$

3.4 Frecuencia de Riego (m)

$$m = \frac{72.10}{0.494} = 14.60 \text{ días} \quad \text{Se consideran } 15 \text{ días}$$

3.5 Ley de Demandas

L L U V I A E F E C T I V A				
MES	E (cm.)	P (cm.)	P.P. (cm)	OBSERVACION
ENE	12.6	6.0	0.0	P>P.P.
FEB	13.7	6.4	0.0	P>P.P.
MAR	14.5	6.7	0.0	P>P.P.
ABR	17.1	7.6	0.2	P>P.P.
MAY	18.7	8.1	1.9	P>P.P.
JUN	14.9	6.8	5.2	P>P.P.
JUL	16.2	7.3	6.7	P>P.P.
AGO	12.2	5.9	5.9	P>P.P.
SEP	10.8	5.4	5.7	P>P.P.
OCT	11.4	5.6	1.5	P>P.P.
NOV	10.4	5.2	0.0	P>P.P.
DIC	10.2	5.1	0.0	p>P.P.

Debido a que $P > P.P.$ la lluvia efectiva no es significativa en el proceso de evapotranspiración.

3.6 Eficiencia de riego (Er) :

Con $L = 7.21$ cm., U.C.D = 4.94 mm/día y velocidad del viento = 10.0 K.P.H., de la tabla presentada en 2.6 : $Er = 69$ %.

Se considera necesario aumentar la eficiencia por lo que :

$$Em = 69 \frac{89.40}{80} + 1.2 = 71 \%$$

3.7 Intensidad de riego (Ir) :

Se toma un tiempo de riego por posición lateral de 11 hr., debido a la facilidad de operación para el usuario.

$$Ir = \frac{15 \times 4.94}{11 \times 0.71} = 9.5 \text{ mm/hr } \text{ ó } 0.374 \text{ in/hr}$$

3.8 Selección de aspersor

El gasto del aspersor, está en función de la Ir y las dimensiones del bloque (a, b) y se obtiene como :

$$qa = \frac{(0.374) (60) (40)}{96.3} = 10.10 \text{ G.P.M.}$$

Del catálogo de Equipos y Accesorios Hidráulicos, con el gasto (qa) y la presión seleccionada (Presión media 55 p.s.i.), se obtiene - el tipo y características del aspersor.

Modelo : 40 BW con un solo chiflón
Presión : 55 p.s.i. ó 3.87 Kg/cm².
Diámetro de boquilla : 7/32 in.
Diámetro de cobertura
(Dc) : 112 ft ó 34.2 m.
Gasto (qa) 10.30 G.P.M. ó 0.650 L.P.S.
Se usarán elevadores de 60 cm.

Revisión :

i).- Separación entre aspersores y laterales

$$a = (112) (0.40) = 44.80 \% > 40 \%$$

$$b = (112) (0.60) = 67.20 \% > 60 \%$$

Se cumple la revisión

ii).- Traslape, no deberá ser menor al 40 %

$$T = 0.90 \left(\frac{112}{60} - 1 \right) = 78 \%$$

Se cumple la revisión



RAIN BIRD

PARA USOS AGRICOLAS ES RECOMENDABLE LA ADQUISICION DE ASPERSORES EQUIPADOS CON COJINETE A PRUEBA DE DESGASTE POR ABRASION. ESCOJA LOS MODELOS TNT.

EN CADA PEDIDO DEBERAN INDICARSE LOS DIAMETROS DE LOS CHIFLONES SELECCIONADOS.

MODELO No. 40B

CON DOS CHIFLONES

USE ELEVADOR MINIMO DE 23 cm

CHIFLON No	8.22" x 3.22" 70		11.64" x 3.22" 70		3.16" x 3.22" 70		3.16" x 1.8" 20°		13.64" x 1.8" 20°		7.22" x 1.8" 20°		1.4" x 1.8" 20°		0.63" x 1.8" 20°	
	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM
35	87	0.77	88	0.87												
2.48	28.8	0.288	29.0	0.400												
40	87	0.77	88	0.87	89	0.87	90	0.87								
2.88	28.8	0.288	29.0	0.400	29.2	0.400	29.4	0.400								
45	94	0.48	98	0.48	102	0.48	106	0.48	110	0.48	114	0.48	118	0.48	122	0.48
3.16	28.7	0.400	29.9	0.471	31.1	0.542	32.3	0.613	33.5	0.684	34.7	0.755	35.9	0.826	37.1	0.897
50	96	0.64	100	0.64	104	0.64	108	0.64	112	0.64	116	0.64	120	0.64	124	0.64
3.52	29.3	0.432	30.5	0.497	31.7	0.570	33.1	0.644	34.5	0.718	35.9	0.792	37.3	0.866	38.7	0.940
55					108	0.48	106	0.48	104	0.48	102	0.48	100	0.48	98	0.48
3.87					32.3	0.567	31.7	0.664	31.1	0.761	30.5	0.858	29.9	0.955	29.3	1.052
60					108	0.48	106	0.48	104	0.48	102	0.48	100	0.48	98	0.48
4.22					32.3	0.567	31.7	0.664	31.1	0.761	30.5	0.858	29.9	0.955	29.3	1.052

