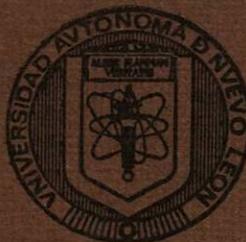


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



"DISEÑO DE UN DRENAJE DE ZANJA ABIERTA, PARA UNA ZONA
DEL TROPICO HUMEDO"

S E M I N A R I O

(OPCION II - A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

MELCHOR VIDALES ESTRADA

ASESOR: DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARADO.

040.631
FA5
1983

MARIN, N.L.

JULIO DE 1983.

040.631

FA5

1983

MARIN



1080063981

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



"DISEÑO DE UN DRENAJE DE ZANJA ABIERTA, PARA UNA ZONA
DEL TROPICO HUMEDO"

S E M I N A R I O

(OPCION II - A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

MELCHOR VIDALES ESTRADA

ASESOR: DR. RIGOBERTO VAZQUEZ ALVARAD

T/
5621
.V5

040 631
FAE
1983



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

F. Fasi



BU Raúl Rangel Fias
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

DISEÑO DE UN DRENAJE DE ZANJA ABIERTA, PARA UNA ZONA DEL TROPICO HUMEDO.

INTRODUCCION

Siendo los trópicos húmedos, una fuente de recursos naturales -- muy importante en México debido a sus condiciones climáticas, -- por las cuales prosperan un gran número de cultivos y especies silvestres; sin embargo, existen épocas del año, donde el exceso de agua impide el aprovechamiento de cultivos que no son resistentes al exceso de humedad.

Aunado a lo anterior, existe también el problema de la topografía accidentada, que es muy común en la región; debido a lo cual existen áreas que permanecen inundadas la mayor parte del año, lo cual provoca condiciones adversas que dificultan la preparación del terreno, mala aereación del suelo, difícil control de malezas, etc.

En la actualidad, en la región donde se desarrolla este trabajo no se practica ningún sistema de drenaje. En otros lugares de características similares, como reportan algunos estudios hechos en Venezuela (1), donde se han ensayado en escala experimental y semicomercial algunas prácticas sobre el mejoramiento del drenaje en este tipo de terrenos, los cuales han mostrado resultados promisorios.

Objetivos. Los objetivos del presente trabajo, se pueden agrupar en tres; siendo el principal, el de aprovechar durante todo el año este tipo de terrenos, también, diversificar los cultivos y el tercero; facilitar el manejo del suelo

REVISION DE LITERATURA

Israelsen (6) cita, que en las regiones húmedas, el drenaje constituye una necesidad aún mayor que en las áridas. Las lluvias en exceso provocan en las zonas planas y bajas frecuentes inundaciones.

Withers (15) señala, que el agua de lluvia en exceso encharca la superficie del terreno, o se infiltra y anega la zona radicular; cuando el drenaje no es apropiado. En los trópicos donde las lluvias son muy intensas, necesitan drenajes superficiales, mientras que los subterráneos se justifican en regiones -- con precipitaciones menores.

Gavande (5) señaló, que la acumulación excesiva de agua en la superficie, puede ser el resultado de la combinación de varios factores; como: lluvia excesiva, depresiones, drenaje impedido, nivel alto de la capa freática, baja velocidad de infiltración, o baja conductividad hidráulica del suelo. Por lo tanto, un estudio para identificar las condiciones de drenaje debe constar: de un reconocimiento preliminar, investigaciones detalladas de campo; y posteriormente, verificación de laboratorio.

Zimmerman (16) afirma, que un sistema de drenaje debe diseñarse en donde es factible, para asegurarse que el nivel máximo del agua no suba arriba de 1.5 m abajo de la superficie del suelo, a no ser, que necesidades específicas o ciertas condiciones puedan permitir un nivel menos profundo.

Israelsen (6), citó las siguientes finalidades del drenaje de un suelo:

- a) Retirar el agua no conveniente, para mantener una adecuada ventilación.
- b) Mantener la estructura del suelo.
- c) Poder entrar al terreno, con el fin de efectuar labores de cultivo y recolección.
- d) Facilitar el arado y siembra temprana.

- e) Aumentar la duración del período de cultivo
- f) Proporcionar más elementos nutritivos a las plantas
- g) Aumentar la profundidad de la zona radicular
- h) Facilita la propagación de microorganismos benéficos del suelo
- i) Asegurar una temperatura más alta del suelo.

Thorne (11), menciona que antes de proyectar un sistema de drenaje, debe estudiarse una zona cuidadosamente; los estudios - deben incluir:

- a) Un examen geológico general de la región
- b) Mediciones de la profundidad del nivel freático a intervalos iguales
- c) Determinación de la dirección de las corrientes subterráneas
- d) Un cálculo de las cantidades de agua, que deben eliminarse
- e) Determinaciones de las propiedades físicas de los suelos, incluyendo; velocidad de infiltración y permeabilidad de los horizontes del suelo
- f) Levantamiento topográfico de la zona.

