

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA Y GANADERIA



Estudio en Suelos de Textura Media del Distrito de  
Riego 03 Tula, Hidalgo.

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO AGRONOMO**

P R E S E N T A

CANDELARIO GARCIA CAMPOS

GUADALAJARA, JAL. 1978.

Con cariño y respeto a mis padres  
que supieron darme el apoyo moral  
y economico.

Gabriel y Jacinta

A mis hermanos:

Julieta

Ismael

Gabriel

Fernando

Rosa

A mi esposa:

M<sup>a</sup> del consuelo

A todos mis amigos, en especial al:

Ing. Victor Maisterra

A mis maestros y Escuela:

# INDICE

	Página.
1 .- INTRODUCCION .....	1
2 .- REVISION DE LITERATURA .....	2
2.1.- Generalidades .....	2
2.2.- Método para determinar la función-- de avance .....	4
2.3.- Métodos para determinar la velocidad de infiltración .....	4
2.4.- El agua y movimiento en el riego su- perficial .....	12
2.5.- Relación entre la función de avance y la función de infiltración .....	15
3 .- OBJETIVOS .....	21
4 .- TRABAJOS DE PREPARACION .....	23
5 .- MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO .....	24
6 .- DESARROLLO DE LA INVESTIGACION Y METODOS - UTILIZADOS .....	25
7 .- OBSERVACIONES .....	25
8 .- RESULTADOS .....	27
9 .- GASTO MAXIMO PERMISIBLE .....	28
10.- TIEMPO DE RIEGO PARA APLICAR LA LAMINA RE- QUERIDA .....	28
11.- LONGITUD MAXIMA PERMISIBLE .....	30
12.- CONCLUSIONES PRELIMINARES .....	30
13.- PRUEBAS DE RIEGO DE AFINE .....	30
14.- CONCLUSIONES FINALES .....	32
15.- DISCUSIONES .....	33
16.- RECOMENDACIONES .....	34

INDICE DE CUADROS.

	Página.
1.- PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACION (Método del doble cilindro) .....	35
2.- PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACION (Método de Entradas y Salidas).....	36
3.- TABLAS DE GASTOS Y VOLUMENES DE SIFONES DE - PLASTICO DE 1 1/2" Ø CON DESCARGA LIBRE.....	38
4.- TABLAS DE GASTOS Y VOLUMENES DE SIFONES DE - PLASTICO DE 2" Ø CON DESCARGA LIBRE .....	43
5.- CALIBRACION DE PARSHALL DE W = 0.05 M. DE - CAIDA LIBRE .....	46
6.- DATOS RESULTANTES DE AVANCE DEL AGUA EN LOS SURCOS HASTA LA DISTANCIA DE 154 MTS. DEL - GASTO DE 2 L.P.S. ....	48
7.- DATOS RESULTANTES DE AVANCE DEL AGUA EN LOS SURCOS-HASTA LA DISTANCIA DE 154 MTS. DEL - GASTO DE 4 L.P.S. ....	49

## LISTA DE FIGURAS.

- Fig. No. 1.- Esquema del doble cilindro para determinar velocidad de infiltración.
- Fig. No. 2.- Esquema que representa el sifónmetro.
- Fig. No. 3.- Disposición propuesta para efectuar - Pruebas de Riego.
- Fig. No. 4.- Curvas de Avance de diferentes gastos para determinar la longitud máxima -- permisible de los surcos.
- Fig. No. 5.- Prueba de riego de Afine  $Q = 4$  L.p.S. Observación del Bulbo de mojado. Surcos de 0.92 Mts. de ancho.
- Fig. No. 6.- Prueba de riego de Afine en surcos --  $Q = 4$  L.p.S. Observación del Bulbo - de mojado. Surcos de 1.30 Mts. de ancho.
- Fig. No. 7.- Curva de velocidad de infiltración.
- Fig. No. 8.- Curva de gastos para los Sifones de - 1"  $\emptyset$  (Aguas mezcladas).
- Fig. No. 9.- Curva de gastos para los Sifones de - 2"  $\emptyset$  (Aguas mezcladas).
- Fig. No.10.- Curvas de gastos para el aforador -- Parshall No. 1,  $W = 0.05$  Metros.
- Fig. No.11.- Curvas de gastos para el aforador - - Parshall No. 2,  $W = 0.05$  Metros.

## 1.- INTRODUCCION.

Es frecuente que muchos diseños de riego, estén pobremente adaptados a los suelos y a su topografía. A menudo no se toman en cuenta la velocidad de infiltración del suelo y su capacidad de retención de humedad antes de la preparación para el riego. Asimismo, se ha hecho muy poco esfuerzo para determinar cuanta agua puede correr en cada surco o melga sin causar erosión. Es indispensable también, determinar la longitud máxima de los surcos o melgas para lograr una distribución apropiada de la humedad en la zona de raíces.

El riego excesivo no solamente desperdicia agua, sino que también origina un lavado de los nutrientes solubles, poniéndolos fuera del alcance de las raíces de las plantas. El sobre-riego de las tierras altas, frecuentemente origina mal drenaje en las bajas adyacentes. Para corregir esto, se requiere generalmente de un costoso sistema de drenes y emplear procedimientos de recuperación de esos suelos. En un terreno que se riega por métodos superficiales o de gravedad, el uso ineficiente del agua de riego generalmente se refleja en bajos rendimientos tanto en las partes altas como en las bajas. Esto se debe a que las partes altas pierden nutrientes por erosión y reciben además poca agua, en cambio en las partes bajas los nutrientes se lixivian y ellas se mantienen demasiado húmedas.

La aplicación del riego a los cultivos sin causar erosión, realmente es un problema, el mejoramiento de la ferti-

lidad y estructura de los suelos hace que el agua penetre con mayor rapidéz. A medida que la infiltración del agua en el suelo aumenta, se requiere emplear mayores gastos en los surcos y melgas, para lograr un riego uniforme aunque el peligro de erosión puede disminuirse con un buen manejo del suelo, el efecto de los gastos fuertes puede ocasionar que se pierda lo ganado.

Los Técnicos en Irrigación, Conservación de Suelos y otros Profesionistas que trabajan en el campo de riegos, deben encontrar los métodos de evaluación, útiles para auxiliar a los Agricultores, a fin de que éstos logren una mayor eficiencia de riego. Estas evaluaciones servirán también para adquirir un mejor criterio para diseñar el riego, de acuerdo con las condiciones locales que prevalescan; en cuanto a suelos, topografía, cultivos y clima en la región. (1)

La importancia de realizar pruebas de riego en las áreas de cultivo bajo riego destinadas a la Producción Agropecuaria intensiva con el objeto de fortalecer la producción de alimentos básicos de nuestro País, es la de obtener guías de riego, para dar recomendaciones técnicas de riego a nivel parcelario en base a los resultados obtenidos de los mismos.

## 2.- REVISION DE LITERATURA.

### 2.1.- GENERALIDADES.

Cuando el agua se aplica al terreno, una parte se infiltra en el suelo de acuerdo a las leyes de infiltración y -

el resto avanza sobre la superficie, de acuerdo a las leyes del avance superficial.

Por lo tanto para poder elaborar un diseño eficiente de riego, es necesario conocer las funciones de infiltración y de avance superficial del agua; así como los factores de que éstas dependen.

Las funciones de avance e infiltración, están íntimamente relacionadas entre sí, y dependen de los siguientes factores:

- a.- Tiempo.
- b.- Pendiente del terreno.
- c.- Gasto aplicado.
- d.- Tamaño y forma del surco.
- e.- Tirante del agua sobre la superficie del suelo.
- f.- Características Físicas y Químicas del suelo.
- g.- Temperatura del suelo y del agua.
- h.- Cobertura del suelo.
- i.- Contenido de humedad del suelo.

El fenómeno de riego superficial es un caso de escurrimiento no uniforme, en canales abiertos de plantilla porosa, si además de esto, se añade que el suelo es heterogéneo y que algunos de los factores anteriores varían durante el desarrollo del riego, el análisis estrictamente matemático, resultan complejo que prácticamente es imposible de determinarlas.



## 2.2.- METODO PARA DETERMINAR LA FUNCION DE AVANCE.

Se divide el surco a lo largo en estaciones de 10 ó - 20 metros, de separación entre éllas. Se toma el tiempo a - partir de cuando el agua comience a derivarse al surco, y se vá registrando cada vez que el agua llega a cada una de las estaciones.

Los datos obtenidos, se grafican en un sistema de coordenadas teniendo como abscisas el tiempo y como ordenadas la longitud recorrida por el agua. En base a los puntos resul- tantes, se traza la curva que los represente. (2)

## 2.3.- METODOS PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE INFILTRA CION.

Por definición la infiltración se refiere a la entra- da vertical del agua en el suelo a través de los poros.

La velocidad de infiltración es la relación entre la - lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacer lo, expresandose generalmente en Cm/Hora ó Cm/minuto. Es común referirse al término de infiltración, cuando en efecto corresponde a la velocidad de infiltración.

Su valor es función de varios factores, siendo los - principales: El espesor del agua ó carga empleada para el - riego ó prueba, el contenido de humedad del suelo, la tempera- tura del agua y del suelo, la estructura y el estado físico-- químico del mismo.

La velocidad de infiltración, varía con el tiempo, al presentar el suelo humedad ó cuando se presentan horizontes que tienen la tendencia a compactarse, en ambos casos la velocidad de infiltración disminuye, con excepción del riego - subterráneo en los demás métodos de aplicación, el agua se aplica al terreno superficialmente ó aéreo, para que penetre en él, se almacene y que quede a disposición de las plantas. Por lo tanto el objetivo principal consiste en aportar agua al suelo. En éstas condiciones la velocidad de entrada en el terreno que ha sido sometido a prácticas culturales, reviste capital importancia la velocidad de infiltración.

Pueden ser en el laboratorio sobre muestras alteradas e inalteradas, y métodos en el propio campo.

En éste estudio, solamente daremos a conocer con mayor detalle los métodos realizados en el propio campo y de ellos, mencionaremos los más usados:

1o.- Determinación de la velocidad de infiltración por el método del doble cilindro.

De todos los métodos conocidos en la actualidad, el más versátil es el ideado por Murgrove (1935), que requiere de un anillo de protección para amortiguar el movimiento ó desplazamiento lateral. Consiste en instalar un juego de dos cilindros de acero, huecos de 40 Cms., de alto y respectivamente de 30 a 45 cms., de diámetro, en el terreno escogido para la prueba. Los cilindros pueden hacerse con lámina

de fierro de calibre 16; al soldarse debe limarse la soldadura para que quede una tira de fierro, soldada al cilindro, - cuyo grosor puede ser de 1/8 de pulgada y 1 Pulgada de ancho; una plancha circular (con vástago que servirá de guía), para golpear con un mazo.

Los cilindros deberán ser enterrados en el suelo - -- aproximadamente 15 cms. y una vez enterrados a golpe, se les aplicará el agua en la cavidad interior, usando un tornillo micrométrico que se apoya en el borde del cilindro más pequeño. (Fig. No. 1)

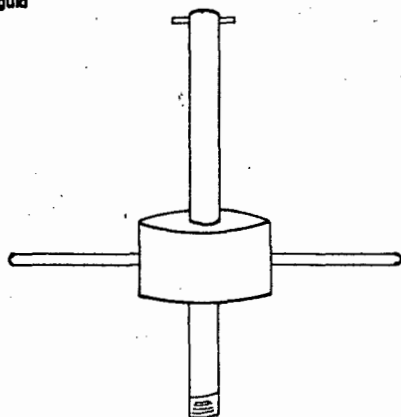
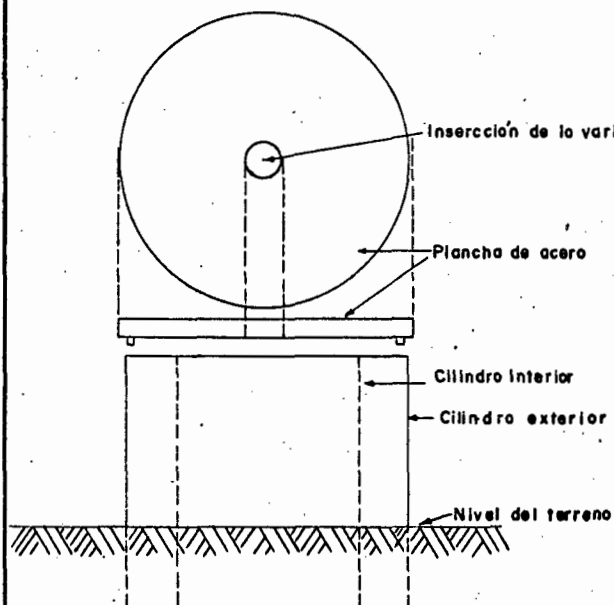
El desarrollo de la determinación comprende los siguientes pasos:

a.- INSTALACION DE LOS CILINDROS.