MODELO No. 40BW

CON UN SOLO CHIFLON

USE ELEVADOR MINIMO DE 23 cm

CHIFLON No	8.22" x 3.22"		11.64" x 3.22"		3.16" x 3.22"		13.64" x 3.22"		7.22" x 3.22"		1.4" x 3.22"		0.63" x 3.22"	
	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM	DIAM. Ff	GASTO GPM
35	87	4.70	88	5.00										
2.48	28.8	0.288	29.0	0.317										
40	87	4.06	88	4.37	89	4.41	90	4.45						
2.88	28.4	0.281	28.3	0.288	28.5	0.295	28.6	0.302						
45	94	4.72	98	5.70	102	6.67	106	7.64	110	8.61	114	9.58	118	10.55
3.16	28.7	0.298	29.9	0.360	31.1	0.422	32.3	0.484	33.5	0.546	34.7	0.608	35.9	0.670
50	96	4.98	100	6.07	104	7.16	108	8.25	112	9.34	116	10.43	120	11.52
3.52	29.3	0.315	30.5	0.380	31.7	0.453	32.8	0.520	34.0	0.588	35.1	0.655	36.3	0.722
55					108	7.51	109	8.87	112	10.3	116	12.4	122	14.5
3.87					32.3	0.474	33.2	0.560	34.2	0.646	35.2	0.732	36.2	0.818
60					110	9.20	113	10.8	116	12.5	120	14.5	124	17.5
4.22					33.5	0.680	34.4	0.766	35.4	0.852	36.4	0.938	37.4	1.024

NOTAS: LA LINEA PUNTEADA INDICA LAS PRESIONES RECOMENDADAS PARA UNA MEJOR DISTRIBUCION. PARA EL ESTABLECIMIENTO DE NUEVAS SIEMBRAS SELECCIONE PRESIONES DEBAJO DE DICHA LINEA Y PARA CONDICIONES DE VIENTOS FUERTES SELECCIONE ARRIBA DE LA LINEA PUNTEADA. LOS ALCANCES INDICADOS EN LAS TABLAS CORRESPONDEN A LOS DE RIEGO UNIFORME Y A CONDICIONES DE COMPLETA CALMA.

Fabricados en Mexico por:

EQUIPOS Y ACCESORIOS HIDRAULICOS, S. A.

De acuerdo a la lotificación que se presenta en el plano anexo (Planeación de la zona de riego), se diseñará un bloque tipo, tomando el más crítico del sistema, el cual tiene como dimensiones 481.20 X 676.40 metros, los bloques restantes se diseñan de igual manera.

Haciendo uso de la regla Rain Bird, si se instalan 9 aspersores por lateral (N_{al}) de 3 in de diámetro, se tiene que las pérdidas por fricción resultan de 2 p.s.i., sumandole a éstas las de topografía de 1.2 p.s.i., se obtiene la pérdida total de 3.2 p.s.i., siendo menor al 10 % de la carga de operación del aspersor seleccionado.

3.9 Laterales y Secundarios

$$N_p = N_{pl} \times m$$

N_p = Número de posiciones por lateral

N_{pl} = Número de posiciones de lateral por día

m = Frecuencia

$$N_p = 15 \times 2 = 30 \text{ posiciones}$$

Con las dimensiones del bloque y la separación entre laterales obtenemos las posiciones totales (N_{pt}), teniendo 4 franjas con 35 posiciones.

$$N_{pt} = 4 \times 35 = 140 \text{ posiciones}$$

$$N_l = \frac{N_{pt}}{N_p} ; N_l = \text{Número de laterales}$$

$$N_l = \frac{140}{30} = 4.7 \approx 5 \text{ laterales}$$

Al ajustar el N_l , se modificará el N_p , utilizando el concepto anterior :

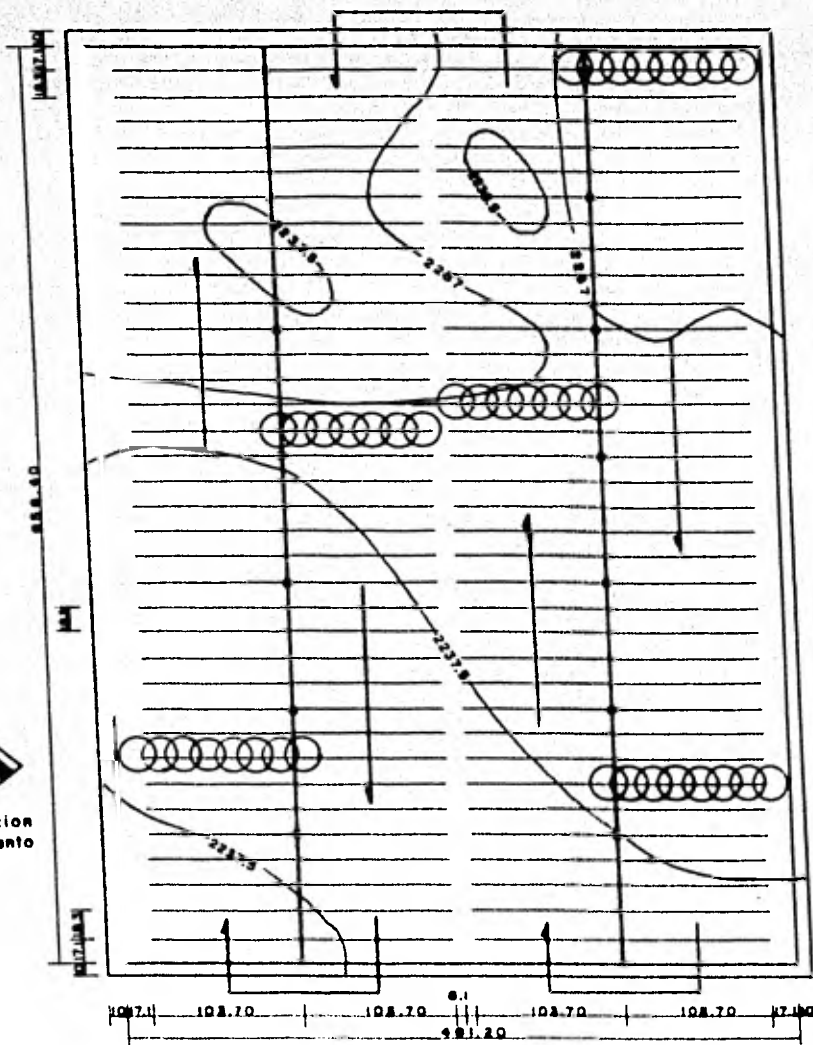
$$N_p = \frac{N_{pt}}{N_l} = \frac{140}{5} = 28 \text{ posiciones}$$

