

790

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSION
EN UNA HUERTA DE NARANJA (*Citrus sinensis* O.) DE
LA VARIEDAD VALENCIA BAJO LAS CONDICIONES CLIMA-
TOLOGICAS Y EDAFOLOGICAS DE LA MESA ARENOSA DE
SAN LUIS RIO COLORADO SONORA.

TESIS

Sometido a la consideración de la
Escuela de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

Ramón Baltazar Palomares Ramírez

Como requisito parcial para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo en
la especialidad de Irrigación.

Febrero 1990

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del consejo particular y aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

INGENIERO AGRONOMO EN:
IRRIGACION

CONSEJO PARTICULAR:

ASESOR: ING. VICTOR MANUEL BURQUEZ CANO
CONSEJERO: DR. JOSE CASTILLO GURROLA.
CONSEJERO: ING. JESUS LIZARRAGA G.

A G R A D E C I M I E N T O S

Al Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora
Unidad San Luis Río Colorado, por las facilidades prestadas
para la realización de este trabajo.

A los Ingenieros Norberto Márquez V., Claudio López E.
y al M.C. Arturo García Rangel por su ayuda y recomendaciones.

A la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Univer-
sidad de Sonora; por su apoyo en la presentación de este tra-
bajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Imelda y Ramón Baltazar

A MIS HERMANOS:

Jesús Antonio, Oscar Mauricio, Oscar Enrique, Imelda Guadalupe
María de los Angeles, Ana y Oralla.

A MIS HIJOS:

Angelita y Antonio.

A la Maestra Conchita Parra y a la Señora Lourdes Mendoza

Al Maestro.

C O N T E N I D O

	PAG.
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	5
MATERIALES Y METODOS.....	13
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	31
CALCULO AGRONOMICO.....	33
TIPO DE MICROASPERSOR.....	35
FORMACION DE GRUPOS DE RIEGO.....	36
FORMACION DE UNIDADES DE RIEGO.....	39
DISEÑO HIDRAULICO.....	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFIA.....	55
APENDICE.....	58

I N D I C E D E C U A D R O S

CUADRO:		PAGINA:
1	COEFICIENTE DEL USO CONSUNTIVO DE LAS COSECHAS	15
2	TABLA DE OPERACION DEL MICROASPERSONOR.....	19
3	CARACTERISTICAS GENERALES DE VARIOS TIPOS DE SUELOS.....	22
4	INTERVALOS DE TIEMPO SUGERIDOS PARA LOS SISTE- MAS DE RIEGO POR GOTEO Y POR MICROASPERSION DE ACUERDO AL CLIMA Y AL TIPO DE SUELO.....	24
5	RECOMENDACIONES PARA LA ELECCION DEL FILTRO DE ANILLOS MAS ADECUADO TIPO ARKAL.....	30
6	RESULTADOS DE LAS NECESIDADES HIDRICAS DEL CUL- TIVO.....	33
7	RESULTADOS DE LAS VARIABLES DEL INTERVALO DE RIEGO CRITICO (I_r).....	34
8	CARACTERISTICAS DE OPERACION DE LOS MICROASPER- SORES DE 70 lph. Y 74 lph.....	35
9	GRUPOS DE RIEGO NUMERO DE ARBOLES Y GASTO EN LPS DE CADA UNO DE ELLOS.....	38
10	ALTERNATIVAS PARA LA SELECCION DE LA UNIDAD DE RIEGO MAS ADECUADA.....	40
11	CARACTERISTICAS DE LAS UNIDADES DE RIEGO DE LA ALTERNATIVA No. 1.....	44
12	SIMBOLOGIA UTILIZADA PARA LAS UNIDADES Y GRUPOS DE RIEGO EN EL DISEÑO HIDRAULICO.....	45

I N D I C E D E C U A D R O S

13	RESULTADOS DEL CALCULO HIDRAULICO DE LA RUTA CRITICA No. 1.....	46
14	RESULTADOS DEL CALCULO HIDRAULICO DE LA RUTA CRITICA No. 2.....	47
15	RESULTADOS DEL CALCULO HIDRAULICO DE LA RUTA CRITICA No 3.....	48
16	RESULTADOS DEL CALCULO HIDRAULICO DE LA RUTA CRITICA No.4.....	49

I N D I C E D E F I G U R A S

FIGURA:		PAGINA:
I	DISTRIBUCION DE LOS ARBOLES EN LA HUERTA.....	32
2	DISTRIBUCION DE LOS GRUPOS DE RIEGO EN LA HUERTA.....	37
3	DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES DE RIEGO EN LA HUERTA.....	42
4	DISTRIBUCION DE LA TUBERIA EN LA HUERTA.....	43
5	RECORRIDOS DE LAS RUTAS CRITICAS 1,2,3 Y 4.....	50
6	DISTRIBUCION DE LOS DIAMETROS DE TUBERIA EN LA HUERTA.....	52

I N D I C E D E L A P E N D I C E

CUADRO:

- 1 RESULTADOS DEL ANALISIS DEL AGUA DE RIEGO .
- 2 RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO.
- 3 DATOS CLIMATOLOGICOS DE LA ESTACION CLIMATOLOGICA
59 DEL CENTRO DE DESARROLLO RURAL # 004.
- 4 PERDIDAS POR FRICCION EN TUBERIA DE PVC SEGUN DAR-
CY - WEISBACH.
- 5 COEFICIENTES DE PERDIDAS DE CARGA POR FRICCION EN
MT x 100 MTS. EN MANGUERA DE POLIETILENO BLANDO.
- 6 COEFICIENTES DE PERDIDA DE CARGA POR FRICCION EN
TUBERIAS DE SALIDAS MULTIPLES SEGUN DARCY - WEIS-
BACH.
- 7 FORMATO UTILIZADO EN EL CALCULO HIDRAULICO DE LA
HUERTA DE CITRICOS.

FIGURA:

- 1 PLANO DE LOCALIZACION DE LA MESA ARENOSA.
- 2 LOCALIZACION DEL TERRENO DONDE SE REALIZO EL PRO-
YECTO DE RIEGO POR MICROASPERSION EN UNA HUERTA DE
NARANJA (*Citrus sinensis* O).
- 3 ESQUEMA DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO PARA EL PRO-
YECTO DE RIEGO.
- 4 SISTEMAS DE FILTRACION CON FILTRO DE ANILLOS TIPO
ARKAL, DOS NIVELES.
- 5 GRAFICA DE OPERACION DEL REGULADOR DE PRESION DE
38 mm (1 1/2).

RESUMEN

En el año de 1989, en el Campo Experimental del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES), se efectuó un estudio para realizar un diseño de un sistema de riego por microaspersión en naranja (Citrus sinensis O.) variedad Valencia, con un sistema de plantación marco real 8x8 mts.

Se realizaron estudios del suelo, clima y agua de riego, con el fin de detectar algún inconveniente para el establecimiento del cultivo, además de obtener la información necesaria para el cálculo de los requerimientos de riego.

Se trazó la distribución de los árboles en la huerta en un plano a escala, obteniéndose un cuadro con una superficie de 9-67-68 hectáreas con un total de 1512 árboles (@) distribuidos en 54 hileras de 28 @ cada una, a una separación de 8 mts. entre @ y 8 mts. entre hileras.

Los requerimientos de riego para el cultivo, se calcularon en base a dos métodos; el primero: Por medio del cálculo del volumen a aplicar por árbol por día en base a la evapotranspiración del cultivo, y el segundo: Considerando las variables del suelo en la zona, en el siguiente cuadro se muestran los resultados:

CONCEPTO	PRIMER METODO	SEGUNDO METODO
Tiempo de riego(Tr.)	6 hrs.	6 hrs
Intervalo de riego(Ir.)	24 hrs.	38 hrs.

Debido a que los resultados del primer método son más críticos, se eligieron para el proyecto.

El tipo de microaspersor utilizado se obtuvo en base al criterio de humedecer el 50% del área del marco de plantación, siendo el modelo 8966 de la marca comercial utilizada (Dan Sprinklers) el que se adaptó a esta consideración, las características de este modelo se presentan a continuación:

MODELO	GASTO EN LPH	DIAMETRO DE MOJADO	PRESION DE OPERACION
8966	70	7.2 mts.	2 kg./cm ²

Teniendo los datos del intervalo de riego el tipo de microaspersor y las características del regulador de presión de 38 mm (1 1/2"), se procedió a la formación de los grupos de riego en la huerta, obteniéndose los siguientes resultados:

NUMERO DE GRUPOS DE RIEGO	GASTO EN LPS POR GRUPO	NUMERO DE ARBOLES POR GRUPO
4	3.80	196
4	3.54	182

Como paso siguiente, en la formación de unidades de riego se estudiaron 3 alternativas con características diferentes cada una en lo referente al factor económico y al factor funcional del sistema, se llegó a la conclusión de dividir el terreno en 4 unidades de riego de dos grupos de riego cada una con un gasto total de 7.34 lps. y riego de 6 horas por unidad cada 24 horas.

Posteriormente se realizó el cálculo hidráulico, analizando 4 rutas críticas, los resultados se muestran a continuación:

NUMERO DE RUTA CRITICA	GASTO TOTAL EN LPS	PERDIDA DE CARGA EN MTS
1	7.34	45.83
2	7.34	45.39
3	7.34	45.31
4	7.34	45.31

El resultado de las rutas críticas analizadas muestran un equilibrio en cuanto a gastos y presiones se refiere, diferencias significativas entre los dos parámetros anteriores pueden ocasionar problemas cuando el sistema esté funcionando.

Los cálculos de la pérdida de carga tanto en la manguera como en tuberías se hicieron a través de tablas específicas para cada caso, además se utilizó la tabla de operación del microaspersor, y el nomograma del regulador de presión de 38 mm.

La metodología general de diseño empleada en este trabajo, es una de las muchas alternativas que existen para la elaboración de un proyecto de riego por microaspersión, la cuál se puede adaptar a otros tipos de frutales con marcos de plantación diferentes.