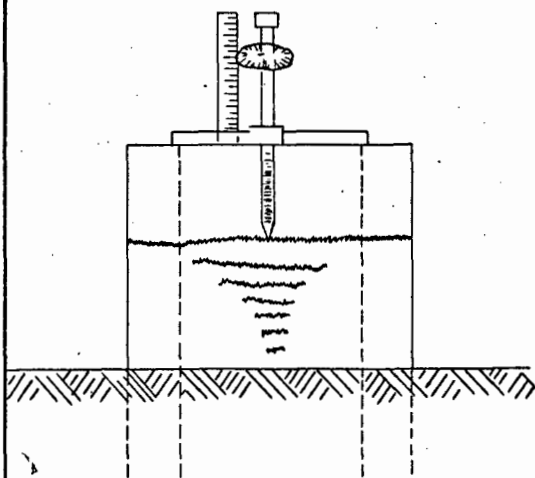
Se localiza el sitio de muestreo en un lugar que sea representativo, procurando eliminar los hormigueros y las -- áreas que hayan sido compactadas con el peso de la maquina-- ria agrícola.

Se sitúa el cilindro más pequeño sobre el suelo y se empuja con firmeza para colocarlo, se coloca encima de la -- placa de fierro y mantenerla a nivel, después se golpea con el mazo, hasta que el cilindro profundice aproximadamente 15 Cms. El golpeo para hincar los dos cilindros concéntricos, debe ser uniforme y manteniendo los bordes a nivel, el gol-- peo desigual; afloja el suelo y modifica sus propiedades fí-- sicas.

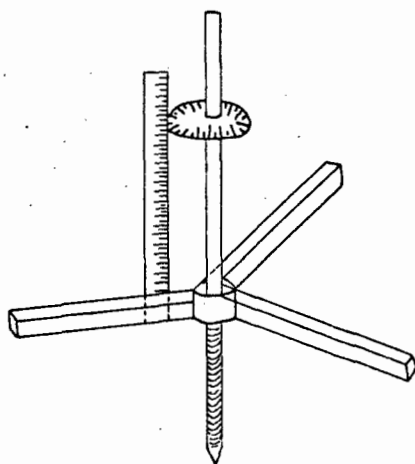
FIG. No. 1 ESQUEMA DEL DOBLE CILINDRO PARA DETERMINAR VELOCIDAD DE INFILTRACION



VARILLA GUIA Y MAZO PARA GOLPEAR SOBRE LA PLANCHA DE ACERO.



LECTURA DEL NIVEL



TORNILLO MICROMETRICO

b.- APLICACION DEL AGUA PARA LA PRUEBA.

Colocar la hoja de plástico delgado en la cavidad del cilindro menor, con el fin de proteger del golpeo del agua a la superficie del suelo. Se aplica después agua de la del riego en la cavidad de los dos cilindros, de tal manera que se alcance el mismo nivel.

La lámina de agua más conveniente es alrededor de 10 cms., que no deberá permitirse que baje durante la prueba - más de 3 cms.

El agua aplicada al cilindro interior servirá para realizar las lecturas de infiltración en los intervalos convenientes. A medida que disminuye por la penetración el agua deberá reponerse periódicamente cuando el nivel baja a menos de 3 cms. y cada reposición de agua puede significar una pérdida de tiempo que nos permita hacer la lectura instantánea correspondiente, por lo cual el registro de anotación de datos se prevé un tiempo muerto para realizar esta operación.

La presencia del agua entre los dos cilindros es para amortiguar la infiltración lateral, razón por la cual es necesario mantener los dos niveles de agua de la misma altura.

c.- PRIMERA LECTURA.

En suelos de alta permeabilidad, puede ser necesario hacer la lectura inicial con plástico, usando reloj y cronómetro para la medición del Tiempo. En suelos pesados se dispo

ne de mayor tiempo para ésta operación, se quita el plástico tirando de él con la menor pérdida de tiempo, se lleva a -- efecto la lectura con tornillos micrométricos. En ambos ca sos ésta pequeña lectura está sujeta a un pequeño error, en el primer caso en más, por no haber empezado la infiltración y en segundo caso, en menos ya que la lectura se toma a efec to después de iniciada la infiltración.

d.- REGISTRO DE DATOS NECESARIOS PARA EL CALCULO DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION.

e.- DENTRO DE UN MISMO SUELO Y CONSIDERANDO A LA CARGA DE AGUA CONSTANTE? SE OBTIENEN VALORES DE INFILTRA CION Y TIEMPO.

Si tomamos en las ordenadas valores obtenidos para la infiltración y en las abcisas el tiempo acumulado y llevamos los valores obtenidos, en el cruce de cada dos valores respec tivos se marca un punto. El conjunto de puntos definen una curva que en este caso presentan una tendencia hiporbólica, - cuya ecuación es de la forma siguiente:

$I = Kt^{\bar{n}}$  en donde:

I = Velocidad de infiltración cm/hora.

K = Valor constante para cada tipo de suelo.

$\bar{n}$  = Exponente negativo.

T = Tiempo transcurrido en minutos.

Al respresentarla en una escala longarítmica, la grá- fica resultante es una línea recta.

20.- Determinación de la velocidad de infiltración por el método de "Entradas y Salidas".

Como los surcos son esencialmente canales de fondo poroso, y sección pequeña, en los cuales el agua se infiltra gradualmente a lo largo del recorrido, para medir la velocidad de infiltración es necesario tomar un tramo de surco adecuado y medir la diferencia entre el gasto en la cabecera y en el extremo del mismo; esto es, usar el método de "Entradas y Salidas". El fundamento del método es simple, pero no es fácil la obtención de datos representativos de la velocidad de infiltración bajo las condiciones de un riego real, ya que en cada punto de la longitud del surco las condiciones de infiltración son diferentes por la variación del gasto y del tiempo acumulado en un momento dado.

La prueba de infiltración se realiza en la forma siguiente:

a.- SELECCION DEL SITIO.

Se escoge un terreno con pendiente uniforme y representativo por sus características de suelo del área que nos interesa.

b.- PREPARACION DEL TERRENO.

Se dan las labores usuales, y se hace la configuración topográfica en el terreno y el trazo de riego.

c.- DISPOSITIVO PARA LA TOMA DE AGUA.

Desde el canal de distribución se planea de tal modo - que se tenga el máximo control del gasto. Esto se logra manteniendo un nivel con variación mínima en la regadera principal, adicionando una zanja reguladora que pueda ser alimentada por medio de un orificio, desde un nivel prácticamente - - constante. Así mismo en el desarrollo de la prueba el gasto - derivado a los surcos con los sifones deberá sufrir variaciones mínimas. De la zanja reguladora se hará la derivación directa de gastos fijos determinados a los surcos de prueba.

d.- DISPISICION DE LA PRUEBA.

La prueba de infiltración puede hacerse con un gasto - determinado por surco o con varios gastos por surco que se -- comparan, como en el caso de las pruebas de riego. En todos - los casos se requieren con gastos iguales regar simultáneamen - te un mínimo de tres surcos consecutivos para hacer la toma - de datos en el surco central.

e.- AFORO DE ENTRADAS Y SALIDAS.

El gasto derivado en la cabecera del surco se manten-- drá constante durante toda la prueba y por lo mismo, la carga hidráulica requiere ser constante lo cuál se facilita si el - nivel del agua en la zanja reguladora es controlado debidamen - te. Para cada surco en prueba, se llevará un registro de - - tiempo desde el momento en que el agua empieza a ser derivada en la cabecera del surco, tomando los tiempos de aforo - - en el extremo inferior desde que el agua empieza a fluir en -



tal punto hasta que dejará de fluir, cierto tiempo después - del corte de agua, el aforo en el extremo inferior se hará - con medidor Parshall. (3)

### 3o.- METODO DEL INFILTROMETRO DE SURCO.

Bounaurant, tratando de obtener una infiltración que fuera representativa de la que ocurre en el surco, diseñó el infiltrómetro de surco, que consiste de dos placas de acero de 1.2 metros de largo por 30 cms. de altura, válvulas de mecanismo de flotador, un micrómetro y un dispositivo para proover agua. El procedimiento empleado en la determinación es el siguiente:

En una área representativa se colocan las placas de metal transversales al surco, con una separación entre ellas de 30 cms., enterrandolas 10 ó 15 cms., y poniendo bordos de tierra a los lados exteriores de las placas, con el objeto de tener zonas para amortiguar la infiltración lateral.

Una vez instalado el equipo, se agrega agua a la zona de prueba sin alterar la superficie del suelo, se mide el nivel del agua y se ajusta la válvula de flotador. Los decrementos de agua en el depósito, determinan la función de infiltración respecto al tiempo.

La función obtenida por éste método, no representa la infiltración que ocurre en surco durante el riego, por las siguientes razones:

10.- El tirante de agua es variable en el surco durante el riego, no así en el infiltrómetro de surco.

20.- La infiltración obtenida por este método, representa la ocurrida en un punto del surco y no a todo lo largo de él. (2)

#### 2.4.- EL AGUA Y SU MOVIMIENTO EN EL RIEGO SUPERFICIAL.

El riego ideal es el que suministra a las plantas exclusivamente el complemento de agua preciso para la obtención de los mejores rendimientos económicos.

En la actualidad, con la aplicación de la técnica al campo, sabemos qué cantidad de agua aportamos y como hemos de suministrarla, para que se desperdicie lo menos posible, asegurando, a la vez, suficiente humedad en todas y cada una de las partes de las parcelas irrigadas.

Por cuanto se acaba de exponer, resulta que es vital que quien vá ha regar conozca lo esencial de las interrelaciones, Agua-Suelo-Planta.

Los surcos con agua corriente en los que está, no se remansa, son en realidad acequias a las que les son aplicables las formulas generales de hidráulica, para la circulación del agua en conducciones rodadas. La diferencia entre unos y otros, estriba en que la función de éstas ultimas es el transporte, por lo que en ellas toda infiltración es indeseable, circulando además por sus cauces caudales relativa

mente importantes, mientras que por los elementos de riego - (surcos ó melgas) pasan corrientes pequeñas, a poca velocidad para favorecer su absorción por el suelo.

Diversos Ingenieros han estudiado varias formulas, mediante consideraciones de tipo teórico que a continuación se mencionan:

Formula de Crevat.- El primero que realizó un estudio-fué el agricultor Frances M. Jules Crevat, miembro correspondiente de la Sociedad de Agricultura de Francia, quien en -- 1907, dió normas que aún se siguen en su país. La cuestión -- es: ; que confianza merece su teoría? Su propio autor reco -- mienda que se interpreten los resultados a que se llega. En -- tierras uniformes es evidente que ha proporcionado muchos exitos.