Del resultado anterior tenemos que si la frecuencia es de 15 - días, se tendrán 14 de riego efectivo por uno de descanso.

Esto se obtuvo como :

$$m = \frac{N_p}{N_{pl}} = \frac{28}{2} ; m = 14 \text{ días}$$

BLOCK TIPO



Dirección
del viento

SIMBOLOGIA

- | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
| | Tubería secundaria | | Válvula hidrante |
| | Posición inicial del lateral | | Sentido de recorrido de lat. |
| | Tubería lateral | | Topografía |
| Cotas y elevaciones en metros | | | |

Coefficiente unitario de riego (qu).- Para su obtención, es necesario conocer el número de aspersores (Na), gasto (qa) y número de laterales.

$$Na = N_1 \times N_{a1} = 5 \times 9 = 45 \text{ aspersores}$$

$$Q_d = Na \times qa + 45 \times 10.3 = 463.50 \text{ G.P.M.}$$

$$\text{Gasto del sistema } (Q_d) = 29.25 \text{ L.P.S.}$$

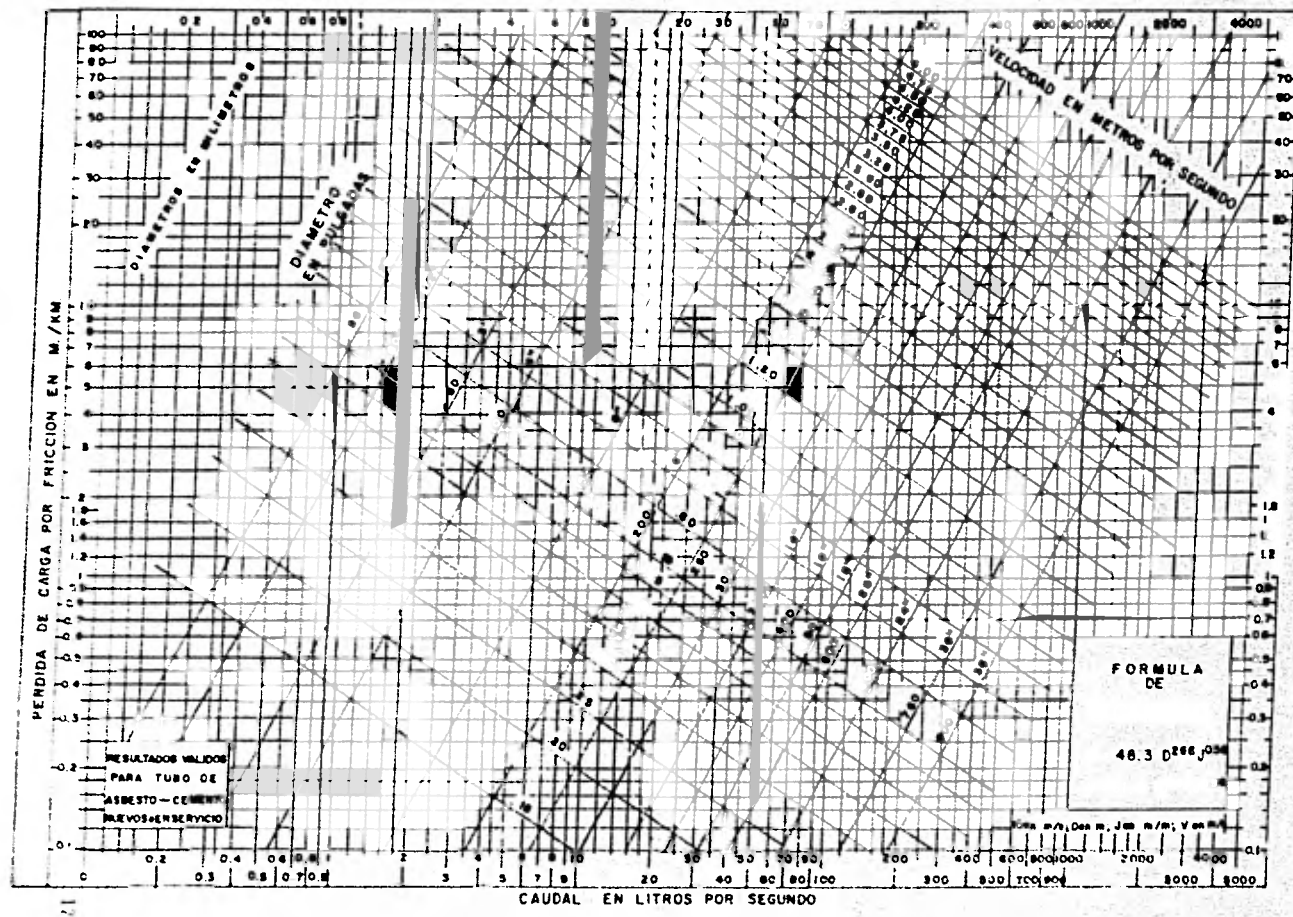
$$\text{Area del bloque } (A) = 461.20 \times 656.4 = 302\,732 \text{ m}^2 \text{ ó } 30.27 \text{ Ha.}$$