Blosser (2), encontró que los rendimientos de maíz, debido a la aplicación de fertilizantes, eran muy bajos con drenaje deficiente; pero, cuando este mejoraba el incremento era muy significativo.

Shalhevatt y Twerman (10), afirman que los cultivos que carecen de un drenaje eficiente, muestran síntomas similares a los de una deficiencia de nitrógeno.

Triplett y Van Doran, mencionados en la Revista Latinoamericana de Ciencias Agrícolas (1), encontraron que la variabilidad en los rendimientos de los campos de maíz, estaba estrechamente asociada con las partes bajas del campo; y que tenían mal drenaje, pero una vez corregida esta condición, los rendimientos mejoraban.

Williamson y Kriz (14), encontraron que los rendimientos son afectados por las condiciones de mal drenaje en los suelos; y - su composición gaseosa.

Según el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (9) dice que, entre los diversos puntos del procedimiento para el trazado de un drenaje, quizá haya necesidad de escoger entre emplazamientos, materiales o métodos alternativos. La selección dependerá, de los aspectos económicos y de administración de la explotación agrícola o ganadera, así como de las condiciones físicas del lugar. También se pueden incluir factores públicos o - de tipo comunal como; requisitos legales de drenes de paso y de uso de aguas.

Gavande (5) citó, que ningún sistema de drenaje se puede di señar adecuadamente sin el conocimiento del perfil del suelo y - las características de los estratos subsuperficiales. En el estu dio del perfil del suelo se deben incluir: la textura, la estru ctura, conductividad hidráulica, pH del suelo, infiltración, co mpactación, densidad aparente y capacidad de drenaje.

Brenstein, citado por Gavande (5), consignó en 1961, que -- los requisitos de drenaje para cultivos con sistema radicular su perficial son por lo general diferentes a los cultivos de siste- ma radicular profundo, algunos requieren suelos bien drenados, - otros son tolerantes al exceso de humedad. Schuab citado por Ga- vande (5), sugiere como requisito de drenaje para un cultivo, una reducción de 30 cm del nivel freático por día.

Torres Ruiz (12), señaló que en tierras planas dedicadas a cultivos, en donde se tiene baja permeabilidad y el terreno se - encharca en los lugares bajos, se saca el agua por medio de un - canal o drenaje abierto, fuera del area cultivada. Para desaguar o drenar los excesos de agua es conveniente, siempre que sea po-

sible, aprovechar los desagües naturales que para tal finalidad deberán rehabilitarse o empastarse.

Gavande (5), indica que el drenaje abierto debe tener una adecuada profundidad y espaciamiento, para drenar en forma satisfactoria las áreas bajas de la cuenca; para alcanzar un grado favorable para la agricultura, debe seleccionarse el mejor método para calcular el espaciamiento y la profundidad de drenes. La profundidad de los drenes se determina analizando varios factores, como son : el cultivo, suelo, hidrología, razones prácticas y económicas. En la mayoría de las áreas pantanosas, el nivel del agua debe ser reducido a una profundidad de 1.2 a 1.8 m, para obtener un buen crecimiento de las plantas.

El espaciamiento, para determinarlo, generalmente se usan ecuaciones para condiciones establecidas, las que requieren información como la siguiente:

- a) Conductividad hidráulica
- b) Profundidad permisible de los drenes
- c) Profundidad del estrato impermeable
- d) Gasto y altura del nivel freático.

Debe calcularse la altura desde la plantilla hasta la superficie del agua, cuando el caudal es máximo. Después, elegir la pendiente adecuada que va desde 0.5 a 1.5 por mil, también tomar en cuenta los taludes adecuados. La profundidad de los drenes abiertos varía de 1.8 a 3.6 m o más.

Schwab, citado por Luthin (7) menciona que, la capacidad de las zanjas abiertas está determinada por:

- a) La precipitación pluvial
- b) El tamaño de la área contribuyente
- c) La topografía
- d) Las características del suelo
- e) La vegetación
- f) El grado de protección garantizada

Una zanja diseñada adecuadamente, debe tener: una velocidad de escurrimiento con un valor tal, que no produzca erosión ni ocacione asolves, suficiente capacidad para conducir el escurrimiento del diseño, profundidad adecuada para drenar la tierra, taludes estables que no sufran socavaciones o deslizamientos hacia el interior de la zanja.

Para calcular la velocidad de escurrimiento, generalmente se utiliza la fórmula de Manning; (7) :

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad \text{donde:}$$

V = velocidad de escurrimiento, m/seg

R = radio hidráulico, m.

S = pendiente

n = coeficiente de rugosidad.

El coeficiente de rugosidad (n), se obtiene de tabulaciones; (tabla No 1).

Para evitar el deslave de las paredes del canal, deben conocerse las velocidades del agua máximas permisibles, (tabla 1).