La Formula de Crevat es:  $V = nh\sqrt{I}$

Donde: V= Velocidad

h= Tirante

n= Coeficiente

I= Pendiente

El coeficiente no tiene valores fijos, por lo que la - utilidad práctica del procedimiento es discutible en cuanto, - se pretende extrapolarlo del medio para el que fué deducido, - el riego de pastizales en zonas de Francia.

Pazos en España, basandose en Crevat, realizó diversas investigaciones que le permitieron aplicar dicha formula con- éxito.

Estos últimos años se han puesto en duda las bases mismas de esta hipótesis por el Húngaro Bozóky - Szeszich (1959), para quien es más correcto escribir:

$$V = n' \sqrt{Ih}$$

Donde:

V = Velocidad

n' = 4 ó 5 para prado segado.

n' = 2 para prado con vegetación vigorosa.

n' = 1 para prado abandonado.

I = Pendiente.

h = Tirante del agua. (3)

El Polaco Dr. Zygmunt Sochon, ha establecido recientemente las bases teóricas del sistema por inundación, teniendo su método el mérito de permitir una mejora de la eficiencia, -pués estudiar la recuperación de las escorrentías. (4)

2.5.- RELACION ENTRE LA FUNCION DE AVANCE Y LA FUNCION DE INFILTRACION.

2.5.a.- ECUACIONES USADAS PARA REPRESENTAR LA VELOCIDAD DE INFILTRACION.

Averyanov, desarrolló la siguiente ecuación para representar la velocidad de infiltración.

$$V_t = K_b (0.75 + 0.25 \sqrt{1 + \frac{1}{T} (a_1 + a_2 h)}) \quad (1)$$

Donde:

$V_t$  = Velocidad de infiltración

$$K_b = K \left( \frac{W_1 - W_0}{M - W_0} \right)^{3.5}$$

$$a_1 = \frac{5.76 W_1 Hk}{K_b} \left( \frac{W_1 - W}{W_1 - W_0} \right)^2$$

$$a_2 = \frac{8.064}{K_b} \left( \frac{W_1 - W}{W_1 - W_0} \right)$$

$W$  = Porcentaje de humedad a que se encuentra el suelo.

$W_1$  = Porcentaje de humedad de saturación.

$W_0$  = Capacidad de campo.

$M$  = Porosidad.

$K$  = Velocidad de infiltración básica.

$T$  = Tiempo.

$Hk$  = Altura capilar.

$h$  = Tirante de agua en el suelo.

Israelsen, presenta un análisis simplificado de riego en melgas, asumiendo una velocidad de infiltración constante de escurrimiento del agua. Finalmente llega a la siguiente ecuación:

$$V_y = \frac{I_f}{n s} \quad (2)$$

Donde:

$V_y$  = Velocidad descendente del agua.

$I_f$  = Velocidad de infiltración básica.

$n$  = Porosidad.

$s$  = Incremento de saturación durante el riego

Fok y Bishop, refieren las siguientes ecuaciones empíricas usadas por la mayoría de los investigadores.

$$I = Kt^n \quad (3)$$

$$I = Co + Kt^n \quad (4)$$

$$I = B + E e^{-rt} \quad (5)$$

Donde:

$I$  = Velocidad de infiltración.

$T$  = Tiempo.

$e$  = 2.718 Base de los logaritmos naturales.

"K", "n", "Co", "B", "E" y "r", son constantes empíricas que dependen de las características del suelo y de las condiciones en que se efectúe la determinación.

La ecuación (3) ha sido usada ampliamente como la expresión de la velocidad de infiltración para un corto período.

do de riego, generalmente dentro de las 24 hrs.

La ecuación (4) puede dar mejores resultados para períodos largos de riego.

La ecuación (5) no ha sido muy empleada, debido a su complejidad matemática.

Vladimirescu, hace intervenir un nuevo parámetro ( $U_0$ ) en la ecuación de infiltración, el cual obtiene, no considerando la curva sintótica al eje de las ordenadas y tomando como valor De  $U_0$ , el valor de la ordenada al origen donde la curva corta el eje.

La ecuación de infiltración obtenida es la siguiente:

$$U = U_c + (U_0 - U_c) e^{-st} \quad (16)$$

Donde:

$U$  = Velocidad de infiltración.

$U_c$  = Velocidad de infiltración básica.

$U_0$  = Ordenada al origen (vel. de infiltración inicial).

$e$  = 2.7.8 Base de los logaritmos naturales.

$$S = \frac{1}{T_1} \quad L_n \left( \frac{U_1 - U_c}{U_0 - U_c} \right)$$

$t$  = Tiempo

$U_1$  = Velocidad de infiltración el tiempo  $t_1$ .

2.5.b.- ECUACIONES USADAS PARA REPRESENTAR EL AVANCE  
DEL AGUA.

Fok y Bishop, Davis, Smerdon, Criddle; han usado las siguientes ecuaciones empíricas para representar la función de avance:

$$L = At^b \quad (7)$$

$$L = C + At^b \quad (8)$$

en las cuales:

L = Longitud de avance.

T = Tiempo.

"A", "B" y "C", son constantes empíricas que dependen de las características de los suelos y de las condiciones en que se realiza el proceso.

La ecuación (7), ha sido muy usada debido a su simplicidad matemática, ya que representa el proceso cuando el avance es uniforme. Esta ecuación corresponde a períodos cortos de riego.

La ecuación (8), ha sido menos usada, ya que representa el avance para períodos largos de riego ya que presenta mayor complejidad.

Las relaciones existentes entre las funciones de avance y de infiltración fueron descritas por Hall (7), Davis (3), Fok y Bishop (6), y Criddle (2) con el objeto de determinar la velocidad de infiltración a través del avance del agua, mediante el análisis siguiente:



$$I = KT^n \quad (3)$$

Integrando la ecuación (3) para obtener la lámina infiltrada "D" respecto al tiempo, se tiene:

$$D = \int_0^t I dt = \int_0^t KT^n = \frac{KT^n + 1}{n + 1}$$

$$D = \frac{KT^n + 1}{n + 1} \quad (9)$$

Despejando "T" de la ecuación (7)

$$T = \left(\frac{X}{A}\right)^{1/b}$$

Y sustituyendo la ecuación (9)

$$D = \frac{K \left[ \left(\frac{X}{A}\right)^{1/b} \right]^{n+1}}{n + 1}$$

Integrando la expresión anterior respecto a "X", se obtiene la lámina media infiltrada en la longitud "X" del surco.

$$D_x = \int_0^x D dx = \int_0^x \frac{K \left[ \left(\frac{X}{A}\right)^{1/b} \right]^{n+1}}{n + 1} dx$$

$$D_x = \frac{K (x)^{\frac{n+1}{b} + 1}}{(n+1) (A)^{\frac{n+1}{b}} \left(\frac{n+1}{b} + 1\right)} \quad (10)$$

Por medio de la ecuación (10) es factible obtener la función infiltración a partir de la de avance.

Vladimirescu, establece un desarrollo matemático de la hidráulica del riego en surcos y finalmente encuentra que la longitud máxima de riego está dada por la expresión:

$$L = \frac{Q}{U_c B} \quad (11)$$

Donde:

$L$  = Longitud máxima del surco.

$Q$  = Gasto derivado al surco.

$U_c$  = Velocidad de infiltración básica.

$b$  = Ancho medio activo del surco. (2)

### 3.- OBJETIVOS.

#### 3.1.- ANALISIS DEL DISTRITO DE RIEGO NUM. 03-TULA.

El Distrito de Riego No. 03-Tula, tiene una disponibilidad de agua aproximado de 1'191,500.000 de M<sup>3</sup>, para regar al rededor de 41,714 has., por inundación y en surco en su mayor porcentaje; realizando el agricultor prácticas de riego por demás irregulares lo que trae como consecuencia, eficiencias y rendimientos bajos a nivel Distrito.

Analizando la problemática del mismo es notorio que el agricultor realiza la aplicación de riegos pesados, ya que se aplica una lámina media por año de 176.2 y una lámina neta media por riego de 20 Cms.

Esta situación origina que:

Primero.- Se agrava el problema de satisfacer la demanda de riegos en la época de estiaje, ya que mientras el gasto disponible disminuye a 42 M<sup>3</sup>/seg. La demanda aumenta a 50 M<sup>3</sup>/seg.

Segundo.- En las zonas bajas con terrenos planos y arcillosos (San Salvador, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan, Ixmiquilpan, Tetepango y Tasquillo), se manifiestan problemas de empantanamiento que se agravan en las épocas de máxima intensidad de riegos.

Por lo anterior mencionado es importante la realiza--

ción constante de investigación en pruebas de riego; con el objeto primordial de obtener información para diseñar los sistemas de riego a nivel parcelario aplicables a la región por medio de una evaluación del riego en terrenos de los usuarios.

El presente estudio, tiene como objetivos primordiales los siguientes:

- a.- Encontrar la máxima longitud permisible en el diseño de riego por surcos.
- b.- Encontrar un gasto que no erosione al suelo y nos asegure una distribución de la humedad uniforme, para un desarrollo normal de las plantas, de acuerdo a condiciones del suelo, topografía y cultivo de la región.

#### 4.- TRABAJOS DE PREPARACION.

4.1.- Se localizó un lote en el campo experimental - "LA VEGA", con características representativas de la zona - de riego.

4.2.- Se realizaron las labores de barbecho y rastreo.

4.3.- Muestreos de suelos para determinar las propiedades Físicas y Químicas.

a.- Se realizaron muestreos en el sentido longitudinal para observar, si en toda la longitud existía el mismo tipo de textura en cada uno de sus extractos de 0-30 y de 30-60 cms. de profundidad.

4.4.- Levantamiento topográfico.

a.- Cuadrícula de 10 x 10 metros.

b.- Plano de curvas de nivel (0.10 M.) de equidistancia vertical.

c.- La pendiente de 0.08 se escogió porque fué la que más se adaptó a las condiciones del terreno.

4.5.- Se construyeron los surcos en el sentido de la pendiente programada.

4.6.- Calibración de Sifones de 1.5." y 2" de  $\phi$ .

a.- De los datos obtenidos se formularon tablas de cargas y volúmenes.

5.- MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADOS:

5.1.- Barrenas, una de caja para determinaciones físicas y químicas del suelo y barrena tipo vehimeyer, para el contenido de humedad.

5.2.- Estacas (40) para señalar distancias.

5.3.- Aforador Parshall (1) de 5 Cms. de garganta, sifones de 1 1/2" (20) y 2" de  $\phi$  (20).

5.4.- Palas (4).

5.5.- Cilindros para determinar velocidad de infiltración del agua en el suelo (Un juego).

5.6.- Nivel de albañil (1).

5.7.- Nivel fijo y estatal.

5.8.- Cronómetros.

5.9.- Reglas metálicas de 30 Cms. (5)

5.10.- Lonas para utilizarse como repesos.