$$qu = \frac{Q_d}{A} = \frac{29.25}{30.27} = 0.966 \text{ L.P.S./Ha.}$$

$$\begin{aligned} \text{Superficie neta beneficiada} &= \frac{\text{Gasto total disponible}}{\text{Coeficiente unitario}} \\ &= \frac{2\,500}{0.966} = 2\,588 \text{ Ha.} \end{aligned}$$

3.10 Tubería principal

Para su diseño se usará el nomograma basado en el formula de SCIMEMI, el cual se anexa.



271

L I N E A D E C O N D U C C I O N

T R A M O KM	Longitud m.	Gasto L.P.S.	Hfs m/Km.	Diam. Pulg.	Vel. m/seg.	Hfr m	Hfra m
0 + 000 - 0 + 250	250	2 345	9.9	36	4.25	2.47	2.47
0 + 250 - 0 + 490	240	2 045	6.2	36	3.30	1.49	3.96
0 + 490 - 0 + 950	460	1 665	4.7	36	2.80	2.16	6.12
0 + 950 - 1 + 430	480	1 469	3.8	36	2.40	1.81	7.93
1 + 430 - 1 + 920	490	1 233	3.0	36	2.35	1.47	9.40
1 + 920 - 2 + 430	510	943	4.1	30	2.20	2.09	11.49
2 + 430 - 2 + 820	390	786	3.0	30	1.90	1.17	12.66
2 + 820 - 3 + 300	480	629	2.0	30	1.50	0.96	13.62
3 + 300 - 3 + 770	470	473	3.4	24	1.80	1.60	15.22
3 + 770 - 4 + 260	490	316	1.3	24	1.15	0.64	15.86
4 + 260 - 4 + 604	344	80	0.9	16	0.65	0.31	16.17
4 + 604 - 4 + 828	224	80	0.9	16	0.65	0.20	16.37

T U B E R I A P R I N C I P A L

0 + 000 - 0 + 780	780	45	2.9	10	0.90	2.26	2.26
0 + 780 - 1 + 460	680	30	2.5	10	0.80	1.70	3.96

Hfs = Pérdida de carga unitaria

Hfr = Pérdida de carga total

Hfra = Pérdida de carga acumulada

Las pérdidas por fricción son iguales para las dos tuberías principales.

Se usará tubería de Asbesto-cemento Tipo A-7 en las líneas de conducción y principal, teniendo en los cambios de dirección y al final-ataques para la protección del empuje de agua y el golpe de ariete. Los laterales serán de P.V.C.

La línea de conducción se revisará contra el golpe de ariete usando las formulas de Allievi .

$$h = \frac{1.425 v}{g \sqrt{1 + \frac{K D}{E b}}} ; a = \frac{1.425}{1 + \sqrt{\frac{K D}{E b}}}$$

Para $T = \frac{2L}{a}$, máxima sobrepresión

En donde : h = Sobrepresión (Golpe de Ariete), en m.

a = Celeridad o velocidad de la onda de presión, en m/seg.

v = Velocidad del agua, en m/seg.

g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/seg^2 .

K = 20 700 módulo de elasticidad del agua, en Kg/cm^2 .

E = 330 000 módulo de elasticidad del Asbesto-cemento, en -
 Kg/cm^2 .

D = Diámetro de la tubería, en m.

b = Espesor de la tubería, en m.

L = Longitud de la conducción, en m.

T = Tiempo de cierre, en seg.