INTRODUCCION

La Mesa Arenosa de San Luis Río Colorado, representa una superficie de más de 60 000 has en la que solo se explotan 15 has. utilizando un gasto de 30 litros por segundo, paradójicamente en esta región actualmente se extraen 11.065 m³/seg. de 67 pozos con una cuota de extracción de 700 Mm³ al año, los cuales están ubicados en menos de la cuarta parte de la superficie de la Mesa Arenosa y que aportan en promedio cada uno 165 litros por segundo, alcanzando algunos hasta los 210 litros por segundo, más sin embargo esta agua es conducida a través de una basta red de canales revestidos hasta el Valle de San Luis Río Colorado, para poder complementar los requerimientos de riego de 26 400 hectáreas cultivadas por cada ciclo agrícola .

Esto significa que la disponibilidad del agua para riego para los ejidos de la Mesa Arenosa es casi nula, aunado a este problema la presencia de suelos en dicha zona con un contenido del más de 90% de arena y temperaturas arriba de los 40oC durante el verano, pareciera ser imposible cualquier tipo de explotación agrícola.

Más sin embargo el futuro para esta zona no es tan oscuro como se plantea, ya que a largo plazo la perforación de pozos para uso exclusivo de la región será una de las mejores alternativas, pero la necesidad tan apremiante que existe en la actualidad de aumentar la producción para elevar el nivel de vida de la Agricultura en México exige alternativas a corto plazo.

En cada ciclo agrícola en el Valle de San Luis Río Colora-

do, normalmente no se utiliza el total de los 11.065 m³/seg. o los 700 Mm³ al año para complementar los requerimientos de riego de la superficie cultilvada por la razón de que las necesidades de este tipo son satisfechas por otras fuentes tales como los volúmenes extraídos de la presa Morelos en Baja California Norte conducidos por el canal Sanchez Mejorada al valle y representa un promedio de 4 Mm³ al mes, auxiliado además por los 160 pozos que existen en el mismo valle distribuidos: 105 en 11 ejidos y 11 colonias y 56 más en predios particulares.

De acuerdo a los datos proporcionados por el Centro de Desarrollo Rural # 004 del Valle de San Luis Río Colorado, al año en promedio se utiliza el 80% del volumen extraído de la Mesa Arenosa, quedando un exedente de 2.211 m³/seg., que no es tal ya que lo que se procede a hacer es el operar un número menor de pozos (47 en promedio), dejando en reposo al resto de los mismos.

Una alternativa a corto plazo que incorporará muchas tierras de la Mesa Arenosa a la agricultura, sería el de aprovechar los pozos que permanecen en descanso; la red de canales revestidos que se mencionó anteriormente, facilitará este trabajo. Es importante entonces hacer un uso eficiente de dicho volumen para aumentar al máximo el número de hectáreas de riego , dos son las alternativas que se proponen para lograrlo:

1.- La implementación de sistemas modernos de irrigación que garanticen eficiencias de riego arriba del 85% tanto a nivel conducción como a nivel aplicación; ésto significaría incorporar

al cultivo 1,100 hectáreas de la mesa arenosa con los 2.211 mm³ de exedente, ejemplo de estos sistemas: el riego por microaspersión, el riego por goteo y el riego por aspersión.

2.- La introducción de nuevos patrones de cultivo, cuyos requerimientos de riego sean reducidos y su adaptabilidad en la zona sea aceptable, entre ellas tenemos especies nativas del desierto tales como: el chamizo forrajero, jojoba, nopal, guar, sen, cañagria, etc. o bien algunas especies frutícolas como : la naranja, durazno, nectarina, olivo, palma datilera, etc.

En este trabajo se conjugan las dos alternativas anteriores utilizando un sistema de riego por microaspersión en una huerta de naranja (*Citrus sinensis* O.), variedad Valencia.

El sistema de riego por microaspersión es relativamente nuevo, se puede asegurar que hace apenas una década se empezó a comercializar mundialmente y poco a poco se ha ido adaptando a zonas y cultivos donde la mejor alternativa había sido el riego por goteo, su aplicación se ha enfocado principalmente a frutales de área mediana a grande (32 mt² a 144 mt²), con marcos de plantación muy amplios (8x8 mts hasta 12x12 mts.).

Por otra parte la conjugación del riego por microaspersión con cítricos ha venido siendo uno de los procesos que más se ha adaptado entre sí en diferentes zonas con características edafológicas y climatológicas extremas, por ejemplo tenemos que en el Valle de la Costa de Hermosillo, zona considerada semidesértica y con temperaturas muy similares a la región de la mesa arenosa, existían para 1988 una superficie aproximada de 400 hectáreas de

cítricos con diferentes sistemas de Microaspersión, igualmente en el Valle de Guaymas se tenían a esa fecha 700 hectáreas aproximadamente del mismo cultivo y el mismo sistema en cuestión.

Los objetivos a lograr en este trabajo, son los siguientes:

1.- Dejar un precedente que sirva como información, en lo referente al establecimiento de cítricos con un sistema de riego por microaspersión, bajo las condiciones particulares de la mesa arenosa de San Luis Río Colorado Sonora.

2.- La estimación de volúmenes de agua a utilizar por hectárea-día-mes-año, de acuerdo a las condiciones climatológicas y edafológicas de la región.

3.- Mostrar una metodología de diseño simplificada que agilice y facilite la elaboración de los proyectos de riego por microaspersión.

LITERATURA REVISADA

Los cítricos después de la vid, son el grupo de especies frutícolas más importante del mundo, las regiones productoras están situadas en una faja que va desde el ecuador hasta los 40° latitud norte y sur (4,14).

Las especies más importantes cultivadas en México son: la Naranja (*Citrus sinensis*), el limón mexicano (*Citrus limonia*) la mandarina (*Citrus nobilis*), y la toronja (*Citrus paradisi*) en menor proporción se tiene al limón persa (*Citrus aurantifolia* la lima corriente (*Citrus limetta*) y otras, de estas especies la naranja representa una superficie total de 350 000 hectáreas, siendo más del 60% de la superficie de cítricos en México.

En México se manejan las siguientes variedades de naranja: Marrs, Hamlin, Pineapple, Parson-Brown, y Queen que son de maduración temprana y las variedades: Valencia, Campell y Frost que son de maduración tardía (4).

Se ha comprobado que el cultivo de los cítricos en el Valle de San Luis Río Colorado, así como en el Valle de Mexicali ha mostrado buena adaptación. La especie que más se ha adaptado a estas zonas es la naranja variedad Valencia, otras variedades que han dado buenos resultados son la Campell y la Frost, en lo referente a superficie se tienen reportadas en 1989 un total de 400 hectáreas en el Valle de Mexicali y 50 en el Valle de San-Luis Río Colorado, en cuanto a producción se han obtenido en ambos valles hasta 153 kg. por árbol con 23.9 toneladas por hectárea (24).

Los Marcos de plantación

Los tipos de marcos de plantación más utilizados en México son los siguientes:

Rectangular 8x4: árboles separados 4 mts. entre sí y a 8 mts. entre hileras.

Marco real 8x8: árboles separados entre sí 8 mts. y a 8 mts. entre hileras.

Rectangular 8x3: árboles separados entre sí 3 mts y 8 mts-entre hileras.

La diferencia entre éstos tipos de sistemas de plantación, es la producción de los sistemas 8x4 y 8x3 por tener un número mayor de árboles por hectárea alcanzan producciones superiores al del sistema marco real 8x8, mas sin embargo a los 10 o 12 años de edad del cultivo la producción de los tres marcos de plantación se iguala.

Existen otros tipos de marcos de plantación que son menos utilizados, ellos son: marco real a 7x7 mts., 6x6 mts., en tresbolillo a 7x7 mts., 8x8 mts., y en el sistema rectangular a 7x4 mts., 7x6 mts., 8x6 mts., 6x5 mts., 8x6 mts., 6x5 mts., etc. (4,8).

Se considera que las distancias de plantación varían según sea el vigor de la planta, variedad utilizada, el patrón y de los factores de orden económico.

Suelos

Los Naranjos requieren de un buen terreno, profundo y permeable, para que sus raíces puedan desarrollarse normalmente, mas sin embargo se adaptan a una gran variedad de tipos de suelo que van desde una textura arenosa hasta suelos que contienen alto porcentaje de arcilla (20).

Clima

Estas plantas requieren de un clima constantemente cálido-húmedo , altitud de baja a media y situación moderada de los vientos, son plantas delicadas las cuáles resisten una temperatura máxima de 40°C y una mínima invernal de + 2°C, a la temperatura de 3 a 4°C bajo cero pierden las hojas y a -9°C, mueren (8).

GARDNER, RODNEY y ROTH (1980), durante más de una década han realizado experimentos con naranja variedad Valencia y Campell en la Mesa de Yuma Arizona USA, donde predominan suelos con más del 90% de arena en un clima seco y caliente, con temperaturas en el verano que alcanzan los 41°C a 43°C, los resultados que han obtenido durante este período en lo que se refiere a producción en toneladas por hectárea, fue en promedio de 30 ton./ha. (12).

Riegos

El cítrico se clasifica como una planta sensitiva a las sales y la aplicación de agua con un gran contenido de las mismas, puede limitar seriamente el crecimiento y la producción- pero si no hay alternativa se puede utilizar agua con altas concentraciones de sales, si los riegos son frecuentes con el fin

de prevenir una alta concentración de las mismas en la zona radical (4).

En México el método convencional de riego utilizado para cítricos es el riego por gravedad, existiendo también en menor proporción pero en constante aumento los Sistema de aspersion subarbores, riego por goteo y recientemente el riego por microaspersion.

En el método de riego por gravedad, el agua se aplica en melgas tendidas a lo largo de las líneas de árboles usando grandes volúmenes (de 27 a 30 m³/ha.) al año, resultando eficiencias muy bajas, además de provocar cierto grado de erosión (14 15).