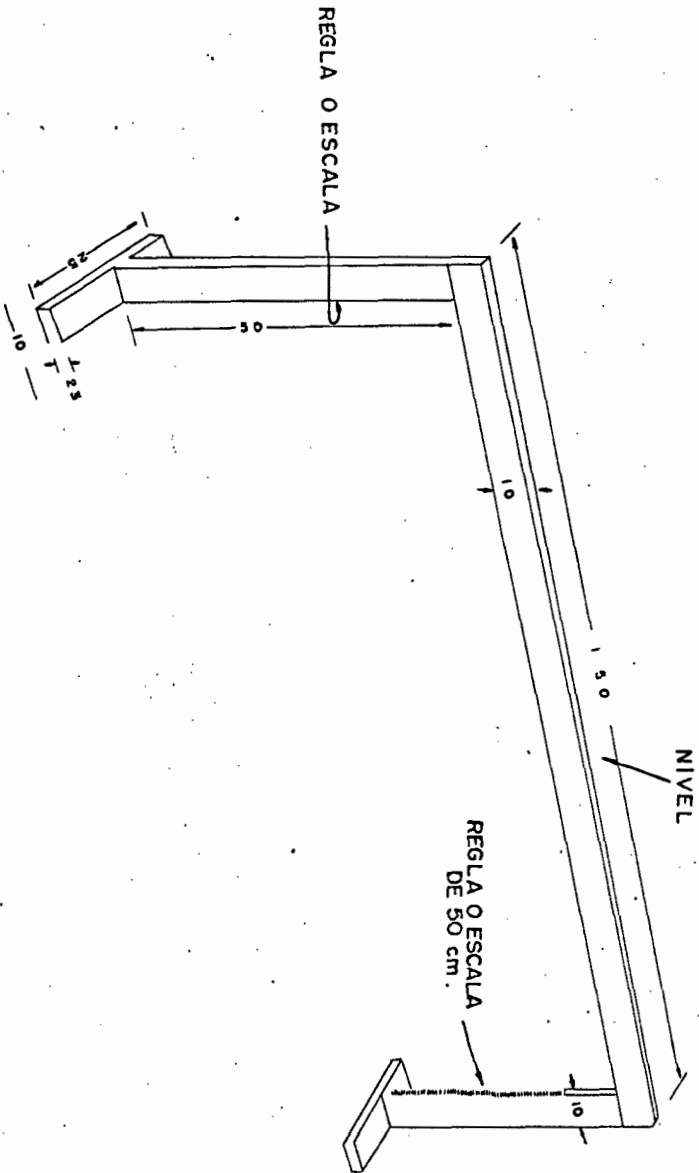
5.11.- Mangueras de nivel (6).

5.12.- Formas de control de campo.

5.13.- Personal.

FIG: No. 2

ESQUEMA QUE REPRESENTA EL SIFONIMETRO



NOTA: ACOTACIONES EN CM.

- a.- Ingeniero (1)
- b.- Técnico Agropecuario (1).
- c.- Peones (5).

6.- DESARROLLO DE LA INVESTIGACION Y METODOS UTILIZADOS.

6.1.- Se seleccionaron cinco surcos de los cuales se estudiaron los cuatro centrales.

6.2.- Para controlar el agua de riego a la entrada de los surcos se utilizaron Sifones. El tirante de agua en la regadera estuvo de acuerdo a la carga de los Sifones.

6.3.- Se realizaron muestreos de suelo para determinar su contenido de humedad antes del riego para calcular la lámina de riego por aplicar.

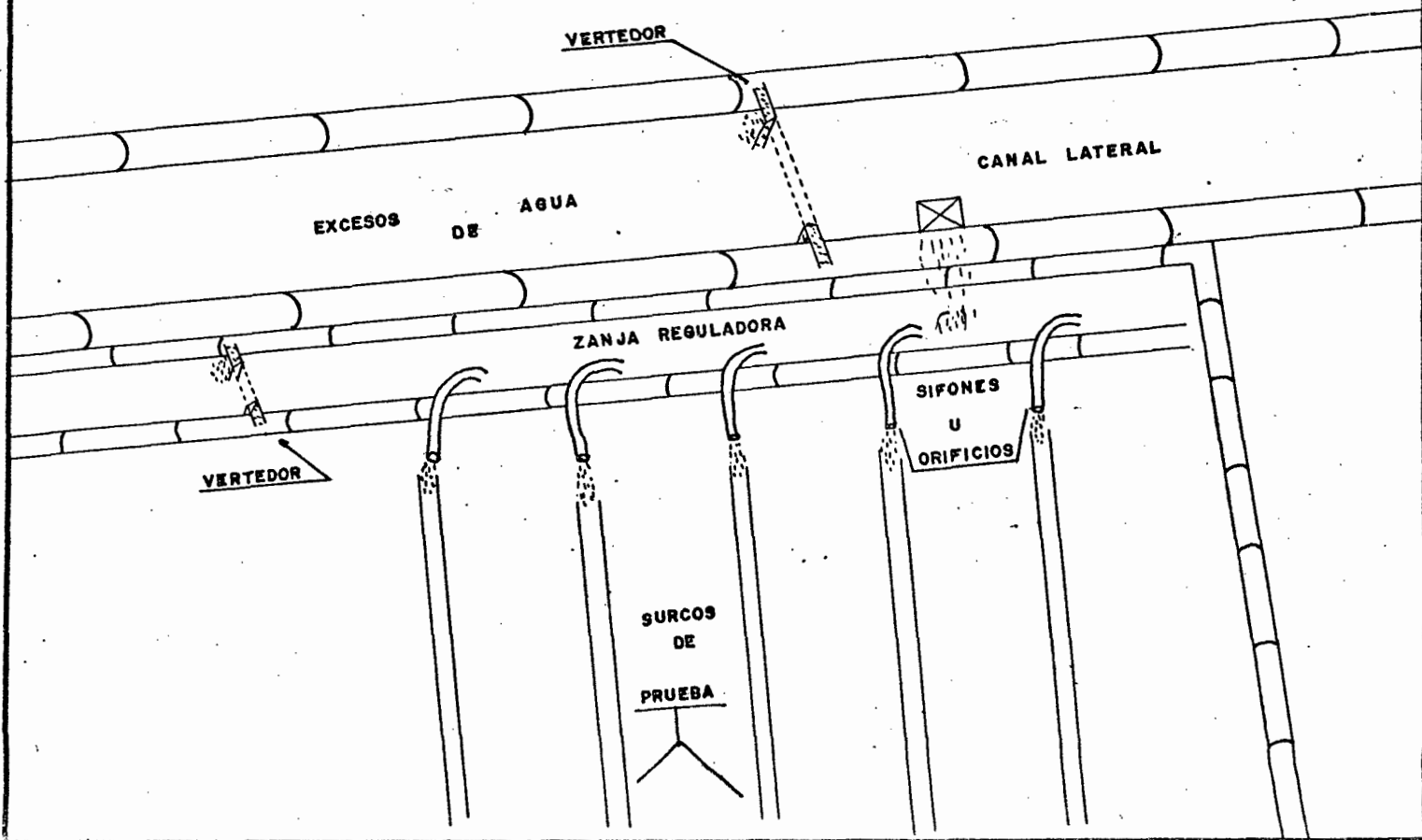
7.- OBSERVACIONES.

7.1.- Para determinar las curvas de avance:

- a.- Se colocaron las estacas en los surcos a una distancia de 20 metros.
- b.- Se tomó los tiempos que tardó el agua en llegar a cada estación, para cada uno de los gastos que se estudiaron.
- c.- Los datos obtenidos se graficarán teniendo como ordenada el tiempo y como abcisa la distancia.



DISPOSICION PROPUESTA PARA EFECTUAR PRUEBAS DE RIEGO EN SURCOS



7.2.- Para determinar la infiltración del agua en el suelo, se utilizó el método de entradas y salidas, además del doble cilindro.

- a.- Se colocó al aforador Parshall en un surco central de los tres que se utilizarán en la prueba.
- b.- Se levantó el perfil del surco con la finalidad de colocarlo a nivel.
- c.- Se colocó a una distancia de 70 metros.
- d.- El gasto de entrada, se aplicó por medio de un Sifón de 2"  $\emptyset$  calibrado y se mantuvo constante la carga durante el tiempo que duró la prueba.
- e.- Cuando el gasto de entrada y el gasto de salida permaneció más o menos constante en intervalos de tiempos iguales se suspendió la prueba.

7.3.- La prueba se consideró como la aplicación de un riego normal respecto a:

- a.- Lámina de riego por aplicar.
- b.- Tiempo de aplicación del riego.
- c.- Utilización de un solo gasto para el riego.

7.4.- Muestreo del suelo para estudiar la distribución de la humedad.

a.- A lo largo del surco.

b.- Transversalmente al sentido del riego.

7.5.- Construcción de zanjas transversales a la dirección del riego, para observar el perfil de mojado.

8.- RESULTADOS.

En los cuadros 1, 2 y 3, se presentan los resultados de las características Físicas y Químicas y de capilaridad.

CUADRO NUM. 1, CARACTERISTICAS FISICAS

PROFUNDIDAD	TEXTURA	CC %	P.M.P. %	H.A. %	D.A. %
0-30	Fco.Arc.Aren.	23.37	14.63	11.67	1.13
0-60	Fco.Arc.Aren.	-	-	-	-

CUADRO NUM. 2, CARACTERISTICAS QUIMICAS.

PROFUNDIDAD	P.H.	CE	P.S.I.	MO %
0-30	7.90	1.45	3.0	1.97
30-60	8.20	0.95	2.0	1.52

CUADRO NUM. 3, ASCENSO CAPILAR.

GASTO	CAPILARIDAD EN 7.2 HRS. (CMS)
2 LpS	7
4 LpS	15

Cálculo de la lámina de riego programada.

$$Lr = \frac{Da \times Pr}{100} \quad (cc- pmp)$$

$$Lr = \frac{1.13 \times 30 (23.37 - 11.67)}{100}$$

$$Lr = \frac{39.66}{100}$$

$$Lr = 0.39 \text{ MT} = 39 \text{ Cm.}$$

9.- GASTO MAXIMO PERMISIBLE.

- a.- Los gastos utilizados en esta prueba fueron 2, 4, 6 y 8 L.p.S., por surco.
- b.- El Criterio que se siguió para escoger éstos gastos, fué en base a la velocidad de infiltración, la retención de humedad y la pendiente del terreno.
- c.- Se observó que los gastos de 6 y 8 L.p.S., causaron erosión, por lo mismo fueron anulados para nuestros fines.
- d.- El gasto de 2 L.p.s. por surco, resultó no recomendable, debido a que el tiempo de riego no puede ser aplicado a nivel práctico.
- e.- Se concluyó que el gasto de 4 L.p.s., por surco - fué el recomendable ya que el agua no rebasó los surcos y el tiempo de riego es satisfactorio.

10.- TIEMPO DE RIEGO PARA APLICAR LA LAMINA REQUERIDA.

- a.- Se utilizaron Sifones de 2"  $\phi$
- b.- En el cuadro No. 4, se presenta los resultados de la prueba preliminar.