La forma del canal generalmente es trapezoidal, la profundidad máxima varía de 1.30 a 1.90 m; incluyendo un bordo libre de 25 % de la profundidad del diseño, los taludes del canal varían de acuerdo al tipo de suelo, siendo desde verticales en suelos arcillosos hasta una relación 3 : 1 en suelos arenosos (tab. 2)

Tabla No 1; velocidades del agua máximas permisibles para canales, (6).

Material	Velocidad en m/seg		Valor de Manning para n
	Agua limpia	A. con limos	
Arena fina coloidal	0.4	0.8	0.020
Suelos franco-arenosos	0.5	0.8	0.020
Suelos franco-limosos	0.6	0.9	0.020
Limos aluviales	0.6	1.1	0.020
Suelos francos	0.8	1.1	0.020
Cenizas volcánicas	0.8	1.1	0.020
Arcillas compactas	1.1	1.5	0.025
Limos aluviales	1.1	1.5	0.025
Arcillas esquistosas	1.8	1.8	0.025
Grava fina	0.8	1.5	0.020
Suelos francos con materiales cada vez más gruesos hasta guijarros	1.1	1.5	0.030
Grava grosera	1.2	1.7	0.025
Guijarros y cascajos	1.5	1.7	0.035

Según; Fortier y Scobey (1975)

Tabla No 2 ; Taludes y valores angulares , (12).

Taludes	ϕ	$\tan \phi/2$	$\cot \phi$	$\text{sen } \phi$
Suelos pesados				
1 : 1	45° 00'	0.4142	1.0	0.7071
Suelos medios				
1.5 : 1	33° 41'	0.3026	1.5	0.5546
Suelos medios				
2 : 1	26° 34'	0.2361	2.0	0.4472
Suelos ligeros				
Suelos ligeros	18° 26'	0.1623	3.0	0.3162
Suelos ligeros	14° 02'	0.1231	4.0	0.2425

Fuente, E. Torres Ruiz; 1981

Roe y Ayres (8) afirman, que una zanja grande de drenaje -- sin mantenimiento, con frecuencia puede ser destruida en el término de diez años. Las zanjas mal conservadas, no solo reducen el drenaje; sino que cuando se deben de limpiar, el costo es demasiado alto. Las causas principales para la falla de zanjas abiertas son: el asolve del cauce, el crecimiento excesivo de vegetación y la erosión del cauce y sus márgenes.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo fué realizado en el Campo Agrícola Experimental del Instituto Tecnológico Agropecuario No 3, localizado en el ejido de San Bartolo, mpio. de Tuxtepec, Oax; en el período comprendido entre Noviembre de 1972 y Mayo de 1983; que es la época donde las condiciones climáticas permiten el manejo de los terrenos bajos.

a) Suelos. Los suelos, son de textura que va desde arcillosa hasta arcillo - limosa (tabla 3), fertilidad media, bajo contenido de materia orgánica, pH de 6.0 a 6.8 , topografía ondulada (de 1 hasta 15 por ciento). La profundidad del manto freático es variable, dependiendo de la época del año, fluctuando entre 0 m. en época de lluvia hasta 2.0 m. en la época de seca.

b) Clima. Temperatura media anual 25 a 28°C, precipitación -- 2000 a 2500 mm anuales, altitud 11 msnm, latitud 18° 05'N, longitud 96° 08'.

Existen dos estaciones muy marcadas, una que inicia en enero, donde la precipitación pluvial es muy escasa, terminando la segunda quincena de mayo; donde inician las precipitaciones altas. -- Correspondiendo esta última a la estación lluviosa, época en la cual los ríos alcanzan su nivel máximo, permaneciendo los terrenos bajos con inundaciones por un período de cinco a siete meses

A partir de la segunda quincena de noviembre de cada año, las precipitaciones disminuyen su intensidad, entonces las aguas se retiran permitiendo las labores del terreno, (gráfica 1) .