GARDNER, RODNEY, y ROTH (1980), trabajaron en una investigación evaluando la respuesta de los cítricos a los métodos de irrigación, reportan que el uso consuntivo calculado para árboles de naranja maduros de la variedad Valencia y Campell fue de 1.02 mts. de lámina de agua total anual, bajo las condiciones climatológicas y edafológicas de la Mesa de Yuma Arizona USA, zona que esta localizada a 50 Kms. al norte de la Mesa Arenosa de San Luis Río Colorado, concluyeron que la naranja responde al riego por goteo y al sistema burbujeante con un incremento en el crecimiento y producción comparandolos con los árboles que fueron regados por gravedad y aspersion (12,15,17).

ROTH (1979), comparó tres métodos de riego presurizados en naranja variedad Valencia contra el riego rodado, estos métodos fueron: el sistema burbujeante, microaspersion y una-

combinación de microaspersión con aspersión; concluyó que la conversión a sistemas de riego presurizados provocó un aumento de la eficiencia de riego del 33% en la aplicación de agua, 1.82-mts. de lámina anual en los métodos presurizados contra 2.74 mts en el riego por gravedad, además se tuvo una mayor eficiencia en la aplicación de fertilizantes solubles nitrogenados, reduciendo la cantidad normal hasta un 30% menos (18).

GARDNEY y RUTH (1980), realizaron un experimento comparando la influencia de los sistemas de riego presurizados en el crecimiento y distribución de la raíz, concluyeron que el patrón de distribución de las raíces quedó uniforme en los espacios de los árboles regados por métodos presurizados, a su vez el patrón de distribución de las raíces fue diferente para cada incremento en la profundidad en el riego por gravedad, los árboles regados por los sistemas de goteo, burbujeante y microaspersión mostraron tener altas concentraciones de raíces a distancias tan grandes como 1.2 mts. comparandolos con los árboles regados por aspersión y gravedad, estos resultados mostraron la adaptabilidad de las raíces y su proliferación en áreas donde el agua fue aplicada (12,18).

TADDEY (1989), menciona que el riego por microaspersión en frutales, resulta tener una eficiencia de aplicación más alta que el riego por goteo en suelos arenosos(un 10% a 15% más) debido a lo escaso del movimiento horizontal en este tipo de suelos, considera que el riego por goteo puede alcanzar muy buenas eficiencias de distribución del agua en suelos arenosos pero a

un costo mucho más elevado además el sistema por microaspersión crea un microclima bajo la copa del árbol que provoca una disminución de la temperatura con respecto a la ambiental, en zonas donde las temperaturas son extremadamente altas resulta ser ésta una ventaja de gran importancia, en el caso contrario esta bondad del sistema resulta ser un arma muy eficaz en el control de las heladas.

Considera además que la versatilidad de este sistema en cuanto al ajuste de los diámetros de mojado así como en gastos cambiando solamente la boquilla y el dispersor es de gran utilidad ya que evita realizar gastos adicionales cosa que no sucede en el riego por goteo ya que es necesario en este caso el aumentar el número de emisores, lo que ocasiona un gasto extra.

El espaciamiento de los riegos es un factor que depende fundamentalmente del cultivo, el suelo y el clima, no existe un intervalo de riego óptimo definido y dado que el objetivo del riego es satisfacer las necesidades del cultivo en forma ideonea habrá que mantener la humedad del suelo en un punto tal que permita una alta transpiración de la planta, esto significa que tendrá que variar el intervalo según sea la época del año (11,12).

comunicación personal:

Ing. Arturo Taddey Bringas

JOUBLING (1975), consideró que la lámina neta se ve afectada por factores tales como la evaporación de cierta cantidad de agua al estar humedeciendo el emisor al suelo, además de la evapotranspiración de las malezas que crecen alrededor del árbol y del agua que se pierde por percolación más allá de la zona radical (11).

Algunos diseñadores parten de las necesidades hídricas de la planta para empezar a diseñar un riego por goteo o por microaspersión (7,9,11).

SHLOMO ARMONI (1984), considera con respecto a la formación de grupos 9 factores que influyen en la longitud máxima del lateral, ellos son:

- 1.- Diámetro de la tubería regante.
- 2.- La descarga horaria del microaspersor.
- 3.- La distancia entre microaspersores.
- 4.- La compensación de los microaspersores.
- 5.- La pendiente paralela al lateral.
- 6.- El exponente del microaspersor.
- 7.- El espesor de la tubería regante
- 8.- La presión inicial de los microaspersores compensados.
- 9.- La relación entre presión y pendiente.

Además de estos factores toma en cuenta dos consideraciones adicionales, las cuáles son:

Aspecto Operativo.- En todo sistema de riego la distancia entre dos tuberías es igual al doble de la longitud del lateral cuando la longitud máxima de los laterales en goteo o microasper-

sión es menor a la requerida para el diseño, es necesario fraccionar más el terreno lo que implica aumentar el número de distribuidores por lo que ésto interfiere en el manejo del cultivo y aumenta la inversión.

Aspecto Económico.- Siendo el diámetro de la tubería del lateral el factor decisivo en el costo del sistema, la exigencia de laterales de gran longitud obliga a seleccionar microaspersores de bajo caudal y diámetros de mojado pequeños por lo que afecta las necesidades agronómicas del cultivo. (1).

* TADDEY (1989) Mencionó que el uso de reguladores de presión en los microaspersores no regulados determinan el tamaño del grupo de riego mas no su forma geométrica, esto va a depender de que tan regular sea la distribución de los árboles en la huerta de estudio, consideró que el tamaño más económico de un grupo de riego es aquel en el que como máximo se utilizan tubería de 50 mm en la distribución o distribuidoras, procurando que las pérdidas por fricción cumplan con la ley elemental de no perder más del 20% de la presión de operación y el 10% del gasto del microaspersor más alejado o crítico del centro del grupo de riego.

SHLOMO ARMONI (1984), considera que el uso de distribuidores telescopiados (de diámetros diferentes) ocasiona dificultades en el diseño del sistema, así como en el proceso de instalación, aunque resulte ser más económico a nivel instalación provoca errores y pérdidas de tiempo que se traducen en pérdidas de dinero.

MATERIALES Y METODOS

Localización

Para el estudio del proyecto se escogió un terreno ubicado dentro del Campo Experimental del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES), situado en el kilometro 6.5 en la carretera a Sonoyta Sonora con las siguientes coordenadas $32^{\circ} 31' 58''$ latitud norte y $114^{\circ} 43' 15''$ longitud este del meridiano de Greenwich (ver figura No. 1, apéndice).

Estudios topográficos

El estudio topográfico del terreno se realizó midiendo el perímetro con cinta y los ángulos con tránsito, el acotamiento se realizó a través del método de la cuadrícula con puntos a cada 25 metros (figura No.2 apéndice).

Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento es un canal revestido de cemento tipo trapezoidal, el cuál pertenece a la amplia red de canales que sirven de conducción al agua que se extrae de los pozos de la Mesa Arenosa y que es utilizada aguas abajo en el Valle de San Luis Río Colorado. Las características de este canal se pueden apreciar en la figura No. 3, apéndice.

Agua de riego

las características del agua de riego, se tomaron de los reportes hechos por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de los análisis de las muestras del agua que circula por los diferentes canales de la red, Cuadro No.1 (apéndice).

Suelo

Se tomaron un total de 8 muestras de suelo a tres profundidades: 0-30, 0-60, 0-90 cms. con un peso de un kilogramo aproximadamente cada una, la metodología utilizada para el análisis fue la siguiente:

CONCEPTO	METODO
Capacidad de Campo (C.C. %)	Olla de presión
Textura (%)	Hidrómetro de Bouyoucus
pH	Potensiómetro
C.E. mmhos./cm	Conductímetro
Densidad aparente	Método de campo (cilindros de volumen conocido)

Los resultados de este análisis se presentan en el cuadro No. 2 (apéndice).

Datos climáticos

Se tomaron de base los datos de evaporación, temperatura y precipitación de los últimos 10 años de la estación climatológica # 59 localizada en el Ejido la Grullita del Centro de Desarrollo Rural No.004 en San Luis Río Colorado Sonora a 15 Km. al suroeste del Campo Experimental del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES), estos datos se presentan en la Cuadro No.3 (apéndice).

Datos agronómicos

Cultivo: Naranja (Citrus sinensis O.)

Variedad: Valencia.

Ciclo vegetativo: perenne.

Profundidad radicular: 1.25 mts.

Marco de plantación: Marco real.

Separación entre árboles: 8 mts.

Separación entre hileras: 8 mts.

Superficie de la huerta: 9-67-68 Has.

Número de árboles por hectárea: 156.

En este trabajo, para el cálculo de la ET (evapotranspiración) se utilizó el método propuesto por HARGREAVES (1970), donde:

$$ET = K.Ev.$$

ET = Evapotranspiración en mm/día.

Ev = Evaporación media mensual en mm/día.

K = Factor o coeficiente del cultivo en la época de maduración.

En el cuadro No.1 se muestran los coeficientes K de evaporación (ET para el cultivo) a partir de valores calculados o medios de la evaporación.

Volumen a aplicar por hectárea

Para conocer las necesidades de agua por cada árbol es necesario calcular el volumen a aplicar por hectárea, para este fin se aplicó la fórmula siguiente:

CUADRO No. 1.- COEFICIENTE DEL USO CONSUNTIVO DE LAS COSECHAS.