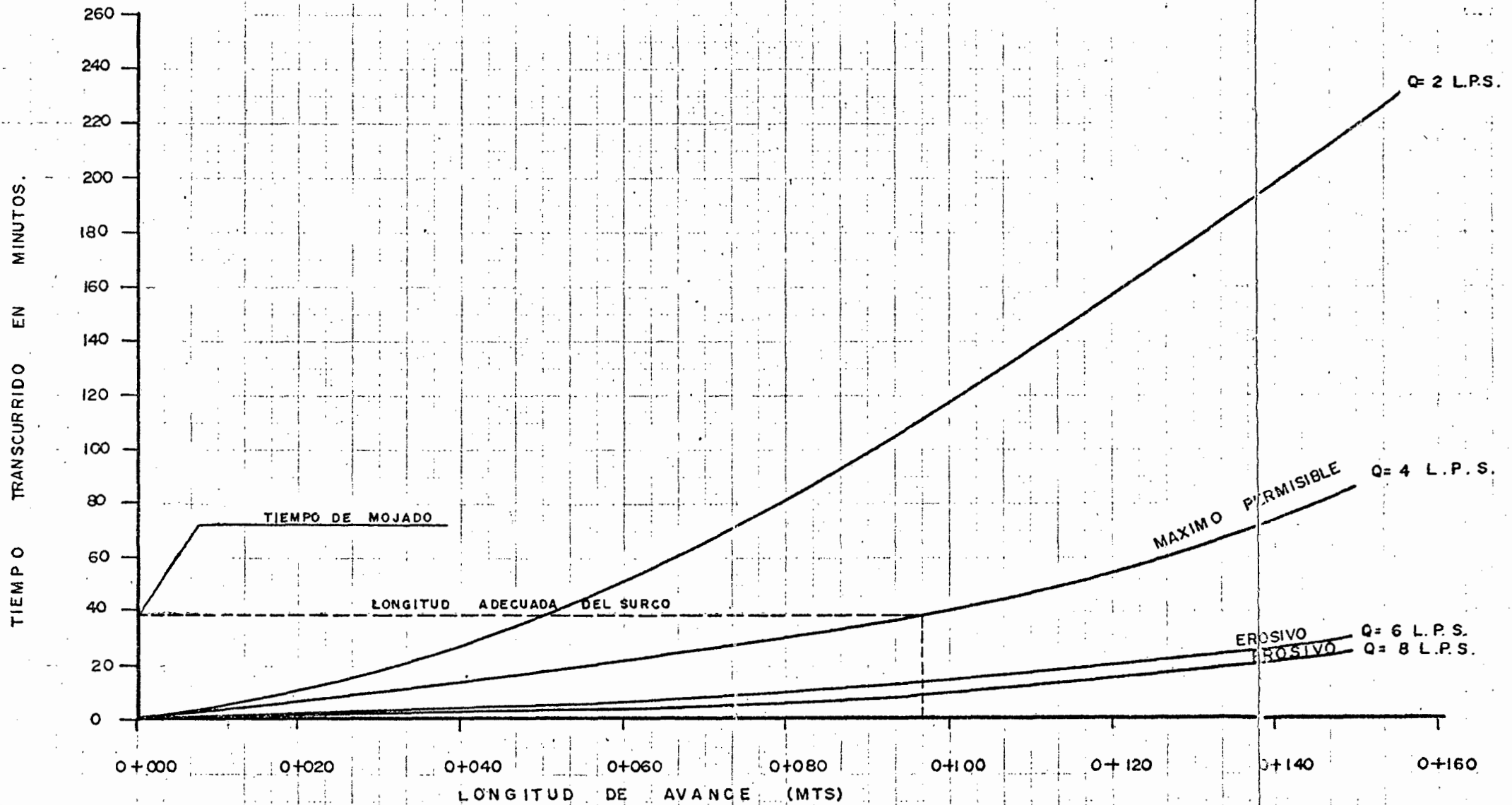
C U A D R O . N U M . 4

PRUEBAS DE RIEGO SIN CULTIVO EN TEXTURA  
 MEDIA REALIZADAS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL DISTRITO  
 DE RIEGO NUM. 03-TULA.

Prueba de rgo.	Repeti- ciones	S U R C O		Pendiente %	Gasto H.p.S.	Tiempo de Rgo. Min.	Volúmen M3	Lámina de Rgo. Cms.	Observaciones
		Ancho Mts.	Longitud Mts.						
1	2	0.92	154	0.08	2	340	40.800	28.7	Pérdidas por per- colación.
2	2	0.92	154	0.08	4	155	37.200	26.2	Mojó hasta el te- petate.
3	2	0.92	154	0.08	6	49	17.640	12.4	Causó erosión.
4	2	0.92	154	0.08	8	41	19.680	13.8	Causó erosión.

FIG: No. 4

CURVAS DE AVANCE DE DIFERENTES GASTOS  
PARA DETERMINAR LA LONGITUD MAXIMA DE  
LOS SURCOS.



11.- LONGITUD MAXIMA PERMISIBLE.

a.- Se observó que los gastos utilizados 2, 4, 6 y 8 L.p.S. por surcos, el tiempo de avance (tiempo que tarda en llegar el agua en llegar desde el inicio al final del surco) fué más rápidamente en los gastos de 6 y 8 L.p.S., lo cual influyó en la eficiencia de distribución de la humedad a to do lo largo del surco.

12.- CONCLUSIONES PRELIMINARES.

- a.- El gasto de 4 L.p.S., no causó erosión al suelo.
- b.- Presentó una distribución de la humedad uniforme.
- c.- Se puede aceptar un rango de 4 a 5 L.p.S.
- d.- Longitud de riego recomendable es de 100 a 120 M. con una separación de surcos hasta de 1.20 M. -- (Conclusión en base a las zanjas transversales - al sentido del riego).
- e.- Tiempo de riego de 90 minutos.
- f.- Lámina de riego de 19.56 cms.
- g.- Se continuarán las pruebas con la finalidad de afi nar las conclusiones antes mencionadas.

13.- PRUEBAS DE RIEGO DE APINE.

La finalidad por la cuál se realizó esta prueba, fué - la de comprobar las conclusiones obtenidas y anteriormente -

mencionadas; llevada a cabo en las mismas condiciones que la prueba preliminar.

A continuación se presenta en el cuadro No. 5, los resultados de la prueba de afiné y las conclusiones finales.



C U A D R O N U M . 5

PRUEBAS DE RIEGO DE AFINE SIN CULTIVO EN  
TEXTURA MEDIA CON GASTO DE 4 L.P.S., REALIZADAS EN EL  
CAMPO EXPERIMENTAL DEL DISTRITO DE RIEGO NUM. 03-TULA.

Prueba de Rgc.	Repeti ciones	S U R C O		Pendiente %	Gasto L.p.S.	Tiempo de Rgo.	Volúmen M3.	Lámina de Rgo.	Observaciones
		Ancho Mts.	Longitud Mts.						
1	5	0.92	120	0.00	4	100	24	20	Se mojó hasta el te petate.
2	4	1.30	120	0.1	4	52	12.4	8.7	Se mojó hasta el te petate.

14.- CONCLUSIONES FINALES.

14.1.- El gasto de 4 L.p.S., presentó una distribución de la humedad uniforme.

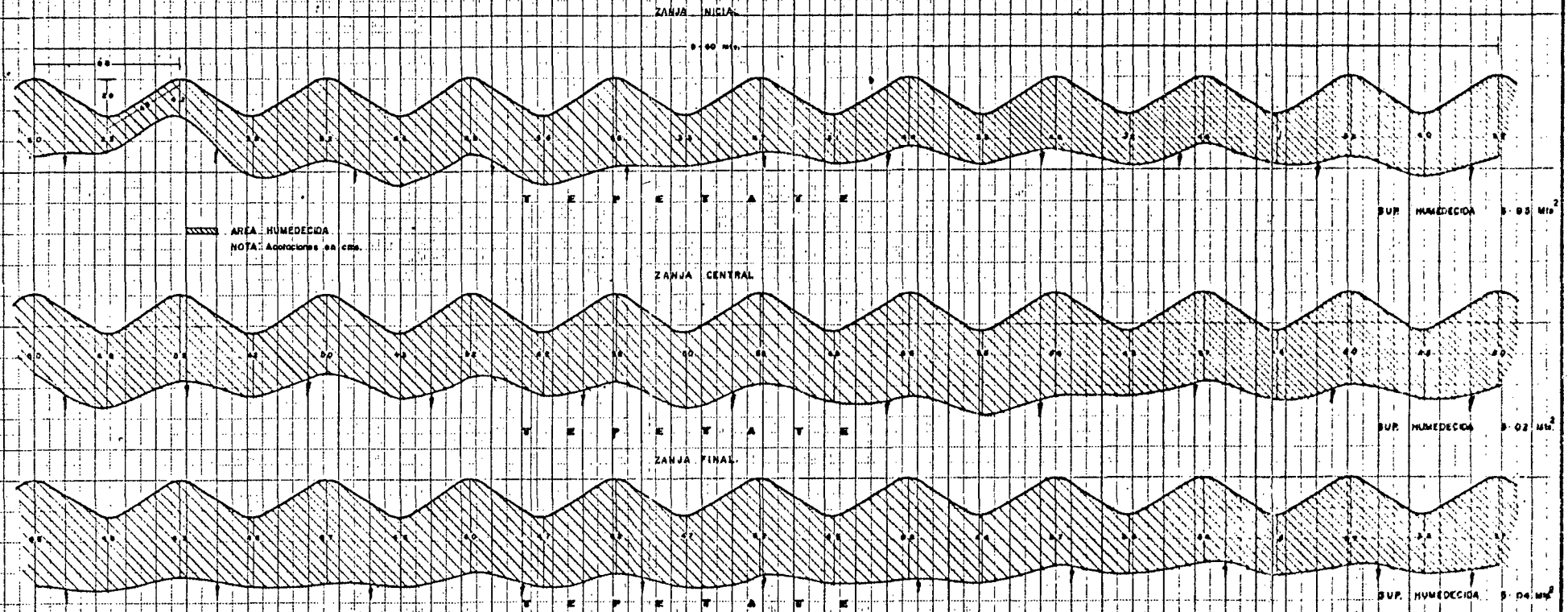
14.2.- La longitud de riego recomendable debe ser de 100 a 120 metros. (Conclusiones en base a las zanjaz transversales al sentido del riego).

14.3.- Tiempo de riego de 90 a 100 minutos.

14.4.- Lámina de riego de 20 Cms.

14.5.- Es aceptable el riego por surcos alternos con la seguridad de que el establecimiento y de sarrollo de los cultivos no se verán perjudicados por falta de humedad.

FIG. No. 5 PRUEBA DE RIEGO DE AFINE EN SURCOS ALTERNOS  
 4 L. P. S.  
 OBSERVACION DEL BULBO DE MOJADO



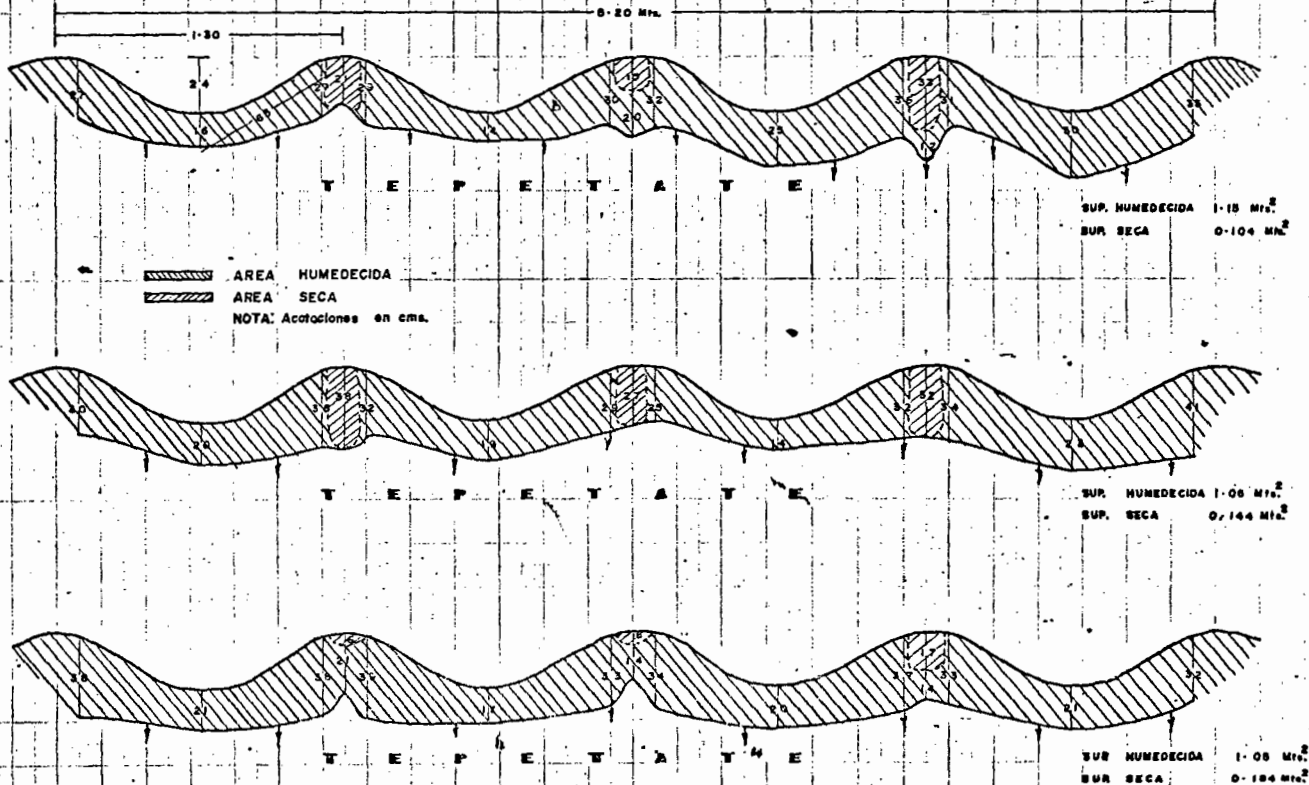
ESCALA 1:200

FIG. No. 6

# PRUEBA DE RIEGO DE AFINE EN SURCOS

4 L. P. S.

## OBSERVACION DEL BULBO DE MOJADO



## CONCLUSIONES DE RIEGO EN SURCOS CON ANCHO DE 130 MTS.

14.6.- El gasto de 4 L.p.S., presentó una distribución de la humedad no uniforme, debido a que los surcos de prueba presentaban un ancho de 1.30 metros.