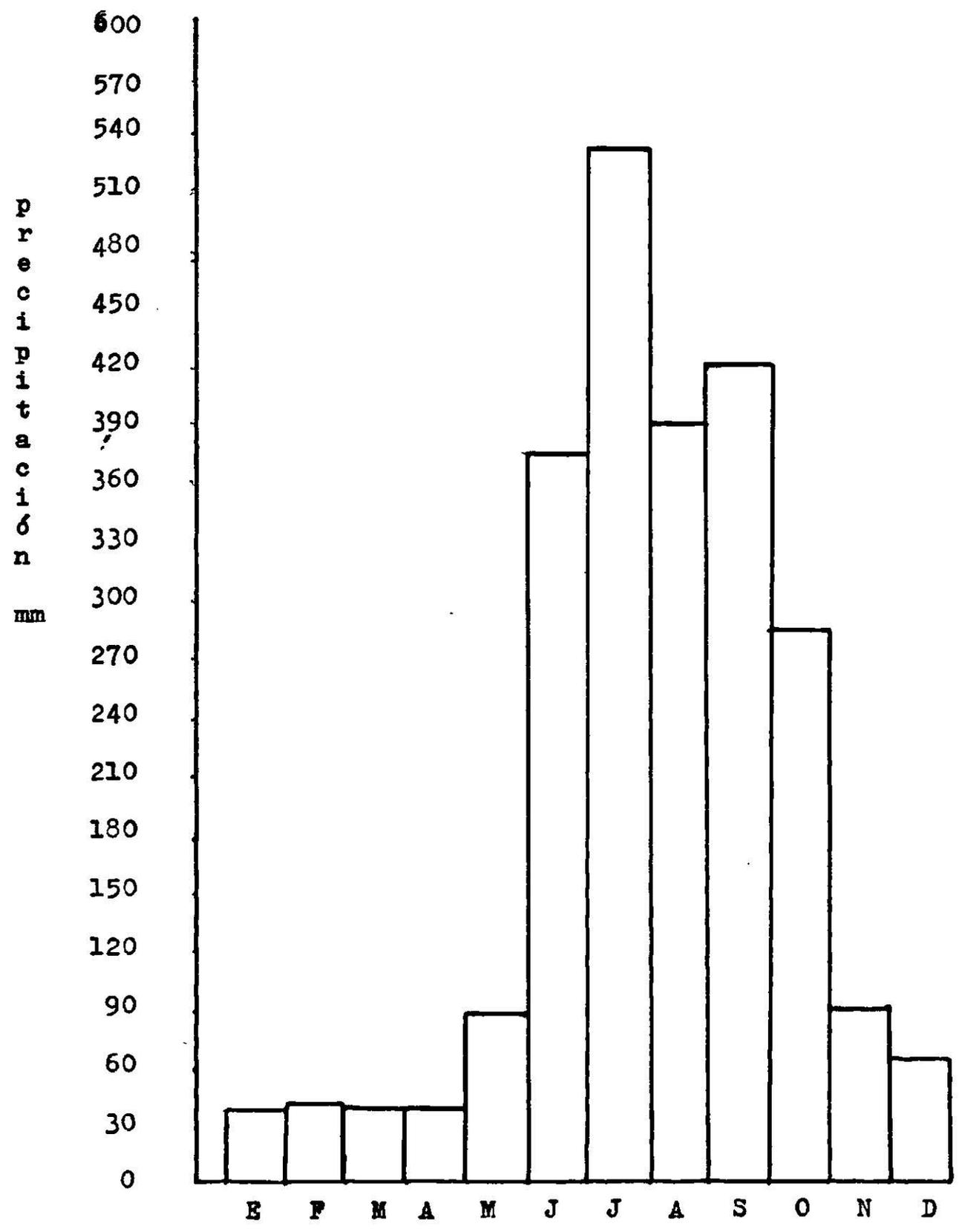
Se realizaron determinaciones de textura, densidad aparente, -- velocidad de infiltración y conductividad hidráulica. El método utilizado en cada determinación se detalla por separado.

Además de las determinaciones mencionadas; y con los datos -- aportados por ellas, se diseñó un canal, con las dimensiones a --

propiedades para desalojar los excesos de agua en los períodos de escurrimientos máximos, los que se determinaron por el Método ra cional Modificado ($q = 0.028CLA$).

Gráfica No 1. Precipitación Mensual Promedio en 23 años para
Tuxtepec Oax. Latitud 18° 05', long; 96° 08'.

Fuente, Comisión del Papaloapan, SARH. 1977.



Determinación de la textura. Fisicamente considerado, un suelo mineral, es una mezcla porosa de partículas inorgánicas, materia orgánica descompuesta, aire y agua, (3).

En algunos casos predominan las partículas mas grandes produciendo suelos arenosos, en otros casos predominan los coloides y dan al suelo características arcillosas.

Análisis Mecánico; la determinación del porcentaje de arena, limo y arcilla, es lo que constituye el análisis mecánico. Los métodos para realizar dicho análisis son dos:

- a) Método Internacional de La Pipeta
- b) Método del Hidrómetro de Bouyoucus.

Ambos métodos, se basan en la proporción diferencial de sedimentación de las partículas del suelo en el agua. Las partículas en suspensión se asientan de acuerdo a la cantidad de superficie y las arcillas que tienen gran área superficial por unidad de volumen, debido a ello se asientan lentamente, lo contrario de lo que sucede con las arenas por su poca area superficial por volumen unitario, se asientan rapidamente.

Para realizar el análisis mecánico, se utilizó el método de la pipeta, que consiste; en la extracción de una porción (25ml) de la suspensión con una pipeta aforada a 25 ml; y para conocer la cantidad de partículas, se evapora el agua, la cantidad de suelo se obtiene por pesada.