ESPEJOR DE LAS PAREDES DEL TUBO

Diámetro de Tubería m.m.	Pulg.	T I P O			
		A-5 b(m).	A-7 b(m).	A-10 b(m)	A-14 b(m).
50	2"	0.010	0.010	0.012	0.012
64	2.5"	0.011	0.011	0.013	0.013
75	3"	0.009	0.010	0.012	0.016
100	4"	0.010	0.011	0.013	0.017
150	6"	0.012	0.013	0.015	0.021
200	8"	0.014	0.015	0.020	0.028
250	10"	0.015	0.018	0.025	0.035
300	12"	0.017	0.021	0.030	0.042
350	14"	0.020	0.025	0.035	0.049
400	16"	0.022	0.028	0.040	0.056
450	18"	0.024	0.032	0.045	-
500	20"	0.027	0.035	0.050	-
600	24"	0.030	0.042	0.060	-
750	30"	0.039	0.056	-	-
900	36"	0.047	0.068	-	-

Se obtendrá el golpe de ariete para el tramo de 0 + 000 - -
 0 + 250, como ejemplo, los siguientes tramos se presentan en la tabla --
 continua.

$$h = \frac{1\,425 \quad (4.25)}{9.81 \sqrt{1 + \frac{20\,700}{330\,000} \frac{0.90}{0.068}}} \quad ; \quad h = 456.33 \text{ m}$$

$$a = \frac{1\,425}{1 + \sqrt{\frac{20\,700}{330\,000} \frac{0.90}{0.068}}} \quad ; \quad a = 1\,053 \text{ m/seg.}$$

$$T = \frac{2 \quad (250)}{1\,053} \quad ; \quad T = 0.475 \text{ seg.}$$

TRAMO KM.	h (m)	h (Kg/cm ²)	a (m/seg)	T (seg)
0 + 000 - 0 + 250	456.33	45.63	1053	0.475
0 + 250 - 0 + 490	354.33	35.43	1053	0.456
0 + 490 - 0 + 950	299.69	29.97	1053	0.876
0 + 950 - 1 + 430	256.88	25.69	1053	0.914
1 + 430 - 1 + 920	251.53	25.15	1053	0.933
1 + 920 - 2 + 430	235.47	23.55	1053	0.791
2 + 430 - 2 + 820	203.36	20.34	1053	0.743
2 + 820 - 3 + 300	160.55	16.06	1053	0.914
3 + 300 - 3 + 770	189.91	18.99	1035	0.908
3 + 770 - 4 + 260	121.33	12.13	1035	0.747
4 + 260 - 4 + 604	68.58	6.86	1035	0.665
4 + 604 - 4 + 828	68.58	6.86	1035	0.433

INFORMACION TECNICA "MEXALIT"
PARA TUBERIA DE ASBESTO - CEMENTO
Presión Hidrostática de Prueba
Clase Presión de Prueba (kg/cm²)

A - 2.5	8.75
A - 5	17.50
A - 7	24.50
A - 10	35.00
A - 14	49.00

Ya que la presión hidrostática recomendable por el fabricante, para la clase A - 7 es de 24.50 Kg/cm², en los tramos del 0 + 000-1 + 920 se deberán instalar dispositivos que eviten parcial o totalmente las sobrepresiones. Dichos dispositivos pueden ser, colchón de aire, válvulas reguladoras de presión o chimineas de oscilación.

CALCULO DE PERDIOAS EN EL SISTEMA

C O N C E P T O	P E R O I D A
Pérdida por fricción de la línea de conducción	16.37 m
Pérdida por fricción de la tubería principal	3.96 m
Pérdida por fricción de la tubería lateral	1.10 m
Carga de operación del espesor	38.50 m

C O N C E P T O	P E R D I D A
Pérdidas de carga localizadas	2.00 m
Carga en el elevador	1.00 m
Desnivel topográfico	<u>1.00 m</u> 63.93 m
T O T A L = 65.0 m	

Las pérdidas de carga localizadas son ocasionadas por codos, coples, reducciones, válvulas hidrantes, etc. : por lo que en general debido a la experiencia y para evitar estos cálculos se toma un valor - - aproximado de 2.0 m.

La carga en el elevador se consideró de 1.0 m. debido a su altura y las que en este se ocasiona.

3.11 Equipo de bombeo

La carga del sistema será proporcionado por un tanque de almacenamiento localizado en el cerro "Xico", cuya elevación a la descarga es de 2281.0 m. y la del bloque tipo 2237.50 m. Se dispone de una carga hidráulica de 43.5 m., siendo requerida para la operación 65.0 m., por lo que es necesario la instalación de un equipo de rebombeo para cubrir la diferencia.

La localización de los rebombes se presentan anexos en el -- plano (planeación de la Zona de Riego), obteniendo la potencia de la bomba como se presenta a continuación :

$$H.P. = \frac{Q \times H}{76 \times E}$$

$$H.P. = \frac{(29.24) \quad (21.5)}{76 (0.8)}$$

$$H.P. = 10.34$$

La eficiencia de la bomba se consideró del 80 %.

Con esta potencia se eligirá la bomba más conveniente, en los diferentes catálogos que existen en el mercado.

V CONCLUSIONES

La zona en estudio se encuentra entre Chalco - Mixquic - Tlahuac, se localiza a la altura del kilometro 7 de la autopista México - Puebla y tiene por coordenadas geográficas 19°10' latitud norte y 98°50' longitud W.G.

Se nos presentó como alternativa la utilización de las tierras para el aumento de la producción agrícola y ganadera, ya que éstas debido a su localización en una zona lacustre, tienen diversos problemas para su explotación como; altos niveles freáticos, drenaje natural nulo, suelos con alto grado de ensalitramiento y baja utilización de riego en épocas de estiaje.