14.7.- La longitud de riego recomendable es de 100 a 120 metros. (Conclusión en base a las zanjales transversales - al sentido del riego).

14.8.- Tiempo de riego de 52 minutos.

14.9.- Lámina plicada de 8.7 Cms.

14.10- Es aceptable el riego en este tipo de surcos; con la recomendación de que la construcción de los mismos - no pase de 1.20 del ancho.

## 15.- DISCUSIONES.

La prueba de riego se realizó con la finalidad de -- aplicar un solo gasto en todo el tiempo de riego.

Para que se pueda obtener una mayor eficiencia de -- distribución del agua en los surcos, se requiere que el - - tiempo de avance sea mínimo, para que se puedan obtener efi -- ciencias recomendables, por consiguiente a mayor diferencia de tiempo de riego de la parte inicial a la parte final del surco, mayores son las pérdidas por percolación y baja efi -- ciencia de distribución de la humedad, esto está íntimamen -- te relacionado con el tipo de suelo, contenido de humedad, pendiente, capacidad y preparación del terreno, etc.

16.- RECOMENDACIONES.

16.1.- Deben continuarse las pruebas, con la finalidad de afinar las conclusiones antes mencionadas en cultivos establecidos.

## PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACION

## METODO DEL DOBLE CILINDRO.

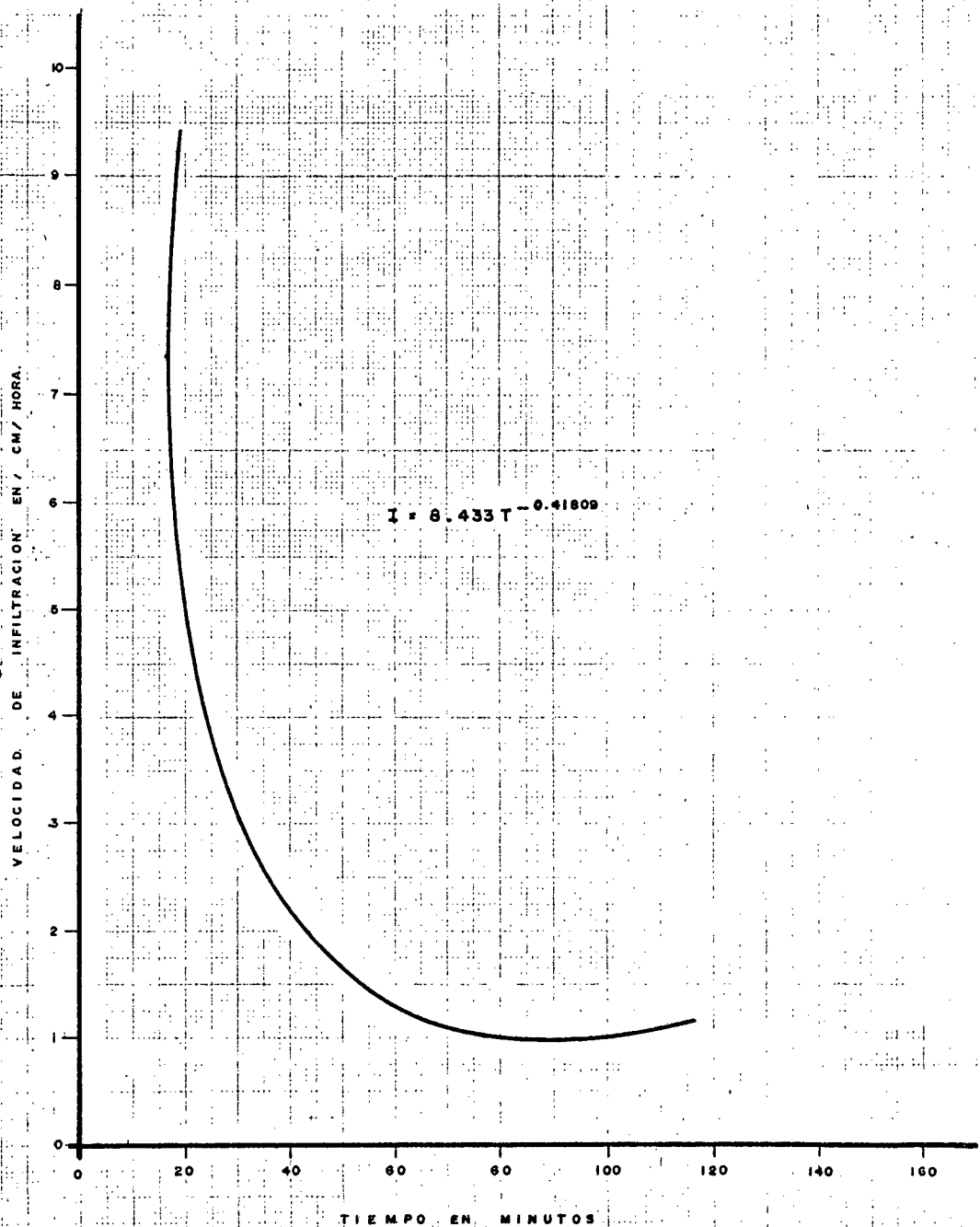
Tiempo Hrs.	Tiempo Muerto Min.	Diferencia entre lect. Min.	Lectura Cms.	Diferencia entre lect. consecutivas	Tiempo Acumulado.	Tiempo Re presentativo.	Velocidad de Infiltración en Cm/Hr.
11.55	- 0 -	- 0 -	0.00	- 0 -	- 0 -	- 0 -	- 0 -
12.14	- 0 -	1.9	3.00	3.00	19	9.5	9.47
12.16	2	2	0.00	- 0 -	21	10.5	0.00
12.39	- 0 -	23	3.00	3.00	44	22.0	4.09
12.41	2.	2	0.00	- 0 -	46	23.0	0.00
12.45	- 0 -	4	1.00	1.00	50	25.0	1.2
12.46	1	1	0.00	- 0 -	51	25.5	0.00
12.50	- 0 -	4	1.00	1.00	55	27.5	1.2
12.51	1	1	0.00	- 0 -	56	28.0	0.00
12.56	- 0 -	5	1.00	1.00	61	30.5	1.2
12.57	1	1	0.00	- 0 -	62	31.0	0.00
13.11	- 0 -	4	1.00	1.00	66	33.0	1.2
13.12	1	1	0.00	- 0 -	67	33.5	0.00
13.28	- 0 -	16	1.00	1.00	83	41.5	1.2
13.29	1	1	0.00	- 0 -	84	42.0	0.00
13.45	- 0 -	16	1.00	1.00	100	50.0	1.2
13.46	1	1	0.00	- 0 -	101	50.5	0.00
14.01	- 0 -	15	1.00	1.00	116	58.0	1.2

FIG: No. 7

VELOCIDAD DE INFILTRACION

CAMPO EXPERIMENTAL

MIXQUIAHUALA HGO.



RESULTADO DE LA PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACION  
 REALIZADA EN EL CAMPO DE EXPERIMENTACION "LA VEGA" (METODO  
 DE ENTRADAS Y SALIDAS). PARSHALL NUM. 1

Tiempo Hora	Tiempo Acumulado Min.	Gasto de En- trada en Es- tacion 0+000 L.P.S.	Gasto de Sa- lida en Es- tacion 0+070 L.p.S.	Pérdidas en el Surco -- L.p.S.	Infiltración Cm/Hora.
12:10	Salida	3	0.20	2.80	15.65
12:20	10	3	0.80	2.20	12.29
12:30	20	3.	0.52	2.48	13.86
12:40	30	3	0.52	2.48	13.86
12:50	40	3	0.52	2.48	13.86
13:00	50	3	0.52	2.48	13.86
13:10	60	3	0.70	2.30	12.85
13:20	70	3	0.52	2.48	13.86
13:30	80	3	0.40	2.60	14.53
13:40	90	3	0.52	2.48	13.86
13:50	100	3	0.52	2.48	13.86
14:00	110	3	0.53	2.47	13.80
14:10	120	3	0.53	2.47	13.80
14:20	130	3	0.53	2.47	13.80
14:30	140	3	0.53	2.47	13.80
14:40	150	3	0.53	2.47	13.80

DURACION DE LA PRUEBA.- 2 HORAS, 30 MINUTOS.



RESULTADO DE LA PRUEBA DE VELOCIDAD DE INFILTRACION  
 REALIZADA EN EL CAMPO DE EXPERIMENTACION "LA VEGA" (METODO  
 DE ENTRADAS Y SALIDAS). PARSHALL NUM. 2.

Tiempo Hora	Tiempo Acumulado Min.	Gasto de En- trada en Es- tación 0+000 L.p.S.	Gasto de Sa- lida en Es- tación 0+070 L.p.S.	Volúmen en 70 Metros L.p.S.	Infiltracion Cm/Hora.
12:7	Salida	3	0.850	2.150	12.01
12:17	10	3	0.875	2.125	11.87
12:27	20	3	0.574	2.426	13.56
12:37	30	3	0.175	2.825	15.79
12:47	40	3	0.350	2.650	14.81
12:57	50	3	0.348	2.652	14.82
13:07	60	3	0.575	2.425	13.55
13:17	70	3	0.248	2.752	15.38
13:27	80	3	0.185	2.815	15.73
13:37	90	3	0.325	2.675	15.37
13:47	100	3	0.575	2.425	13.55
13:57	110	3	0.575	2.425	13.55
14:07	120	3	0.175	2.825	15.79
14:17	130	3	0.175	2.825	15.79
14:27	140	3	0.575	2.825	15.79
14:37	150	3	0.185	2.815	15.93

DURACION DE LA PRUEBA.- 2 HORAS, 30 MINUTOS.

TABLA DE GASTOS Y VOLUMENES DEL SIFON NUM. 1, DE  
PLASTICO DE 1 1/2" Ø CON DESCARGA LIBRE.

CARGA CMS.	VOLUMEN LTS.	TIEMPO SEG.	GASTO L.P.S.
28.5	7.850	5.95	1.321
28.0	7.615	6.0	1.269
24.5	8.610	7.4	1.163
23.7	7.000	7.1	0.985
16.5	7.530	8.0	0.941
16.5	7.150	7.6	0.942
13.5	7.725	7.9	0.977
13.4	7.000	8.6	0.813
8.5	7.605	12.10	0.628
8.5	7.330	11.95	0.613
7.0	9.360	10.75	0.870
6.6	5.230	11.80	0.443
5.6	5.420	14.50	0.373
5.7	4.485	13.50	0.332
5.2	4.345	15.10	0.287
5.1	4.205	15.20	0.276
4.3	3.465	15.10	0.229
4.3	3.700	16.10	0.229
3.2	3.335	16.50	0.202
3.2	3.660	19.10	0.191
2.0	3.370	24.40	0.138
1.9	3.390	25.80	0.131
1.0	4.165	29.80	0.139
0.8	4.060	29.60	0.137

TABLA DE GASTOS Y VOLUMENES DEL SIFON NUM. 2, DE  
PLASTICO DE 1 1/2"  $\phi$  CON DESCARGA LIBRE.