La velocidad de sedimentación de una partícula en un líquido en reposo está dada por la ley de Stokes: $V = kd^2$, donde:
V = velocidad de caída de una partícula, en cm/min
k = constante que depende de la T^0 de la suspensión
d = diámetro de la partícula, 0.05 para arena y 0.002 para arcilla.

Textura del suelo, cuadro de resultados; método de La Pipeta.

Muestra No	Profundidad	% de arena	% limo	% arcill.	text.
1	0 - 30	51.91	25.1	23.0	migajón arcillo arenoso.
2	0 - 30	68.72	0.83	30.44	
	30 - 60	63.09	33.75	3.10	migajón arenoso

Laboratorio de suelos, I T A No 3.

Determinación de la conductividad hidráulica. El buen funcionamiento de un drenaje depende directamente de la capacidad de -- los suelos para transmitir agua (7).

Hay diferentes métodos para conocer la velocidad con que se mueve el agua dentro del suelo, ya sea en condiciones de suelos saturados o no saturados. El presente estudio fue bajo condiciones de suelo saturadas.

La conductividad hidráulica saturada del suelo varía mucho - con respecto a los diferentes tipos de suelo (13), en general los valores de conductividad hidráulica saturada son mayores para suelos arenosos que para suelos arcillosos, (tabla 3).

Para calcular la conductividad hidráulica se utilizó el método de Agujero de Barrena, que consiste en perforar un pozo de 5 a 10 cm de diámetro y 50 cm de profundidad abajo del manto freático, (dibujo); luego se aplicó la ecuación:

$$K \text{ sat} = \frac{0.19 r^2 z_d}{(2Zd + r)(t_2 - t_1)} \ln \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{donde:}$$

K sat = conductividad hidráulica saturada, cm/h

0.19 = constante numérica

r = valor del radio del pozo, cm

Zd = distancia vertical del fondo del pozo -
al nivel del manto freático, cm

Z₁ = distancia vertical al nivel del agua -
del manto freático, en el tiempo 1 (t₁)

Z₂ = distancia vertical del nivel del agua -
del manto freático, en el tiempo 2 (t₂)

Nota: debido a no contar con una barrena como recomienda el método, y a condiciones de difícil manejo del terreno por exceso de humedad. Se modificó el diámetro del pozo, a 70 cm en lugar de 10.

Tabla No. 3; Clasificación de la Conductividad Hidráulica saturada, para diferentes suelos.

Clase	Conductividad pulg/h	Hidráulica cm/día	Comentarios
Extremadamen- te lenta.	menos de: 0.001	menos de: 0.100	casi impenetrable poca percolación.
Muy lenta	0.001-0.01	0.1-1	drenaje pobre, muy lenta para drenaje artificial.
Lenta	0.01-0.1	1.0-10	muy lento, no favo rece la relación - suelo - agua.
Moderáda	0.1-1	10-100	permeabilidad ade- cuada.
Rápida	1-10	100-1000	excelente retenci- ón.
Muy rápida	más de 10	más de 1000	pobre retención.

Fuente, Smith y Browing 1946.

Cálculo matemático de la conductividad hidráulica saturada.

Datos:

$$K_{sat} = ?$$

$$r = 1/2 \text{ de } 70 = 35 \text{ cm}$$

$$z_d = 80 \text{ cm}$$

$$z_1 = 39 \text{ cm}$$

$$z_2 = 31 \text{ cm}$$

$$t_1 = 190 \text{ min}$$

$$t_2 = 606 \text{ min.}$$

Sustitución de datos en la fórmula:

$$K_{sat} = \frac{(0.19)(35)^2(80)}{2(80) + 35(606 - 190)} \ln \frac{39}{31}$$

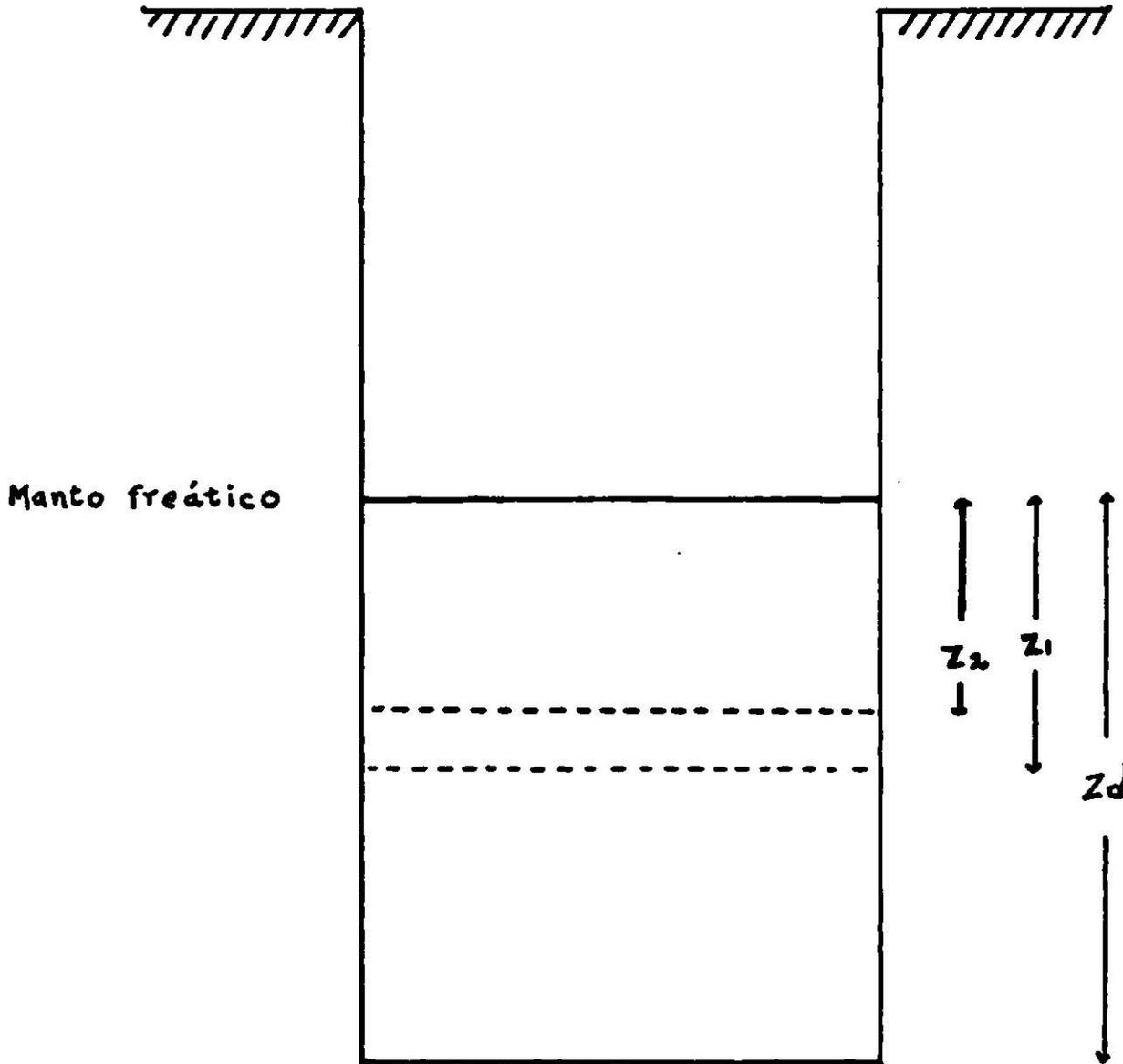
$$K_{sat} = \frac{18620}{81120} \ln 1.258$$

$$K_{sat} = (0.229)(0.0997029) = 0.023 \text{ cm/h} = \underline{0.552 \text{ cm/día}}$$

De acuerdo a la clasificación hecha por Smith y Browing, 1946. (tabla No. 3), a éste suelo le corresponde una conductividad - hidráulica muy lenta.

Representación gráfica de los valores de; Z_d , Z_1 , Z_2 , en el campo. Para un suelo de textura pesada; medidos el 15 de Nov. 1982.

Esc. 1:10



Diseño del canal de desagüe. Para dar las dimensiones adecuadas al canal de desagüe, es necesario conocer: la cantidad de agua - (Q) que deberá conducir en el período de máxima intensidad de precipitación pluvial, así como la conductividad hidráulica del suelo , (12).

Para conocer el gasto (Q) máximo que va a conducir el canal se puede utilizar el método racional modificado ($Q = 0.028CLA$) que se utiliza para pequeñas cuencas, (4).

Donde:

Q = escurrimiento máximo, M^3/seg

0.028 = constante numérica

C = coeficiente de escurrimiento, (tabla No. 4)

A = área de la cuenca, Ha.

L = lluvia máxima en 24 h, cm/h; (mapa de regiones hidrológi -- cas).

Tabla No. 4; valores del Coeficiente de Escurrimiento "C"

Topografía Vegetación	Textura del suelo		
	Gruesa	Media	Fina
Bosque:			
plano (0 - 5 % pendiente)	0.10	0.30	0.40
ondulado (5 - 10 % pendiente)	0.25	0.35	0.50
escarpado (10 - 30 % pendiente)	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
plano (0 - 5 % pendiente)	0.10	0.30	0.40
ondulado (5 - 10 % pendiente)	0.16	0.36	0.55
escarpado (10 - 30 % pendiente)	0.22	0.42	0.60
Terreños cultivados			
plano (0 - 5 %)	0.30	0.50	0.60
ondulado (5 - 10 %)	0.40	0.60	0.70
escarpado (10 - 30 %)	0.52	0.72	0.82

Fuente, Manual de Cons. de Suelos y Agua; C.P. SARH.

Cálculo matemático del escurrimiento (Q).