C O S E C H A	TANTO POR CIENTO DEL CICLO DE CRECIMIENTO										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Alfalfa	0.55	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	0.95	0.95	0.90	0.80	0.65
Frijol	0.20	0.30	0.40	0.65	0.85	0.90	0.90	0.80	0.60	0.35	0.20
Cítricos y Ahuacate	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.50	0.55	0.60	0.55	0.50
Maíz	0.20	0.30	0.50	0.65	0.80	0.90	0.90	0.85	0.75	0.60	0.50
Algodón	0.10	0.20	0.40	0.55	0.75	0.90	0.90	0.85	0.75	0.55	0.35
Frutales de hoja caediza	0.20	0.30	0.50	0.65	0.70	0.75	0.70	0.60	0.50	0.40	0.20
PROMEDIO DE 1.00 APROXIMADAMENTE PARA LOS PERIODOS DE CRECIMIENTO RAPIDO DE LA COSECHA											
Sorgo para grano	0.20	0.35	0.55	0.75	0.85	0.90	0.85	0.70	0.60	0.35	0.15
Cereales de primavera	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75	0.85	0.90	0.90	0.30
Cereales de invierno	0.15	0.25	0.35	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.90	0.30
Vid	0.15	0.15	0.20	0.35	0.45	0.55	0.55	0.45	0.35	0.25	0.20
PROMEDIO DE 0.95 APROXIMADAMENTE PARA EL CRECIMIENTO MAXIMO											
Trebol ladino	0.30	0.35	0.55	0.70	0.75	0.75	0.75	0.65	0.55	0.30	0.15
Nogal	0.35	0.45	0.55	0.75	0.75	0.65	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cacahuate	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.60	0.65	0.65	0.60	0.45	0.30
Papa	0.20	0.35	0.45	0.65	0.80	0.90	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90
Arroz	0.80	0.95	1.05	1.15	1.20	1.30	1.30	1.20	1.10	0.90	0.50
Remolacha de azúcar	0.25	0.45	0.60	0.70	0.80	0.85	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

$V \times ha. = ET \times Aha.$ donde:

$V \times ha.$ = Volumen a aplicar por hectárea.

ET = Evapotranspiración calculada en mm/día.

Aha. = Area de una hectárea: 10 000 mt².

Volumen a aplicar por árbol

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$V \times @ = \frac{V \times ha.}{N@ \times ha.} \quad \text{donde:}$$

$V \times @$ = Volumen a aplicar por árbol por litro por día.

$V \times ha.$ = Volumen a aplicar por hectárea.

$N@ \times ha.$ = Número de árboles por hectárea.

El número de árboles por hectárea ($N@ \times ha.$), se calcula de la siguiente manera:

$$N@ \times ha. = \frac{Aha.}{A@} \quad \text{donde:}$$

Aha. = Area de una hectárea en mt².

A@ = Area ocupada por un árbol de acuerdo a su marco de plantación en mt².

En una forma más simplificada uniendo las dos ecuaciones anteriores se puede utilizar también :

$$V \times @ = \frac{(V \times ha.) A@}{Aha.} = \text{litros} \times \text{día} \times \text{árbol.}$$

Volumen bruto a aplicar por árbol

Es necesario considerar la eficiencia de aplicación del sistema para determinar un volumen más real que se debe de aplicar por árbol, para ello se utilizó la formula siguiente:

$$V_b \times @ = \frac{V \times @}{E_{fa}} \quad \text{donde :}$$

$V_b \times @$ = Volumen bruto a aplicar por árbol.
 $V \times @$ = Volumen a aplicar por árbol en lts. x día.
 E_{fa} = Eficiencia de aplicación del sistema .

En el riego por microaspersión la eficiencia de aplicación se considera de 0.85 a 0.90 (decimal) ó del 85 al 90% (porcentual) para mayor seguridad se debe de considerar el valor más bajo.

Tipo de microaspersor

Para escoger el microaspersor más adecuado es necesario tomar en cuenta los siguientes factores :

- * Area de mojado que se pretende humedecer.
- * Volumen bruto a aplicar por árbol por día ($V_b \times @$).

Las industrias fabricantes de microaspersores proporcionan para cada tipo, tablas con las características hidráulicas de los mismos. En este proyecto se escogió un microaspersor de la marca Dan sprinklers en el cuadro número 2 se muestran las características hidráulicas de este modelo.

Conocer el área de mojado es importante, existen muchos criterios que determinan que área es la que se debe de humedecer del árbol, por ejemplo Goldberdg (1968) encontró que humedeciendo un 50% del 100% del área radicular, la producción se ve aumentada que regando porcentajes menores y siendo insignificante la diferencia en porcentajes mayores.

En este caso se utilizó el criterio del área equivalente, como el naranjo es un árbol de área mediana, se recomienda

CUADRO No.2.- TABLA DE OPERACION DEL MICROASPERSONOR

MICROASPERSONOR DAN--SPRINKLERS
 MODELO: GIRADOR: naranja

# de micros por lateral						BOQUILLA diam color	gasto LPH	PRESION DE OPERACION MTS					
espaciamiento en el lateral mts					lateral dia n interno mts			10	15	20	25	30	35
8	6	5	4	3		violeta 0.8mm							
10	11	12	13	15	16		25	31	35	39	43	50	
15	17	18	20	22	20								
23	26	28	30	34	25								

7	8	8	9	10	16	gris 1.1 mm	gasto LPH	50	61	70	78	85	100
11	11	12	14	15	20		diam de mojado mts	4.8	5.8	7.2	7.4	7.8	8.0
16	18	19	21	23	25								

5	5	5	6	7	16	verde 1.4 mm	gasto LPH	74	91	104	117	128	146
9	10	11	11	13	20		diam de mojado mts	6.4	7.7	9.0	9.2	9.4	9.6
13	15	16	17	19	25								

4	4	5	6	6	16	naranja 1.6 mm	gasto LPH	85	104	120	134	147	168
7	8	9	9	10	20		diam de mojado mts	6.6	8.0	9.3	9.5	9.7	9.8
11	12	13	14	16	25								



humedecer de 20 a 30 mt² (3,7); se tomaron 32 mt² de área a humedecer por árbol, que se traduce en un 50% del área del marco de plantación.

Para obtener el diámetro de mojado del microaspersor se utilizó la siguiente fórmula :

$$\phi \text{ Ma} = \frac{\text{Am}}{4} \quad \text{donde :}$$

$$\begin{aligned} \phi \text{ Ma} &= \text{Diámetro de mojado del microaspersor en mts.} \\ \text{Am} &= \text{Area a humedecer en mts.} \\ &= 3.1415927 \end{aligned}$$

De esta manera fue como se escogió el microaspersor adecuado del Cuadro No.2.

Intervalo de riego crítico

Las fórmulas que hasta ahora se han descrito, consideran la lámina de agua a aplicar por árbol en base a su evapotranspiración para el cálculo del tiempo de riego se utilizaron fórmulas que involucran constantes del suelo las cuáles se relacionaron con la evapotranspiración para obtener el intervalo de riego crítico.

Para el cálculo del intervalo de riego (Ir) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Ir} = \frac{\text{Ln}}{\text{ET}} \quad \text{donde:}$$

$$\begin{aligned} \text{Ir} &= \text{Intervalo de riego en días.} \\ \text{Ln} &= \text{Demanda máxima en mm.} \\ \text{ET} &= \text{Evapotranspiración máxima del mes más crítico en mm/día.} \end{aligned}$$

Para el cálculo de la demanda máxima se utilizó la siguiente ecuación:

$$L_n = f \times H_a \times Z_r \times P / 100 \quad \text{donde:}$$

L_n = Lámina neta en mm a aplicar considerando una fracción del terreno.

f = Factor de abatimiento o de deflexión de la humedad en el suelo, valores de $f = 0.2$ ó 0.3 son recomendados para cultivos sensibles a deficiencias hídricas y valores de f de 0.4 ó 0.5 para cultivos que resisten un mayor grado de deficiencia hídrica.

H_a = Capacidad del suelo para retener humedad en beneficio de las plantas en unidades de contenido de volumen de agua por volumen de suelo en mm/m³ en el cuadro No.3 se muestran los valores de H_a para diferentes tipos de suelo.

Z_r = Profundidad efectiva en mts.

P = Representa la fracción de área de campo que es humedecida bajo las condiciones de riego por microaspersión en este caso se considera el 50% del marco de plantación. Tomando en cuenta lo anterior, aunado a la eficiencia del sistema se aplicó la siguiente fórmula :

$$L_b = \frac{L_n}{t \times Efs.} \quad \text{donde :}$$

L_b = Lámina bruta a aplicar en mm.

L_n = Lámina neta en mm.

t = Fracción de la evapotranspiración la cuál considera el valor de 0.9 para regiones áridas y 1.0 para regiones húmedas y semiáridas.

Efs = Eficiencia del sistema en decimal (0.85 generalmente)

CUADRO No.3.- CARACTERISTICAS GENERALES DE VARIOS TIPOS DE SUELOS.

TEXTURA	Da	cc(%)	pmp(%)	Ha(%)	VOLUMEN (mm/mt ²)
Arenosa	1.55-1.8	6-12	2-6	4-6	48--62
Franco arenoso.	1.40-1.6	10-18	4-8	6-10	84-120
Franca	1.35-1.5	18-26	8-12	10-14	135-150
Franco arcillosa.	1.30-1.4	23-31	11-15	12-16	108-160
Arcillo arenoso.	1.25-1.35	27-35	13-17	14-18	120-170
Arcillosa	1.20-1.30	31-39	15-19	16-20	190-240

JOUBLIN (1970), trabajó en una investigación para determinar el intervalo de riego óptimo, los resultados se muestran en el cuadro No. 4.

Tiempo de riego

Para el cálculo del tiempo en que el microaspersor debe de estar regando se utilizó la fórmula siguiente:

$$Tr = \frac{Lb \times (Am)}{qm} \quad \text{donde :}$$

Lb = Lámina bruta en mm.

Am = Area de mojado del microaspersor en mt².

qm = Gasto del microaspersor en lts./hr.

La ecuación siguiente se utilizó para corroborar resultados de la ecuación anterior.

$$Tr = \frac{Vb \times @}{qm} \quad \text{donde :}$$

- Tr = Tiempo de riego en horas.
 Vb x @ = Volumen bruto a aplicar por árbol
 en litros por árbol por día.
 qm = Gasto del microaspersor en litros
 por hora.

Generalmente los tiempos de riego deben de ser múltiplos de 24 horas para facilitar la operación del sistema (3,9).