CARGA GMS.	VOLUMEN LTS.	TIEMPO SEG.	GASTO L.P.S.
33.2	7.510	5.30	1.416
33.1	6.890	4.70	1.465
25.6	7.465	6.20	1.204
25.3	5.260	5.40	0.974
23.5	6.840	6.20	1.103
23.5	5.800	5.10	1.137
18.5	5.930	6.00	0.988
18.7	5.415	5.20	1.041
17.5	7.255	6.10	1.189
17.5	4.880	5.20	0.938
16.6	5.620	6.10	0.921
16.4	5.300	6.10	0.868
13.3	3.980	5.10	0.780
13.3	4.485	5.50	0.815
11.1	3.645	5.10	0.714
11.0	3.685	5.20	0.705
9.6	2.755	4.15	0.663
9.6	2.740	4.30	0.637
8.5	3.735	8.00	0.46687
8.3	5.900	8.10	0.7283
5.3	4.450	10.30	0.4320
5.3	4.390	11.30	0.3884
5.0	4.810	11.20	0.4294
5.1	4.750	11.35	0.4184
2.5	4.350	15.65	0.2778
2.6	4.260	16.35	0.2605
1.5	4.000	23.00	0.1739
1.5	3.460	23.20	0.1491

TABLA DE GASTOS Y VOLUMENES DEL SIFON NUM. 3, DE  
PLASTICO DE 1 1/2" Ø CON DESCARGA LIBRE.

CARGA CMS.	VOLUMEN LTS.	TIEMPO SEG.	GASTO L.P.S.
29.0	8.375	6.60	1.268
28.7	9.15	6.0	1.527
25.4	8.530	7.20	1.187
25.3	7.565	6.30	1.200
23.5	7.035	6.10	1.550
23.5	7.590	6.70	1.320
22.3	9.350	9.20	1.070
22.0	9.795	8.60	1.140
17.0	7.885	8.95	0.878
16.7	7.830	9.40	0.852
14.3	8.040	9.35	0.862
14.3	7.700	9.0	0.855
10.8	8.787	12.20	0.720
11.0	7.420	11.60	0.639
7.7	7.055	12.10	0.583
7.6	8.135	15.15	0.525
4.9	6.060	14.15	0.430
5.8	5.915	13.80	0.428
3.5	5.205	15.60	0.334
3.5	4.920	15.30	0.322
1.8	3.305	17.75	0.1865
1.9	3.800	19.30	0.197

TABLA DE GASTOS Y VOLUMENES DEL SIFON NUM. 4, DE  
PLASTICO DE 1 1/2"  $\phi$ , CON DESCARGA LIBRE

CARGA CM.	VOLUMEN LTS.	TIEMPO SEG.	GASTO L.P.S.
29.8	8.040	6.40	1.260
30.4	5.335	5.70	0.938
28.0	8.000	6.50	1.232
28.0	7.190	6.90	1.023
25.2	8.530	7.30	1.170
25.2	6.220	6.40	0.972
21.8	8.545	8.25	1.035
22.2	6.635	7.15	0.928
19.2	7.20	8.10	0.889
19.3	7.000	7.20	0.924
16.9	7.280	8.15	0.894
16.5	7.280	8.35	0.872
12.9	8.525	11.30	0.755
12.7	8.180	10.30	0.795
8.9	6.635	12.50	0.523
8.8	7.770	13.0	0.598
6.3	6.290	13.20	0.469
6.3	6.400	13.65	0.469
4.2	5.120	17.50	0.292
3.9	5.310	17.65	0.302
1.4	3.260	24.40	0.134
1.5	3.350	25.75	0.130

TABLA DE GASTOS Y VOLUMENES DEL SIFON NUM. 5, DE  
PLASTICO DE 1 1/2"  $\phi$  CON DESCARGA LIBRE.

CARGA CMS.	VOLUMEN LTS.	TIEMPO SEG.	GASTO L.P.S.
29.3	10.150	7.75	1.3090
29.3	9.180	7.50	1.2240
26.5	11.570	8.40	1.3773
26.5	11.840	9.10	1.3010
23.0	6.630	6.20	1.6935
23.0	7.080	7.0	1.0114
20.8	5.980	6.10	0.9803
20.8	6.770	7.15	0.9468
17.3	7.000	7.30	0.9588
17.4	6.940	7.50	0.9253
13.5	6.330	7.80	0.8115
13.7	6.000	7.60	0.7894
10.5	6.380	9.60	0.664
10.5	6.970	10.70	0.688
8.0	9.945	15.50	0.642
7.6	8.900	15.65	0.569
4.7	6.240	17.20	0.363
4.4	6.635	17.70	0.369
1.0	3.070	25.20	0.122
1.0	3.460	27.40	0.1265

FIG: No. 8

CURVA DE GASTOS PARA LOS SIFONES DE 1" Ø (Aguas mezcladas)

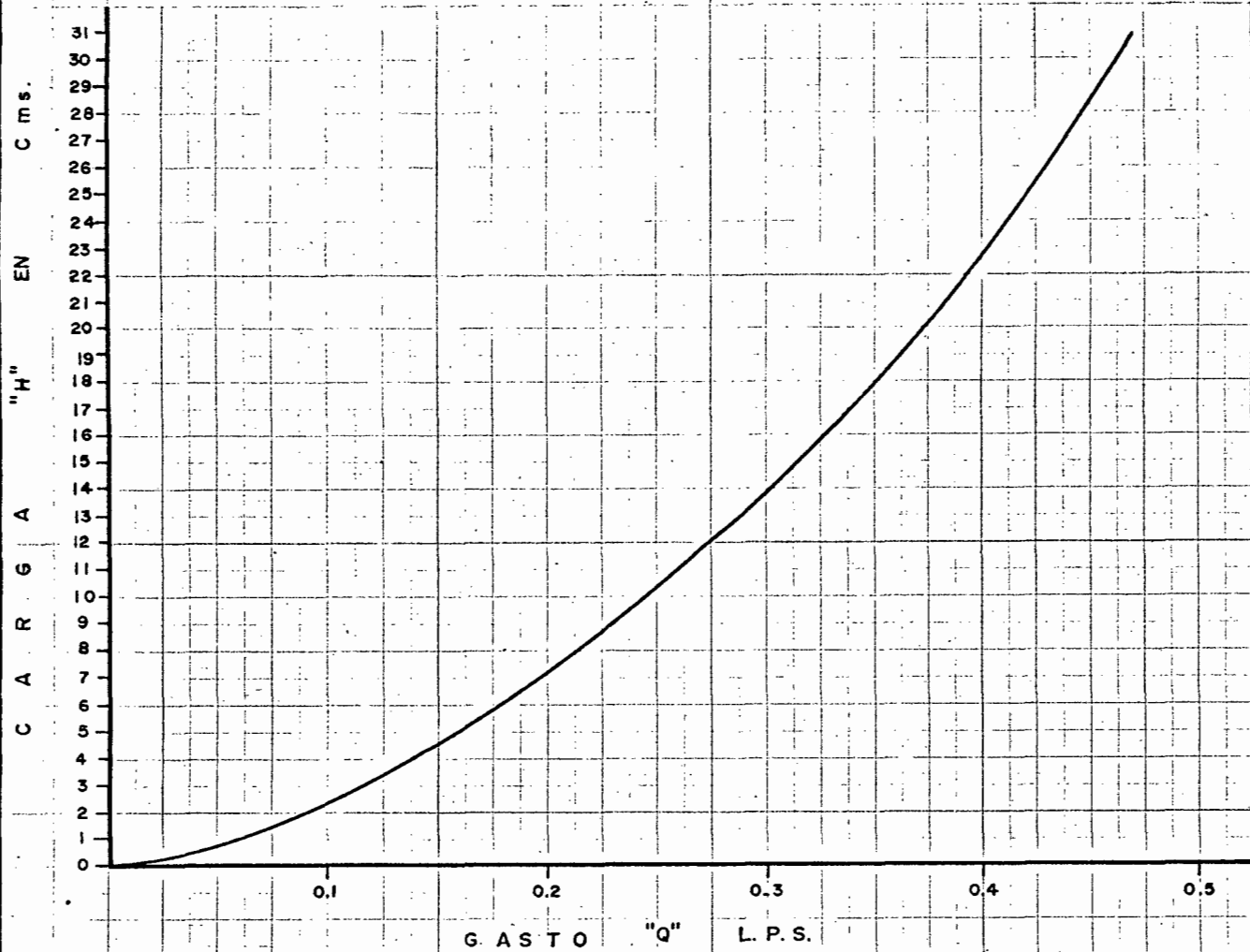


TABLA DE GASTOS Y VOLUMENES DEL SIFON NUM. 1, DE  
PLASTICO DE 2" Ø CON DESCARGA LIBRE.

CARGA CMS.	VOLUMEN LTS.	TIEMPO SEG.	GASTO L.P.S.
28.9	10.95	2.20	4.98
28.9	8.350	1.70	4.92
23.8	7.545	2.20	3.43
23.8	6.645	1.49	4.47
19.6	8.245	2.60	3.175
19.3	8.865	3.30	2.68
14.7	6.175	2.60	2.375
14.7	8.225	3.50	2.348
11.2	8.540	3.30	2.58
11.2	10.560	4.80	2.195
8.1	8.795	5.00	1.755
8.1	6.700	4.00	1.675
4.8	6.120	5.80	1.055
4.8	8.160	7.80	1.028
1.7	5.015	9.70	0.517
1.7	5.480	11.00	0.4975



TABLA DE GASTOS Y VOLUMENES DEL SIFON NUM. 2, DE  
PLASTICO DE 2" Ø CON DESCARGA LIBRE.