Datos:

$$Q = ?$$

C = 0.6, para terrenos con pasto y cultivados, con pendiente ondulada de 5 a 10 % y textura arcillosa

$$A = 20 \text{ Ha}$$

L = 10 cm/h, para un período de retorno de 10 años.

Sustitución de datos en la fórmula:

$$Q = (0.028)(0.6)(10)(20)$$

$$Q = 3.36 \text{ M}^3/\text{seg.}$$

Por lo que la sección de máxima eficiencia del canal, debe ser aquella que conduzca un escurrimiento de; $3.36 \text{ M}^3/\text{seg.}$

Diseño de la sección:

Talud: De acuerdo a la tabla No. 2, a un suelo arcilloso le corresponde un talud de 1 : 1, (45°).

Coefficiente de rugosidad. Al suelo en cuestión le corresponde un valor de 0.025, (tabla No 1).

Area de la sección .

$$A = \frac{Q}{V}, \quad \text{donde:}$$

A = área de la sección, M^2

Q = escurrimiento máximo, calculado con; $Q=0.028CLA$

V = velocidad no erosiva, de acuerdo al tipo de suelo, (tab.1)

Tirante hidráulico, "d".

$$d = \frac{\text{Area "A"}}{2 \tan \phi/2 + \cot \phi}$$

Plantilla, "B".

$$B = 2d \tan \phi/2$$

Perímetro mojado, "PM".

$$PM = B + 2d/\text{sen } \phi$$

Radio hidráulico, "r".

$$r = \frac{\text{Area}}{\text{perímetro mojado}}$$

Condición de máxima eficiencia

$$r = 1/2 d$$

Pendiente del canal "S".

$$S = \left(\frac{nv}{r^{2/3}} \right)^2 \times 100$$

Sustitución de datos en las fórmulas:

$$A = \frac{3.36 \text{ m}^3/\text{seg}}{1 \text{ m}/\text{seg}} = 3.36 \text{ m}^2$$

Tirante hidráulico

$$d = \frac{3.36 \text{ m}^2}{2 \tan 22^\circ 30' + \cot 45^\circ}$$

$$d = \frac{3.36 \text{ m}^2}{2 \left(\frac{\text{sen } 22^\circ 30'}{\cos 22^\circ 30'} \right) + \frac{\cos 45^\circ}{\text{sen } 45^\circ}}$$

$$d = \frac{3.36 \text{ m}^2}{2 \left(\frac{0.3827}{0.9238} \right) + \frac{0.71}{0.71}}$$

$$d = \frac{3.36 \text{ m}^2}{1.83}$$

$$d = \underline{1.355 \text{ m.}}$$

Plantilla.

$$B = 2 (1.355) \tan 45^{\circ}/2$$

$$B = 2 (1.355) \tan 22^{\circ} 30'$$

$$B = 2 (1.355) \left(\frac{\text{sen } 22^{\circ} 30'}{\text{cos } 22^{\circ} 30'} \right)$$

$$B = 2 (1.355) \left(\frac{0.3827}{0.9238} \right)$$

$$B = \underline{1.12 \text{ m.}}$$

Perímetro mojado.

$$PM = 1.12 + \frac{2 (1.355 \text{ m})}{\text{sen } 45^{\circ}}$$

$$PM = 1.12 \text{ m} + \frac{2.71 \text{ m}}{0.71}$$

$$PM = \underline{4.49 \text{ m.}}$$

Radio hidráulico.

$$r = \frac{3.36 \text{ m}^2}{4.49 \text{ m}}$$

$$r = \underline{0.68 \text{ m.}}$$

Pendiente del canal.