Una de las soluciones a los problemas que se presentan a lo largo de la zona es:

Utilización de un drenaje artificial para el abatimiento del -- alto nivel freático, desalojo de las aguas de lluvia no utilizables para fines de riego y realización de lavados de tierra para la eliminación de sales. Dicho drenaje se proyectó con canales de sección trapecial no revestidos, que descargarán al río "La Compañía" por medio de una planta de bombeo (debido a que la zona se encuentra por debajo del nivel del río).

Realización de un sistema de riego de acuerdo a las necesidades - y características de la zona, siendo para este fin el de aspersión (semi-fijo) el indicado, en el cual se utilizarán aguas residuales de la ciudad de México (previo tratamiento).

Los cultivos de alfalfa y pastos se propusieron debido a su alta resistencia a las sales y/o sodio, ya que la zona se dedica principalmente al pastoreo para la comercialización de productos lácteos.

Es necesario un manejo adecuado y mantenimiento constante a las diferentes partes que integran el sistema riego - drenaje ya que de ello depende la vida útil de la obra y el aumento de la producción en las tierras para un mayor beneficio tanto del usuario como del país.

BIBLIDGRAFIA.

LA INGENIERIA CIVIL EN EL DESARRDLO
AGROPECUARIO DE MEXICO
S.A.R.H. (Revista)

DRENAJE EN ZONAS DE RIEGO
Centro de Educación Continua
Ing. Fernando Lozano Martínez

DRENAJE EN CUENCAS PEQUEÑAS
Instituto de Ingeniería
Rolando Springall

HIDRAULICA GENERAL
Gilberto Sotelo Avila

HIDRAULICA
King-Wisler-Woodburn

PLANTAS DE BOMBEO
Centro de Educación Continua
Ing. Oscar Palisant Wong

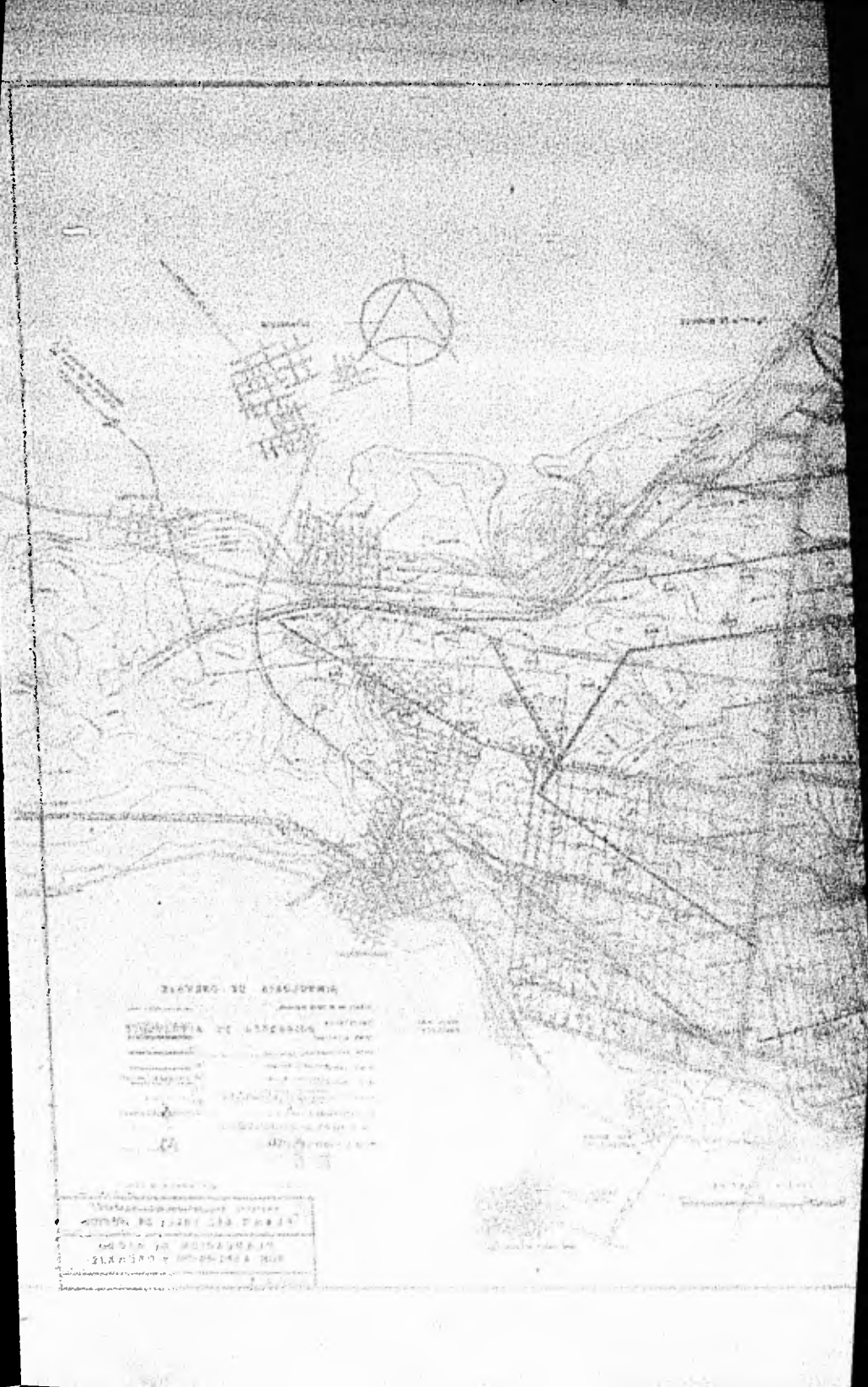
EL RIEGO
Josef D. Zimmerman

INSTRUCTIVO DE RIEGO POR ASPERSION
S.A.R.H. (Estudios Específicos)