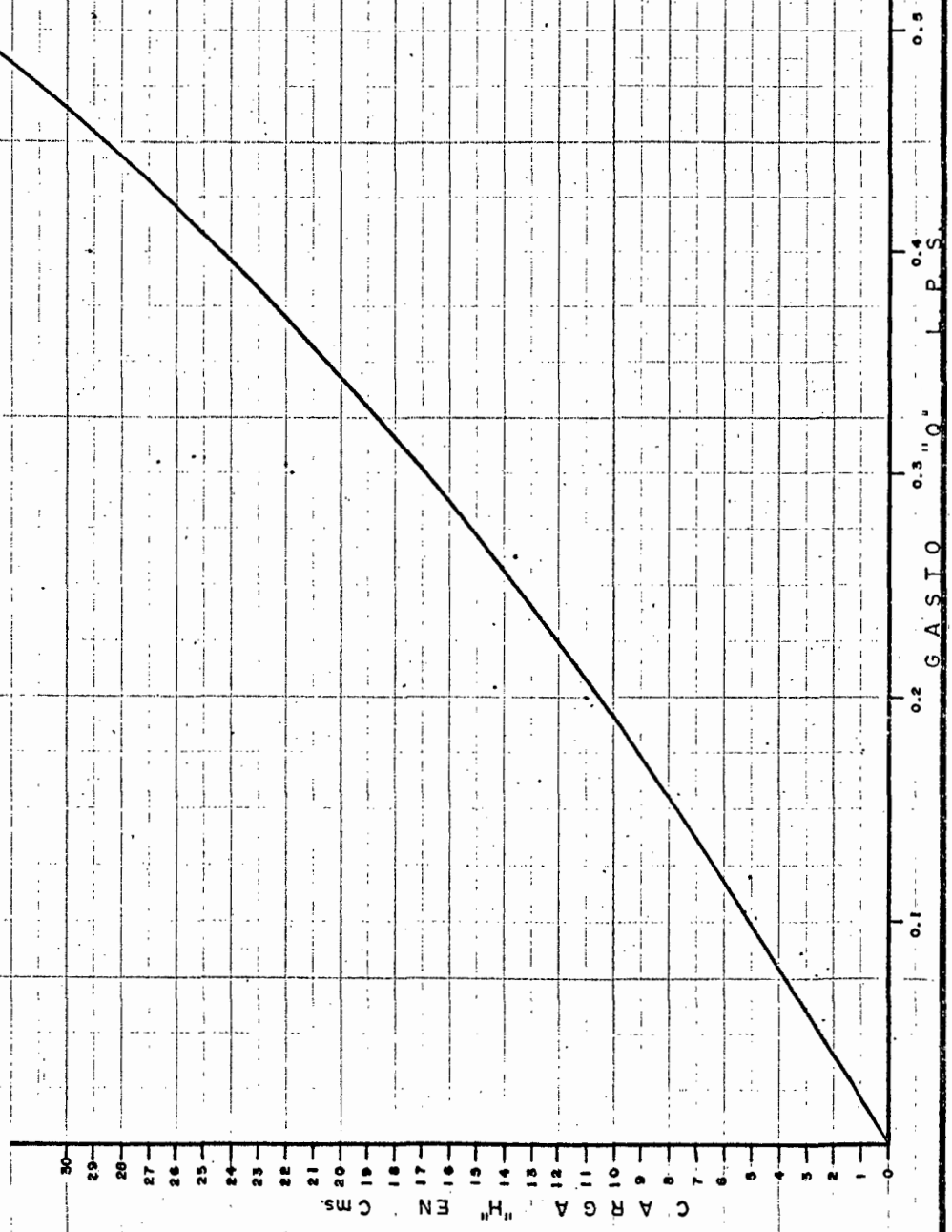
CARGA CMS.	VOLUMEN LTS.	TIEMPO SEG.	GASTO L.P.S.
30.2	9.580	2.30	4.17
30.1	6.910	1.93	3.58
27.4	9.725	2.80	3.475
27.4	9.390	2.60	2.62
23.9	8.420	2.40	3.51
23.8	7.800	2.40	3.21
19.5	8.075	2.90	2.78
19.1	9.080	3.20	2.84
16.5	8.890	3.00	2.97
16.5	9.510	3.75	2.53
12.1	7.070	3.25	2.17
12.0	8.590	3.90	2.21
8.5	8.205	4.80	1.71
8.2	7.685	4.65	1.65
5.7	6.535	5.20	1.065
5.5	7.300	5.80	1.26
1.5	8.240	16.35	0.505

TABLA DE GASTOS Y VOLUMENES DEL SIFON NUM. 3, DE  
PLASTICO. DE 2"  $\phi$  CON DESCARGA LIBRE.

CARGA CMS.	VOLUMEN LTS.	TIEMPO SEG.	GASTO L.P.S.
28.3	9.335	2.90	3.22
28.2	9.335	2.20	4.24
25.0	9.685	2.95	3.28
24.7	7.800	2.50	3.12
22.6	9.165	2.75	3.33
22.6	10.730	3.32	3.23
19.3	8.190	2.90	2.825
19.3	10.585	3.50	3.02
15.7	8.870	3.50	2.53
16.7	8.320	3.40	2.45
12.8	8.445	3.70	2.28
12.8	7.930	4.00	1.985
10.3	6.860	3.00	2.28
10.4	5.800	2.90	2.0
8.7	7.685	2.95	2.6
7.7	7.800	4.70	1.662
5.0	6.380	5.30	1.205
5.1	6.535	5.40	1.19
2.5	4.810	6.30	0.763
2.4	5.360	8.40	0.638

Fig. No. 9

CURVA DE GASTOS PARA LOS SIFONES DE 2" Ø (Aguo mezcladas.)

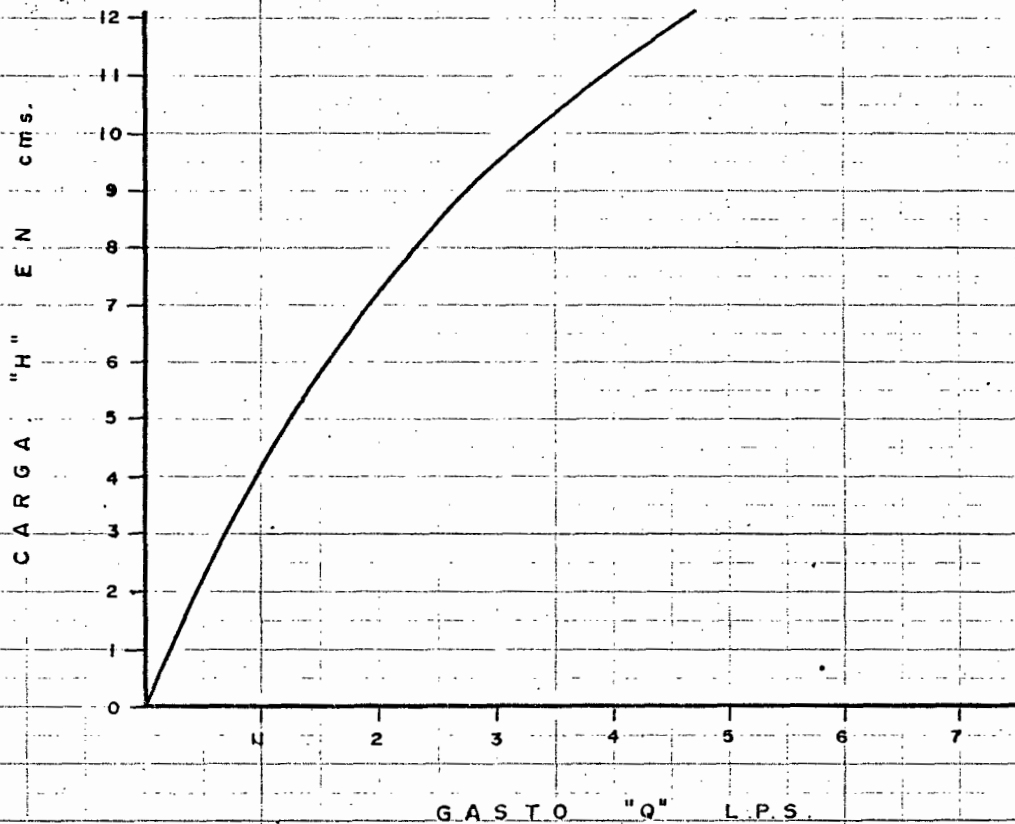


CALIBRACION DE AFORADOR PARSHALL NUM. 1

DE W = 0.05 MTS. DE CAIDA LIBRE.

CARGA CMS.	GASTO L.P.S.
1.0	0.20
1.5	0.32
2.0	0.45
2.5	0.55
3.0	0.52
3.5	0.80
4.0	0.95
4.5	1.10
5.0	1.25
5.5	1.40
6.0	1.55
6.5	1.75
7.0	1.95
7.5	2.10
8.0	2.30
8.5	2.53
9.0	2.75
9.5	3.02
10.0	3.30
10.5	3.60
11.0	3.95
11.5	4.30
12.0	4.00

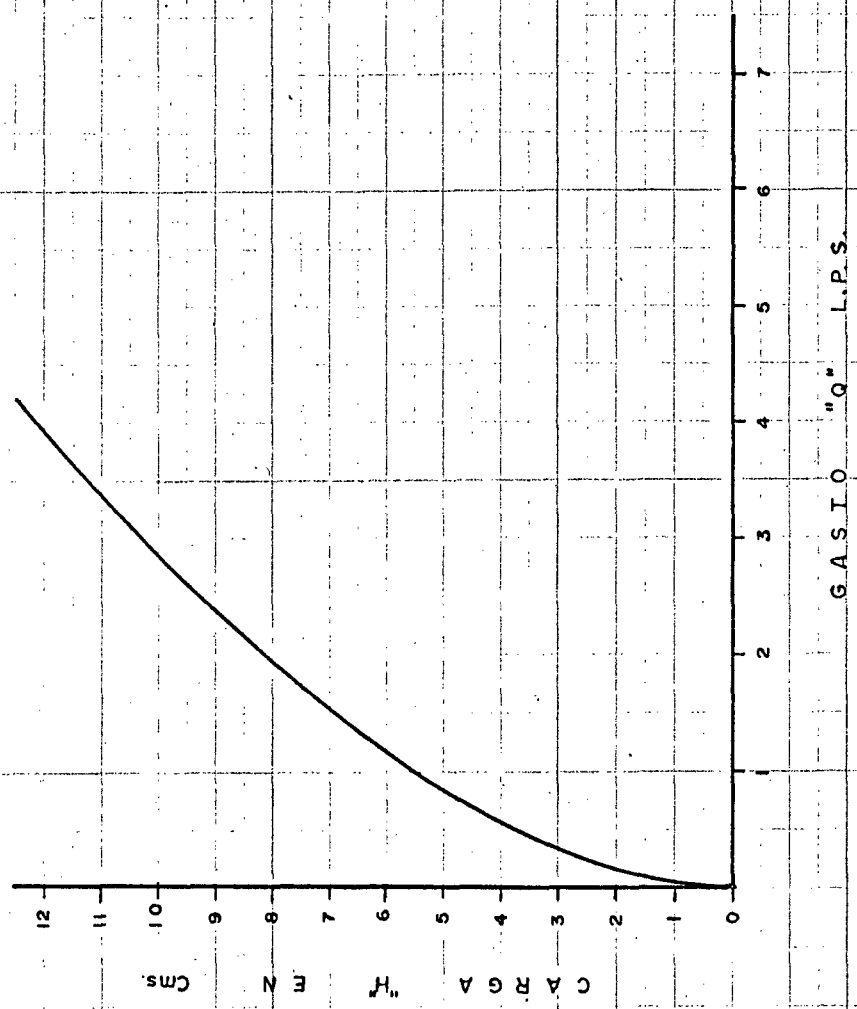
FIG. No. 10 CURVA DE GASTO PARA EL AFORADOR PARSHALL W = 0.05 Mts.



CALIBRACION DE AFORADOR PARSHALL NUM. 2  
DE W = 0.05 MTS. DE CAIDA LIBRE.

CARGA CMS.	GASTO L.P.S.
2	0.175
2.5	0.250
3.0	0.350
3.5	0.450
4.0	0.575
4.5	0.700
5.0	0.850
5.5	1.000
6.0	1.175
6.5	1.350
7.0	1.550
7.5	1.725
8.0	1.950
8.5	2.150
9.0	2.375
9.5	2.600
10.0	2.850
10.5	3.100
11.0	3.350
11.5	3.650
12.0	3.925
12.5	4.200

FIG: N.º 11 CURVA DE GASTOS PARA AFORADOR PARSHALL W = 0.05 Mts.



C U A D R O N U M . 5

SE PRESENTA EN ESTE CUADRO LOS DATOS RESULTANTES DE AVANCE DEL AGUA EN LOS SURCOS HASTA LA DISTANCIA DE 154 M. DEL GASTO DE 2 L.P.S.

ESTACION	SURCO No. 1		SURCO No. 2		SURCO No. 3	
	HORA	TIEMPO MINUTOS	HORA	TIEMPO MINUTOS	HORA	TIEMPO MINUTOS
Inicio	2:09 P.M.	0	2:09' P.M.	0	2:09' P.M.	0
0+020	2:15'3"	6'3"	2:16'53"	7'53"	2:13'0"	4'0"
0+040	2:24'13"	15'13"	2:30'50"	22'50"	2:25'8"	16'8"
0+060	2:37'10"	28'10"	2:49'35"	40'35"	2:49'30"	40'30"
0+080	3: 6'40"	47'40"	3:22'15"	73'15"	3:34'48"	85'48"
0+100	4: 2' 7"	113' 7"	4:14'13"	125'13"	4:28'10"	139'10"
0+120	5:11'57"	182'57"	5:11' 0"	182'00"	5:03'47"	174'47"
0+140	5:53' 0"	224'00"	5:39'53"	210'53"	5:32'43"	203'43"
0+154	6:10' 0"	242'00"	5:55'00"	226'00"	5:52'40'	223'40"