Formación de grupos

Para la formación de grupos de riego es necesario conocer la longitud máxima del lateral o línea regante, para ello los fabricantes de sistemas de riego en este caso de microaspersión proporcionan nomogramas que expresan las relación entre el diámetro de la tubería , la descarga y la distancia entre microaspersores el desnivel topográfico, la presión requerida y las pérdidas de presión permisible (Cuadro No. 2).

En este trabajo se utilizó como valor máximo de diseño por grupo de riego : 4.5 lps. el número de microaspersores por grupo de riego se obtuvo de la siguiente ecuación :

$$\# Mg = \frac{qmp}{qm} \quad \text{donde :}$$

- # Mg = No. de microaspersores por grupo de riego.
 qmp = Gasto máximo permisible por grupo en lts/hr.
 qm = Gasto del microaspersor en lts/hr.

CUADRO No.4.- INTERVALOS DE RIEGO SUGERIDOS PARA LOS SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSION DE ACUERDO AL CLIMA Y TIPO DE SUELO.

CLIMA	TEXTURA GRUESA POCA CAPACIDAD PARA RETENER AGUA	ARENA FINA	TEXTURA MIGAJON ARCILLOSO
Cálido y seco alta evaporación	Riego frecuente durante el día ó una vez al día durante las horas más cálidas.	Un día de inter- valo o dos días donde el suelo contenga algo de limo ó arcilla.	De dos a tres días en suelos pesados con mala aerea- ción.
Moderado	Riegos frecuentes durante el día ó una vez al día du- rante las horas más cálidas.	De dos a tres días de inter- valo.	De tres a cuatro días de intervalo
Frio, baja evaporación	Riegos frecuentes durante el día ó una vez al día.	de tres a cua- tro días de in- tervalo.	de seis a 8 días de intervalo

Para encontrar el número de líneas regantes que domina un grupo de riego, se aplicó la fórmula siguiente :

$$\# Lr = \frac{\# Mg}{\# Ml} \quad \text{donde :}$$

Lr = Número de líneas regantes por grupo de riego.
 # Mg = Número de microaspersores por grupo de riego.
 # Ml = Número de microaspersores por lateral.

El número de microaspersores por lateral se considera el doble de lo recomendado en el cuadro No.2 ya que se tiene un lateral para cada lado del distribuidor.

La fórmula anterior se utilizó como base para la formación de grupos en el plano; su aplicación dependerá del tamaño de la huerta, el número de árboles que tenga por hileras y calles por lo que es necesario adaptarse a la distribución de la huerta, el número total de grupos de riego debe ser múltiplo de 24, que se traducen en las horas de un día, con el fin de poder determinar la cantidad de grupos que se se regarán simultaneamente y que forman una sección de riego determinada.

Se utilizó de base para este diseño el criterio de dispersar grupos de riego que pertenecen a una misma sección de riego por resultar más económico, esto significa que los gastos de los grupos que integran una determinada sección y que se regarán simultaneamente serán distribuidos en toda la huerta, esto evita el traer muchos gastos desde distancias muy largas lo que se traduce a diámetros de tubería más grandes aumentando así de sobremanera el costo del sistema(1,6).

Diseño hidráulico

El uso de fórmulas para el cálculo de pérdidas por fricción en tuberías para diseño de sistemas de riego no es muy frecuente debido a su laboriosidad, por lo que el diseñador práctico utiliza como un arma efectiva tablas y nomogramas los cuáles proporcionan con rapidez resultados con muy pequeño margen de error, a la vez que agilizan el cálculo hidráulico.

En este trabajo se utilizaron tablas de cálculo basadas en la fórmula de DARCY - WEISBACH para el cálculo de las pérdidas por fricción, la fórmula es la siguiente:

$$H_f = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad \text{donde :}$$

H_f = Pérdida de carga por fricción en mts.
 f = Factor de pérdidas de carga por fricción.
 L = Longitud de la tubería en mts.
 V = Velocidad del agua en mts./seg.
 D = Diámetro de la tubería en mts.
 g = Aceleración de la gravedad en mts/seg².

Las tablas utilizadas se encuentran en el cuadro No,4 del apéndice (6).

De la misma manera para el cálculo de las pérdidas en la línea lateral se utilizaron tablas en base a la fórmula de DARCY - WEISBACH, considerando el coeficiente de salidas múltiples (csm), de los mismos autores (cuadro No.5), las tablas utilizadas para éste fin se encuentran en el cuadro No. 6.

En lo referente a la fórmula DARCY - WEISBACH, el coeficiente 'f' de fricción se obtiene del diagrama de Moody introduciendo los valores del número de Reynolds y el de Rugosidad Relativa, el número de Reynolds por su parte se calcula de la formula

siguiente:

$$R = \frac{V \times D}{\nu} \quad \text{donde :}$$

R = Número de Reynolds (adimensional).
 V = Velocidad del flujo en cms./seg.
 D = Diámetro de la sección transversal del tubo en cms.
 ν = Viscosidad cinemática del fluido en cm²/seg

La Rugosidad relativa por su parte se obtiene de la siguiente relación:

$$R_r = \frac{R_a}{D} \quad \text{donde :}$$

R_r = Rugosidad relativa (adimensional).
 R_a = Rugosidad absoluta en mm.

La Rugosidad absoluta en este caso del PVC(Policloruro de Vinilo) material con el que estan fabricadas las tuberías utilizadas en este proyecto se obtuvo de una tabla donde se especifican las Rugosidades Relativas de diferentes materiales de esta manera para el PVC tenemos una R_a de 0.0015 mm.

Para recopilar los resultados obtenidos en el cálculo de pérdidas por fricción paara cada ruta crítica se utilizó una tabla como la que se muestra en el cuadro No. 7 del apéndice.

Potencia de la bomba

Para el cálculo de la potencia de freno de la bomba, se utilizó la fórmula siguiente :

$$P_f = \frac{Q_t \times H_{ft}}{76 \times E_f} \quad \text{donde :}$$

- P_f = Potencia de freno de la bomba en HP.
 Q_t = Gasto total requerido por el sistema en lts./seg.
 H_{ft} = Pérdidas totales de carga en mts. de columna de agua.
 E_f = Eficiencia de la bomba, generalmente
 76 = Factor de conversión.

Potencia del motor

Se utilizó la fórmula siguiente :

$$C_f = \frac{P_f}{E_m} \quad \text{donde :}$$

- C_f = Caballos fuerza del motor.
 P_f = Potencia de la bomba.
 E_m = Eficiencia del motor; 85% generalmente.

Cabezal de control

La filtración es una parte muy importante del sistema de riego, ya que en ella se acumula y detiene todo aquel material en suspensión que pudiera en un momento dado taponear la salida de los micraoaspersores (boquillas).

Debido a que la fuente de abastecimiento es un canal con alto contenido de arena e impurezas, se utilizó antes de la entrada de la filtración desarenadores con el fin de precipitar las arenas y la arenisca sílica.

Los tipos de filtros utilizados fueron los de anillos o discos de plástico de la marca ARKAL (figura No.4) la cantidad de mallas o mesh de cada filtro, así como el diámetro del mismo dependen del gasto o flujo que se hará pasar por ellos, la pureza del agua de riego. Para este fin se utilizó la tabla que se encuentra en el cuadro No. 5.

CUADRO No. 5.- RECOMENDACIONES PARA LA ELECCION DEL FILTRO DE ANILLOS MAS ADECUADO TIPO ARKAL.

DESCARGA EN m3/hr		ARKAL 19 mm No. de Filtros	ARKAL 25 mm No. de Filtros	ARKAL 50 mm No. de Filtros	ARKAL 75 mm No. de Filtros
DE:	A:				
0	3	1	-	-	-
3	6	2	1	-	-
6	9	3	2	-	-
9	12	4	2	1	-
12	15	5	3	1	-
15	30	-	5	2	1
30	45	-	8	3	1
45	60	-	-	4	2
60	75	-	-	5	2
75	90	-	-	6	2
90	120	-	-	8	3
120	150	-	-	10	4
150	180	-	-	12	4
180	270	-	-	-	6
270	360	-	-	-	8
360	450	-	-	-	10
450	540	-	-	-	12
540	630	-	-	-	14
630	720	-	-	-	16
720	810	-	-	-	18
810	900	-	-	-	20

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Estudios topográficos

De acuerdo a los resultados obtenidos en los estudios de campo, se encontró que el terreno en cuanto a pendiente se observa una diferencia de desniveles muy pequeña, con una pendiente de 0.3%, lo cual se puede tomar o no en consideración en el proyecto ya que no repercute en gran medida al diseño hidráulico del sistema.

La regularidad de las medidas del campo permitió realizar un trazo simétrico de la huerta tanto a lo largo como a lo ancho, por lo que éste se proyectó de la siguiente manera : 54 árboles por calle y 28 árboles por hilera, divididos en dos cuadros por una calle de acceso que coincide con las calles en el trazo del Campo Experimental (figura No. 1).