CUANTO, CUANDO Y COMO REGAR
Revista Ingeniería Hidráulica en México
Ing. Enrique Palacio Velez

INFORMACION TECNICA
Mexalit

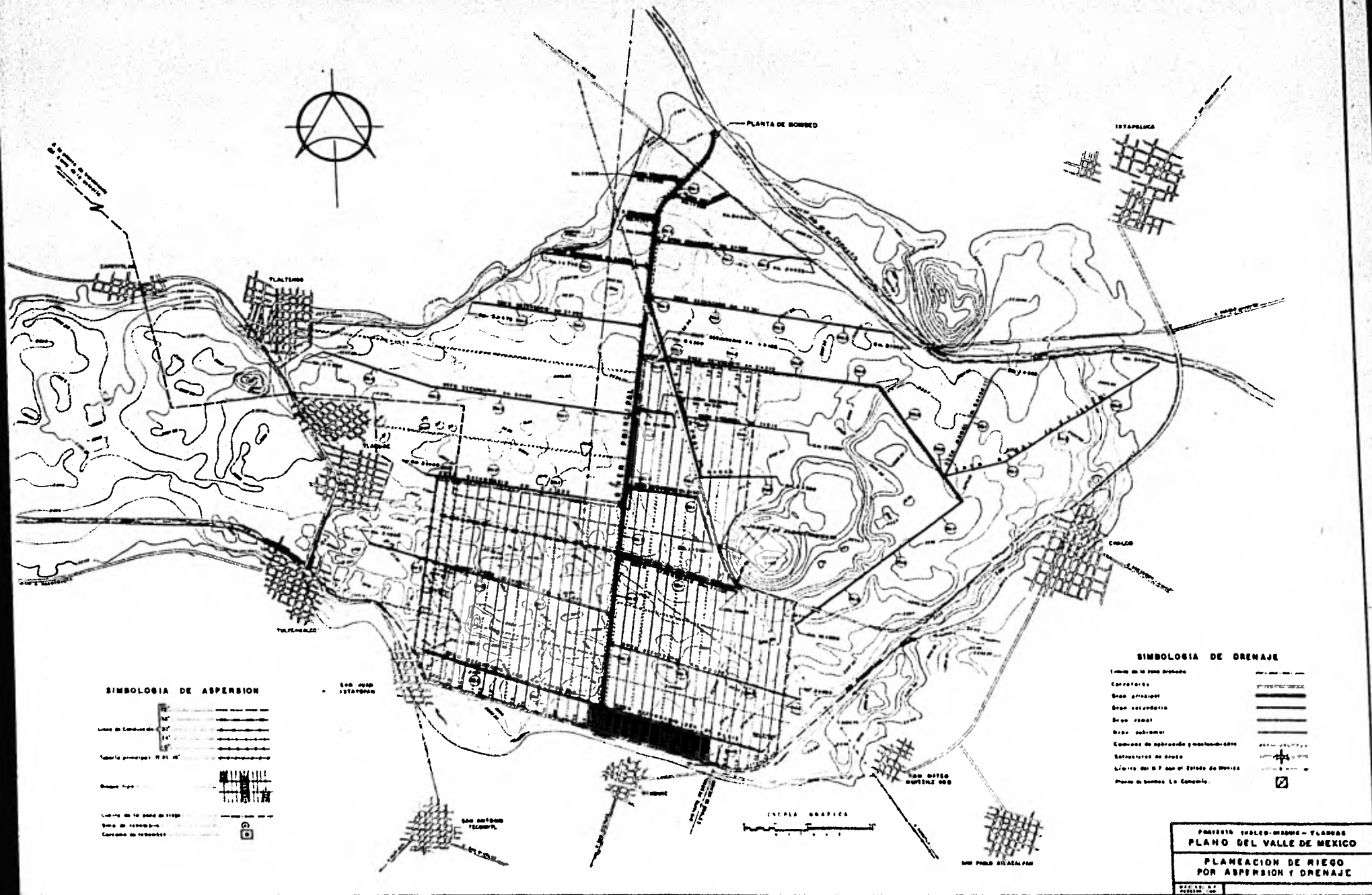
IRRIGATION EQUIPMENT CATALOG
Rain Bird



PLAN OF THE RAILROAD

THE RAILROAD IS TO BE BUILT FROM
STATION A TO STATION B
AND FROM STATION B TO STATION C
AND FROM STATION C TO STATION D
AND FROM STATION D TO STATION E
AND FROM STATION E TO STATION F
AND FROM STATION F TO STATION G
AND FROM STATION G TO STATION H
AND FROM STATION H TO STATION I
AND FROM STATION I TO STATION J
AND FROM STATION J TO STATION K
AND FROM STATION K TO STATION L
AND FROM STATION L TO STATION M
AND FROM STATION M TO STATION N
AND FROM STATION N TO STATION O
AND FROM STATION O TO STATION P
AND FROM STATION P TO STATION Q
AND FROM STATION Q TO STATION R
AND FROM STATION R TO STATION S
AND FROM STATION S TO STATION T
AND FROM STATION T TO STATION U
AND FROM STATION U TO STATION V
AND FROM STATION V TO STATION W
AND FROM STATION W TO STATION X
AND FROM STATION X TO STATION Y
AND FROM STATION Y TO STATION Z