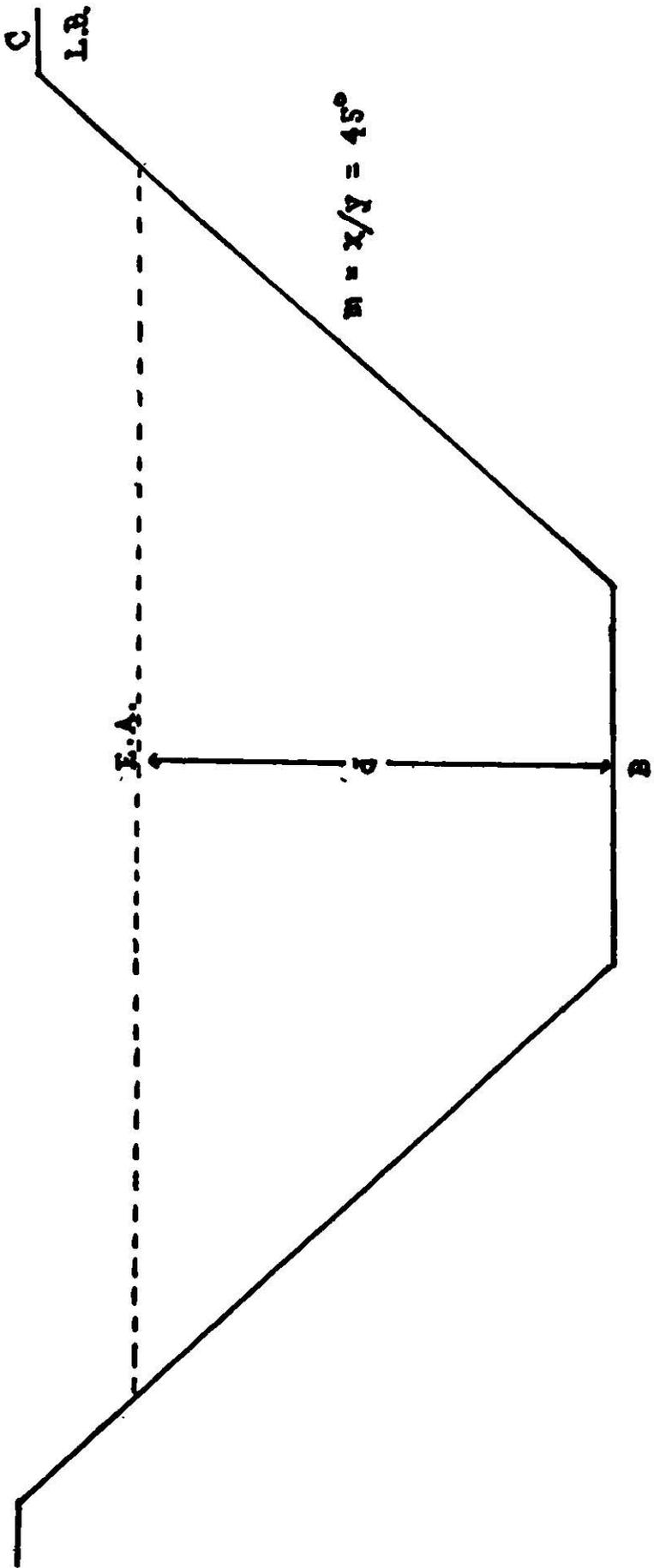
$$S = \left(\frac{0.025 \times 1 \text{ m/seg}}{0.68^{2/3}} \right)^2 \times 100$$

$$S = \left(\frac{0.025}{0.7732} \right)^2 \times 100$$

$$S = (0.0323)^2 \times 100$$

$$S = \underline{0.104 \%}$$

SECCION DEL CANAL, ESC. 1 : 20



B = Ancho de la plantilla
d = Tirante hidráulico
m = Talud de las paredes
C = Corona

E.A. = Espejo del agua
L.B. = Libre bordo

BIBLIOGRAFIA

1. A.L.C.A. 1980. Revista Latinoamericana de Ciencias Agrícolas Vol 15, No 1. p 25,26.
2. Blosser, H.R. Drainage help to get best result from fertilizer. Ohio Farm and Home res. (July - August). p 57 - 63.
3. Buckman, O.H. y Brady, C.N. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Barcelona. p 42 - 54.
4. Colegio de postgraduados. SARH. SPP. 1977. Manual de conservación de suelos y agua. Instructivo. Chapingo, México. p 33-40.
5. Gavande, A.S. 1973. Física de suelos, principios y aplicaciones México. p 312 - 331.
6. Israelsen, O.W. y Hansen, V.E. 1975. Principios y aplicaciones del riego. Reverte. México. p 339 - 350.
7. Luthin, J.N. 1974. Drenaje de tierras agrícolas. Limusa. México p,439 - 469.
8. Roe, H.B. 1939. "Some soil changes Resulting from Drainage" -- Proc. soil sci. Sociam. p 402 - 409.
9. Servicio de Conservación de Suelos. Dpto; de Agricultura de Estados Unidos. 1973. Principios de avenamiento y drenaje. Diana. México. p 4 - 25.
10. Shalhevet, J. and P.J. Zwerman, 1957. Nitrogen of corn under variable conditions of drainage. A preliminary Greenhose study Agronomy paper No 427. New York state College of Agriculture Cornell University. Ithaca N.Y.
11. Thorn, W.D. 1980. Técnica del riego. C.E.C.S.A. Barcelona. p 227 - 228.
12. Torres, R.E. 1981. Manual de conservación de suelos agrícolas. Diana. México. p 105 - 112.
13. Vázquez Alvarado R.E. 1982. Apuntes de relación agua-suelo-planta. Curso de verano. FAUANL. Marín N.L. México.

14. Williamson, R.E. and G.T. Kriz. 1970. Response of agricultural crops to flooding. Depth of water table and soil gaseous composition. Translation by ASAE. p 216 - 220.
15. Withers, B. y Vipond, S. 1979. El riego. diseño y práctica. Diana. México. p 181 - 191.
16. Zimmerman, B.G. 1936. Determining air trapped in capillary soils. Eng. New Rec. p 186,187.