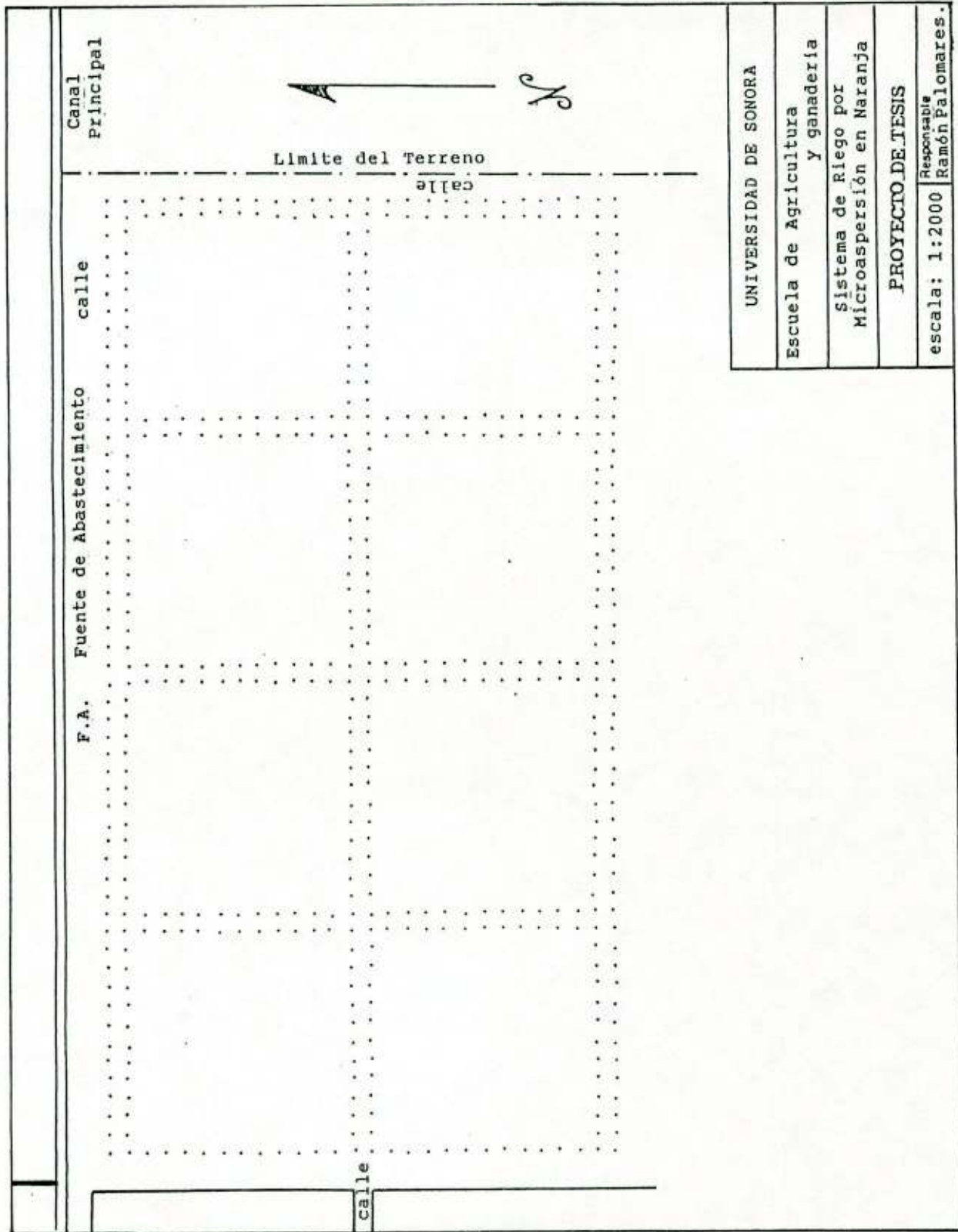
Análisis del suelo

En el muestreo realizado en el campo, se observó en forma visual el gran contenido de arena de las muestras, lo cual se comprobó en el laboratorio donde se obtuvo como resultado un suelo con más del 90% de arena. (Cuadro No. 2, apéndice).

Calidad del agua

El agua de riego se encontró situada en el parámetro C3S1- de acuerdo a la clasificación de Wilcox, como se observa es un tipo de agua con un contenido alto de sales solubles y baja en sodio, como el suelo tiene un alto contenido de arena con un drenaje eficiente no nos condiciona su uso en este caso. Los resultados del análisis se aprecian en el cuadro No.1. del apéndice.

FIGURA No. 1.- DISTRIBUCION DE LOS ARBOLES EN LA HUERTA.



UNIVERSIDAD DE SONORA
Escuela de Agricultura y ganadería
Sistema de Riego por Microaspersión en Naranja
PROYECTO DE TESIS
escala: 1:2000
Responsable Ramón Palomares.

Datos climatológicos

El mes de junio, se presentó como el de mayor evaporación por lo que se escogió para el cálculo de la demanda máxima, la escasa precipitación presentada en los últimos 10 años nos permitió no considerarla por no ser significativa (cuadro No.2 apéndice).

Diseño agronómico

En el cuadro No. 6, se presentan los resultados del cálculo de los requerimientos de agua para el cultivo.

Los que se tomaron en cuenta para el cálculo del intervalo crítico de riego, se presentan en el cuadro No. 7, con sus respectivos resultados.

CUADRO No.6.- RESULTADO DE LAS NECESIDADES HIDRICAS PARA LA ETAPA CRITICA DEL CULTIVO.

CONCEPTO	RESULTADO
U.C. Uso Consuntivo	5.724 mm/día
Vol/ha Volumen por hectárea	57 240 lts/ha/día
Vol/@ Volumen por árbol	366.9 lts/@/día
Vol b / @ Volumen bruto por árbol	432.0 lts/@/día

- * Se consideró una K del cultivo de 0.6 (Cuadro No 1).
- * Se consideró un area a humedecer de 32 mt².
- * Eficiencia del sistema 85%.

CUADRO No.7.- RESULTADOS DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS PARA EL CALCULO DEL INTERVALO DE RIEGO (I_r).

CONCEPTO	RESULTADO
Ln (Lámina neta)	9.12 mm *
Lb (Lámina bruta)	11.92 mm **
Tr (Tiempo de riego)	5.45 hrs = 6 hrs.***
Ir (Intervalo de riego)	1.59 días

* Para el cálculo de la lámina se consideraron los siguientes valores :

F (Factor climático) = 0.3 por ser una zona árida y seca.

HA(Humedad Aprovechable) = 76mm/mt. de acuerdo al cuadro No.3.

Zr(profundidad radicular) = 1.25 mts.

p (área de humedecimiento) = 32 mt².

* Para el cálculo de la lámina bruta se consideró lo siguiente:
t (factor climático) = 0.9, por tratarse de una zona desértica, Efs(Eficiencia del sistema) = 85%.

* Para el cálculo del tiempo de riego (T_r), se tomó en cuenta lo siguiente :

A_m = p (área de mojado) = 32 mt² ó sea el 50% del área del marco de plantación.

qm (gasto del microaspersor) = 70 lph (litros por hora) tomado del cuadro No. 2.

Para tener una mejor apreciación de las necesidades reales del árbol en lo que se refiere a los requerimientos de riego, es necesario además de considerar los factores climáticos de la región, en tomar en cuenta las variables del suelo, del lugar donde se va a establecer el cultivo, por lo que es importante corroborar los resultados obtenidos por medio de la fórmula que considera las necesidades del cultivo de acuerdo a su evapotranspiración con la fórmula que involucra las variables del suelo, tenemos entonces :

$$Tr = \frac{Vb/\theta}{qm} = \frac{432 \text{ lts/día/árbol}}{70 \text{ lph}} = 6.17 \text{ hrs.} = 6 \text{ hrs}$$

donde:

- Tr = Tiempo de riego en horas por día por árbol.
- Vb/θ = Volumen bruto a aplicar por árbol en lts/día/árbol.
- qm = Gasto del microaspersor en litros por hora.

El intervalo de riego en este caso fue de un día que se traduce en 24 horas, el resultado del cuadro No. 7 nos indica un intervalo de riego de 1.59 días o 38 horas aproximadamente, en estos casos se escoge el intervalo de riego más crítico, siendo éste el de las 24 horas.

Tipo de microaspersor

De acuerdo al criterio del área de humedecimiento se eligió el microaspersor adecuado del cuadro No. 2.-, en la misma manera se puede observar que existe otro microaspersor que cumple con los requicitos, este es el que nos proporciona un gasto de 74 lph. boquilla naranja, con un diámetro de mojado de 6.4 mts- (cuadro No. 8).

No se dió preferencia al microaspersor de 74 lph, por las siguientes razones :

1.- En una línea lateral de 16 mm., se utilizarían dos microaspersores menos de este tipo por cada lado del de distribuidor, lo que se traduce en 32 mts. menos de ancho por grupo de riego, esta situación nos daría como resultado el fraccionar más el terreno ó que es lo mismo un número mayor de grupos de riego.

2.- La presión de operación del microaspersor de 74 lph.- es baja (10 mts.=14.14 psi), los fabricantes no recomiendan trabajar los microaspersores a presiones de operación mayores o menores de 20 mts. de columna de agua (28.28 psi), solo cuando sea extrictamente necesario, ya que presentan mucha variabilidad tanto en gastos como en diámetros de mojado, disminuyendo su eficiencia de aplicación.

CUADRO No.8.- CARACTERISTICAS DE OPERACION DE LOS MICROASPERORES DE 70 LPH Y 74 LPH.

GASTO DEL MICROASPERSONOR	COLOR DE LA BOQUILLA	DIAMETRO DE MOJADO	NUMEROS DE MICROASPERORES POR LATERAL
70 lph.	gris	7.2 mts.	7
74 lph.	verde	6.4 mts.	5

Formación de los grupos de riego

Los grupos de riego, quedaron distribuidos como se muestra en la figura No.2., el campo se seccionó en un total de 8 grupos de riego, de los cuáles cuatro grupos quedaron conformados de la

siguiente forma : 13 hileras de 14 árboles cada uno; otros cuatro grupos más de 14 hileras con 14 árboles cada una, esta división se realizó tomando en consideración una calle que atravieza por la mitad a la huerta. En el cuadro No.9., se indican los grupos de riego con su número respectivo de árboles que comprenden cada uno y su gasto en litros por segundo.

CUADRO No. 9.- GRUPOS DE RIEGO, NUMERO DE ARBOLES Y EL GASTO DE CADA UNO DE ELLOS.

NUMERO DE GRUPO	GASTO EN LPS	No. DE ARBOLES POR GRUPO
1	3.54	182
2	3.80	196
3	3.80	196
4	3.54	182
5	3.54	182
6	3.80	196
7	3.80	196
8	3.54	182

El número de microaspersores por lateral, así como la longitud de éste, se obtuvieron del cuadro No. 2, considerando un diámetro del lateral de 16 mm (diámetro externo), a una separación de 8 mts. entre microaspersores, en la misma tabla , se puede observar que existen laterales de 20 y 25 mm también, éstos no se utilizaron en el proyecto por las siguientes razones:

* Las mangueras de polietileno de 20 y 25 mm. tienen un

costo en el mercado más alto que la manguera de 16 mm.