THE RAILROAD IS TO BE BUILT FROM
STATION A TO STATION B
AND FROM STATION B TO STATION C
AND FROM STATION C TO STATION D
AND FROM STATION D TO STATION E
AND FROM STATION E TO STATION F
AND FROM STATION F TO STATION G
AND FROM STATION G TO STATION H
AND FROM STATION H TO STATION I
AND FROM STATION I TO STATION J
AND FROM STATION J TO STATION K
AND FROM STATION K TO STATION L
AND FROM STATION L TO STATION M
AND FROM STATION M TO STATION N
AND FROM STATION N TO STATION O
AND FROM STATION O TO STATION P
AND FROM STATION P TO STATION Q
AND FROM STATION Q TO STATION R
AND FROM STATION R TO STATION S
AND FROM STATION S TO STATION T
AND FROM STATION T TO STATION U
AND FROM STATION U TO STATION V
AND FROM STATION V TO STATION W
AND FROM STATION W TO STATION X
AND FROM STATION X TO STATION Y
AND FROM STATION Y TO STATION Z



SIMBOLOGIA DE ASPERSION

- Linea de conducción: (---) ---
- Canales principales: (---) ---
- Canales secundarios: (---) ---
- Canales terciarios: (---) ---
- Canales de riego: (---) ---
- Canales de drenaje: (---) ---
- Canales de evacuación: (---) ---
- Canales de limpieza: (---) ---
- Canales de saneamiento: (---) ---
- Canales de abastecimiento: (---) ---
- Canales de control de erosión: (---) ---
- Canales de control de sedimentos: (---) ---
- Canales de control de contaminación: (---) ---
- Canales de control de ruido: (---) ---
- Canales de control de olores: (---) ---
- Canales de control de plagas: (---) ---
- Canales de control de enfermedades: (---) ---
- Canales de control de plagas de animales: (---) ---
- Canales de control de plagas de plantas: (---) ---
- Canales de control de plagas de insectos: (---) ---
- Canales de control de plagas de aves: (---) ---
- Canales de control de plagas de mamíferos: (---) ---
- Canales de control de plagas de reptiles: (---) ---
- Canales de control de plagas de anfibios: (---) ---
- Canales de control de plagas de hongos: (---) ---
- Canales de control de plagas de bacterias: (---) ---
- Canales de control de plagas de virus: (---) ---
- Canales de control de plagas de protozoos: (---) ---
- Canales de control de plagas de nematodos: (---) ---
- Canales de control de plagas de parásitos: (---) ---
- Canales de control de plagas de plantas acuáticas: (---) ---
- Canales de control de plagas de animales acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de aves acuáticas: (---) ---
- Canales de control de plagas de mamíferos acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de reptiles acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de anfibios acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de hongos acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de bacterias acuáticas: (---) ---
- Canales de control de plagas de virus acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de protozoos acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de nematodos acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de parásitos acuáticos: (---) ---

SIMBOLOGIA DE DRENAJE

- Lineas de drenaje: (---) ---
- Canales de drenaje: (---) ---
- Canales de evacuación: (---) ---
- Canales de control de erosión: (---) ---
- Canales de control de sedimentos: (---) ---
- Canales de control de contaminación: (---) ---
- Canales de control de ruido: (---) ---
- Canales de control de olores: (---) ---
- Canales de control de plagas: (---) ---
- Canales de control de enfermedades: (---) ---
- Canales de control de plagas de animales: (---) ---
- Canales de control de plagas de plantas: (---) ---
- Canales de control de plagas de insectos: (---) ---
- Canales de control de plagas de aves: (---) ---
- Canales de control de plagas de mamíferos: (---) ---
- Canales de control de plagas de reptiles: (---) ---
- Canales de control de plagas de anfibios: (---) ---
- Canales de control de plagas de hongos: (---) ---
- Canales de control de plagas de bacterias: (---) ---
- Canales de control de plagas de virus: (---) ---
- Canales de control de plagas de protozoos: (---) ---
- Canales de control de plagas de nematodos: (---) ---
- Canales de control de plagas de parásitos: (---) ---
- Canales de control de plagas de plantas acuáticas: (---) ---
- Canales de control de plagas de animales acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de aves acuáticas: (---) ---
- Canales de control de plagas de mamíferos acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de reptiles acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de anfibios acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de hongos acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de bacterias acuáticas: (---) ---
- Canales de control de plagas de virus acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de protozoos acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de nematodos acuáticos: (---) ---
- Canales de control de plagas de parásitos acuáticos: (---) ---

PROYECTO: OBRAS DE BOMBEO Y FLETERIA
 PLANO DEL VALLE DE MEXICO
 PLANEACION DE RIEGO
 POR ASPERSION Y DRENAJE
 ESCALA 1:50,000
 HOJA 10 DE 12