* Al utilizar por ejemplo un lateral de 20 mm de diámetro el campo se hubiera fraccionado en 6 grupos de riego con un gasto de 4.9 lps., cada uno, esto significaría estar arriba del límite fijado como criterio de diseño que fue de 4.5 lps.

Formación de unidades de riego

En base al intervalo de riego calculado (6 horas cada 24 horas) se integraron los grupos de riego, en el cuadro No. 10 se muestran las alternativas que se estudiaron para escoger, la unidad de riego más adecuada para este proyecto.

De las alternativas que se muestran en el cuadro No. 10. se escogió la número tres, por las siguientes razones:

1.- Es la alternativa más económica, pero no la mas funcional, esto se debe a que se busca un equilibrio entre el costo del sistema y la funcionalidad u fácil operación del mismo, al hablar de funcionalidad, se refiere a la posibilidad de que el operador del sistema no cometa errores de operación debido a la complejidad con que fue diseñado.

2.- Es el prototipo de las alternativas que se manejan a nivel comercial, siempre y cuando el agricultor mantenga un estricto control en cuanto a la óptima operación del sistema se refiere.

La alternativa No. 2, es la más recomendable por lo siguiente:

- 1.- Ofrece una fácil y cómoda operación del sistema.
- 2.- Menor gasto en mano de obra.

La alternativa No. 3, solo se recomienda en casos muy especiales y cuando el agricultor este de acuerdo en implementarla.

CUADRO No. 10.- ALTERNATIVAS PARA SELECCIONAR LA UNIDAD DE RIEGO MAS ADECUADA.

ALTERNATIVAS	No. DE UNIDADES RIEGO	GASTO POR UNIDAD DE RIEGO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1.-Riego para dos grupos simultaneamente.	cuatro unidades de riego	7.34 lps	menor costo del del sistema, mayor capacidad de aprovechamiento del sistema.	4 turnos de 6.hrs. operación complicada del sistema.
2.-Riego para cuatro grupos simultaneamente	dos unidades de riego	14.68 lps	dos turnos de 6 hrs. cada uno - óptima operación del sistema.	alto costo capacidad media de aprovechamiento.
3.-Riego para los ocho - grupos simultaneamente.	una unidad de riego	29.36 lps	un turno de seis hrs. de riego es pecial para el - control de heladas.	alto costo menor capacidad del sistema.

La distribución de las unidades de riego en el plano se muestran en la figura No. 3.

En el cuadro No. 11, se muestran las características de cada una de las unidades de riego del proyecto.

Distribución de la tubería

Las líneas laterales o regantes se colocaron paralelas a las calles en dirección E-W, la tubería de distribución se colocó en la mitad de los grupos de riego de 14 hileras quedando 7 microaspersores por cada lado del distribuidor, en los grupos de 13 hileras quedaron 7 microaspersores por un lado y 6 por el lado opuesto al distribuidor (figura No.4).

La tubería de conducción principal se proyectó entre las hileras 27 y 28, las tuberías de conducción secundarias No. 1 y No. 2, se colocaron en el proyecto tal y como se muestra en la figura No.4.

Como se observa en el cuadro No. 11, el gasto total para cada una de las unidades de riego es el mismo (7.34 lps.), esto es muy importante en un diseño ya que se evitan muchos problemas tales como: cambios bruscos en el flujo del agua en la tubería, así como de presión, lo cuál afecta directamente a la eficiencia del sistema y de la bomba (la máxima diferencia recomendada entre los gastos totales de las unidades de riego es de 0.5 lps.)

Diseño hidráulico

En el cálculo de las pérdidas por fricción en las tuberías

FIGURA No. 3.- DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES DE RIEGO EN LA HUERTA.

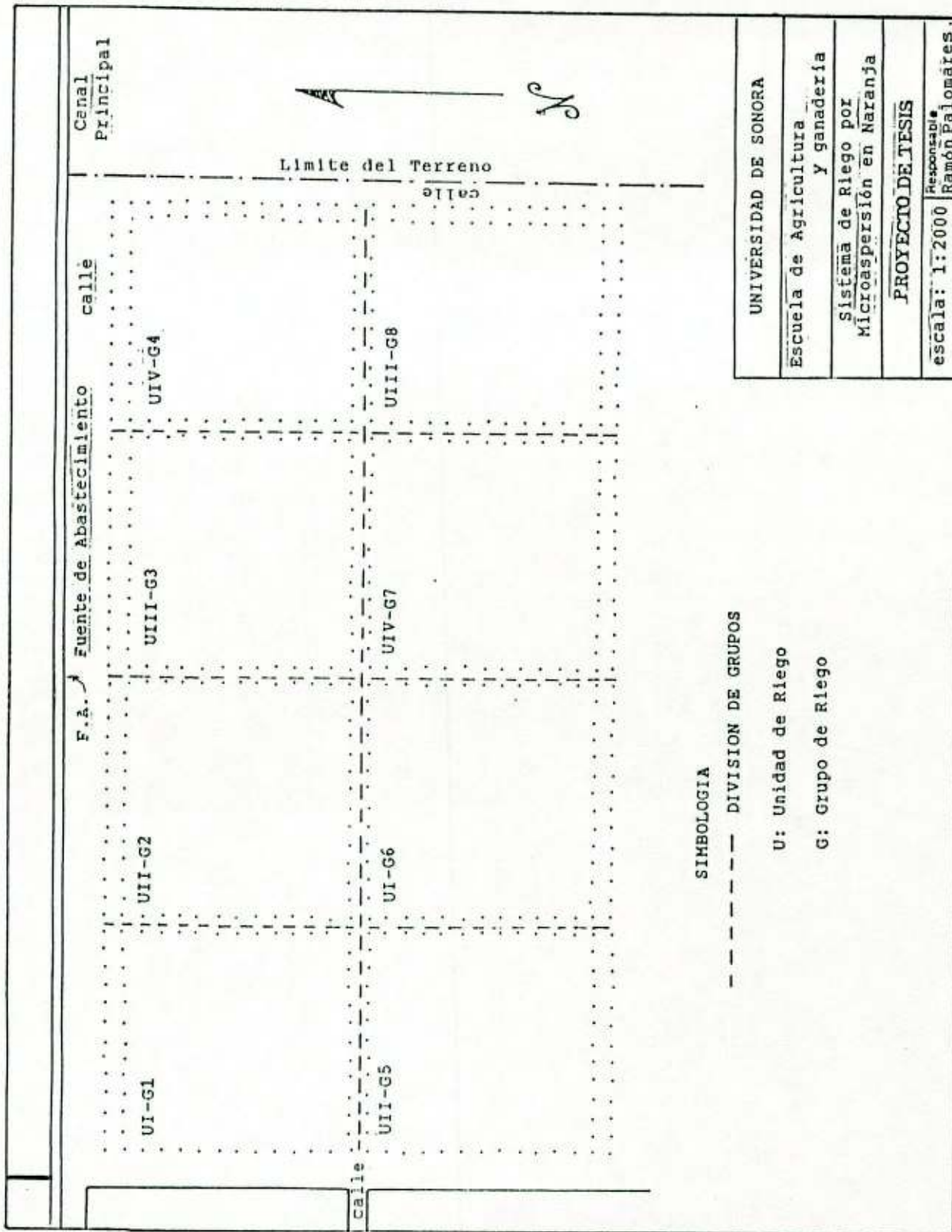
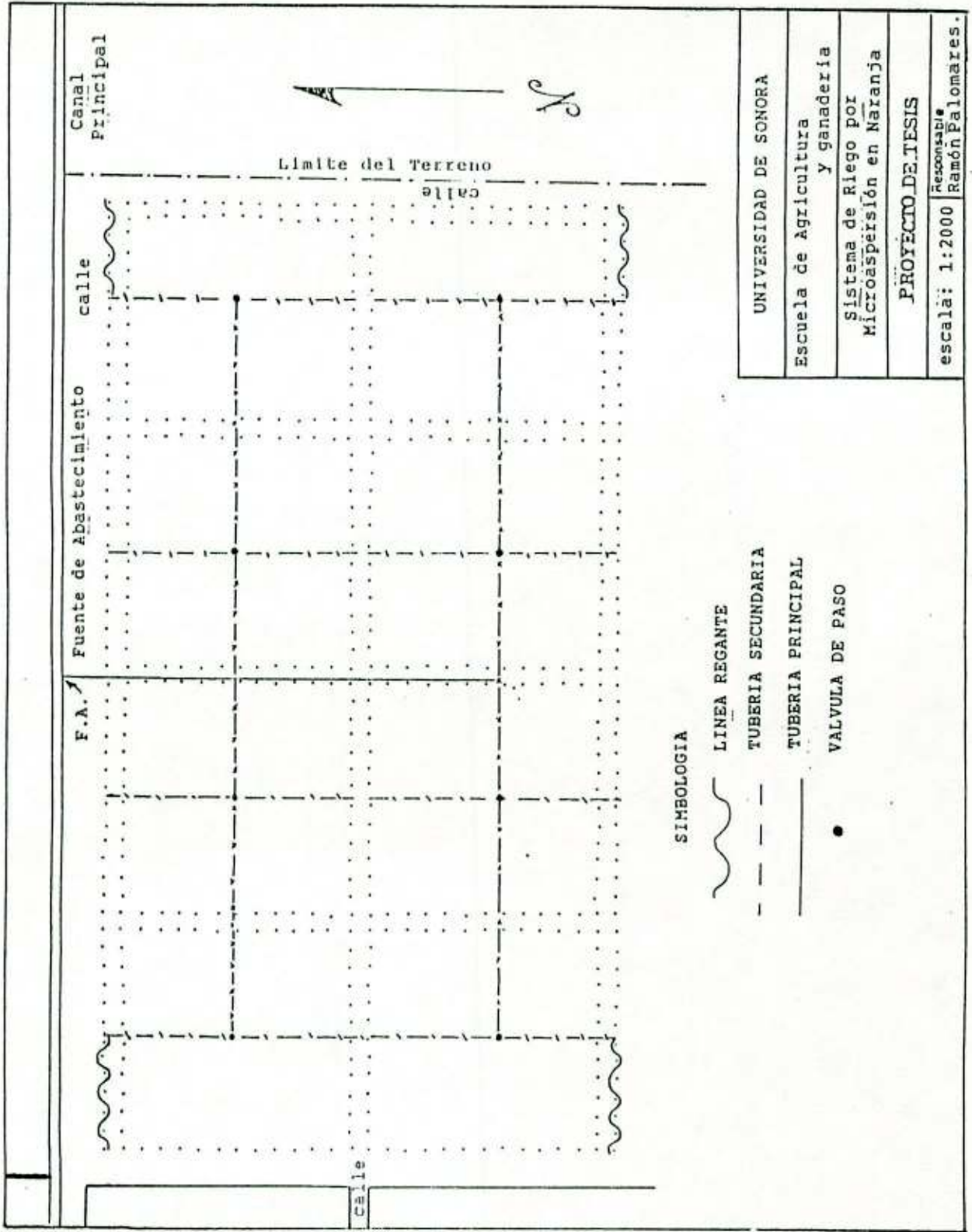


FIGURA No. 4.- DISTRIBUCION DE LA TUBERIA EN LA HUERTA.



se escogieron como grupos críticos los siguientes: G1U1, G5UII G4UIU, G8UII ,cada uno de los cuales se le asignó una ruta crítica, cada ruta se enumeró del 1 al 4 respectivamente, en el cuadro No. 12 se muestra la simbología utilizada para identificar unidades y grupos, se determinó a estos grupos como críticos por ser los que están más alejados de la fuente de abastecimiento, por lo que el recorrido del agua es más largo y por lo tanto las pérdidas por fricción son más altas.

CUADRO No.11.- CARACTERISTICAS DE LAS UNIDADES DE RIEGO DE LA ALTERNATIVA No.1.

No. DE UNIDAD	GRUPOS DE RIEGO	GASTO POR GRUPO LPS	GASTO POR UNIDAD.LPS
I	1-----6	3.54-----3.80	7.34
II	2-----5	3.80-----3.54	7.34
III	3-----8	3.80-----3.54	7.34
IV	4-----7	3.54-----3.80	7.34

En los cuadros No. 13,14,15 y 16, se presentan los resultados del cálculo hidráulico de las rutas críticas 1,2,3 y 4 respectivamente, para este fin se utilizaron como auxiliares las tablas de los cuadros No. 4,5 y 6 del apéndice.

Los resultados del cálculo hidráulico de cada una de las rutas críticas se obtuvieron de acuerdo a los siguientes procedimientos :

1.- La presión de operación del microaspersor se obtuvo del cuadro No. 2.

2.- Las pérdidas por fricción de la línea regante se tomaron de las tablas del cuadro No. 6 del apéndice.

3.- El coeficiente de salidas múltiples se obtuvo de la tabla incluida en el cuadro No. 5 del apéndice.

4.- La pérdida por fricción en las tuberías de distribución, la principal y las secundarias, se calcularon en base a las tablas del cuadro No.4, del apéndice.

5.- La carga del regulador de presión, se calculó en base a la gráfica que se presenta en la figura No.5 del apéndice.

CUADRO No. 12.- SIMBOLOGIA UTILIZADA PARA LAS UNIDADES Y GRUPOS DE RIEGO EN EL CALCULO HIDRAULICO.

SIMBOLO	SIGNIFICADO
U	UNIDAD DE RIEGO
G	GRUPO DE RIEGO
x	NUMERO ROMANO CORRESPONDIENTE A LA UNIDAD DE RIEGO
y	NUMERO ARABIGO CORRESPONDIENTE AL GRUPO DE RIEGO

CUADRO No.13.-RESULTADOS DEL CALCULO HIDRAULICO DE LA
RUTA CRITICA No.- 1, U1-G1.

TRAMO	GASTO lps	φ mm	TIPO TUBERIA	LONG. mts.	CLASE	Hf mt x mt	CSM	Hf total
PRESION DE OPERACION DEL MICROASPERSONOR								20.00
0-1	0.1167	16	p.e.	56	RD-41	0.1310	0.408	2.99
1-2	1.7690	32	p.v.c.	56	RD32.5	0.0387	0.408	0.88
CARGA DE PRESION EN EL REGULADOR								5.00
2-3	3.5400	50	p.v.c.	160	RD-41	0.0498		7.90
3-FA	7.340	60	p.v.c.	72	RD-41	0.0679		4.98
PERDIDA DE CARGA TOTAL								41.66
PERDIDAS LOCALIZADAS								4.17
TOTAL								45.83

FA = Fuente de Abastecimiento.
p.v.c.= Policloruro de Vinilo.

p.e.= polietileno
l.p.s= Litros por segundo.

CUADRO No 14.- RESULTADOS DEL CALCULO HIDRAULICO DE LA
RUTA CRITICA No.2, GRUPO UIV-G4.

TRAMO	GASTO lps	φ mm	TIPO TUBERIA	LONG. mt.	CLASE	Hf mt x mt	CSM	Hf total
PRESION DE OPERACION DEL MICROASPERSOR								20.00
0-a	0.136	16	p.e.	56	RD-41	0.1310	0.4081	2.99
a-b	1.769	38	p.v.c.	56	RD32.5	0.0387	0.4081	0.88
CARGA DE PRESION EN EL REGULADOR								5.00
b-3	3.540	50	p.v.c.	160	RD32.5	0.0471		7.50
3-FA	7.340	60	P.V.C.	72	RD-41	0.0679		4.89
PERDIDA DE CARGA TOTAL								41.26
PERDIDAS LOCALIZADAS								4.13
TOTAL								45.39

CUADRO No.15.- RESULTADOS DEL CALCULO HIDRAULICO DE LA
 RUTA CRITICA No.3, DEL GRUPO UII-G5.

TRAMO	GASTO lps	φ mm	TIPO TUBERIA	LONG. mt	CLASE	Hf mt x mt	CSM	Hf total
PRESION DE OPERACION DEL MICROASPERSONOR								20.00
0-A	0.136	16	p.e.	56	RD-41	0.1310	0.408	2.99
A-B	1.769	38	p.v.c.	56	RD32.5	0.0390	0.408	0.88
CARGA DE PRESION EN EL REGULADOR								5.00
B-C	3.540	50	p.v.c.	100	RD32.5	0.0470		4.71
C-D	3.540	60	p.v.c.	60	RD-41	0.0160		0.95
D-3	3.540	60	p.v.c.	112	RD-41	0.0160		1.77
3-FA	7.340	60	p.v.c.	72	RD-41	0.0680		4.89
PERDIDA DE CARGA TOTAL								41.19
PERDIDAS LOCALIZADAS								4.12
TOTAL								45.31

CUADRO No.16.- RESULTADOS DEL CALCULO HIDRAULICO DE LA RUTA CRITICA No.4, DEL GRUPO DE RIEGO UIII-G8.

TRAMO	GASTO EN LPS	ϕ EN MM	TIPO DE TUBERIA	CLASE	LONG. EN MT	Hf EN MTxMT	CSM	Hf TOTAL
PRESION DE OPERACION DEL MICROASPERSONOR								20.00
0 - L	0.1360	16	p.e.	RD-41	56	0.1310	0.408	2.99
L - M	1.7690	38	p.v.c.	RD-32.5	56	0.0390	0.408	0.88
CARGA DE PRESION EN EL REGULADOR								5.00
M - N	3.5400	50	p.v.c.	RD-32.5	100	0.0470		4.71
N - O	3.5400	60	p.v.c.	RD-41	60	0.0160		0.95
O - 3	3.5400	60	p.v.c.	RD-41	112	0.0160		1.77
3 - FA	7.3400	60	p.v.c.	RD-41	72	0.0680		4.89
PERDIDAS DE CARGA TOTAL								41.19
PERDIDAS LOCALIZADAS								4.12
TOTAL								45.31

Necesidades de bombeo

Las necesidades de bombeo para el proyecto de acuerdo a la carga total fueron :

POTENCIA DE FRENO	
DE LA BOMBA	6.32 HP

POTENCIA DEL	
MOTOR ELECTRICO	7.43 CP

Filtración

Se escogió un filtro desarenador o hidrociclón de 75 mm de diámetro de entrada del flujo del agua, para una capacidad de filtrado de 10 lps.

Según las especificaciones del cuadro No.5 para la elección del filtro de anillos más adecuado, se encontró que con dos filtros de 50 mm de diámetro de entrada fue suficiente para cumplir con las necesidades de filtración del sistema.

En la figura No. 6, se muestra el plano de la distribución final de la tubería con sus respectivos diámetros.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- El microaspersor que se adaptó a los requerimientos de riego de los árboles de naranja con un marco de plantación de 8mts x 8mts., fue el de 70 lph. particularmente de la marca y el modelo utilizado para la Mesa Arenosa de San Luis Río Colorado Sonora., el intervalo de riego (Ir) que se recomienda para el riego por microaspersión en la etapa de maduración y en el mes de máxima evaporación en una huerta de naranja bajo las condiciones particulares de la Mesa Arenosa es de 6 horas de riego al día (420 lts. por árbol al día), cada 24 horas considerando las características de este proyecto.
- 2.- La relación en cuanto el intervalo de riego, considerando el volumen a aplicar por árbol, respecto a las características del suelo resultó ser más crítico el primero (24 horas contra 38 horas) por lo que es recomendable utilizarlo en el diseño.
- 3.- En suelo con textura arenosa el microaspersor compensa el escaso movimiento horizontal del suelo gracias a que el diámetro de mojado del mismo humedece el 50% del área del marco de plantación.
- 4.- Es recomendable manejar el número máximo de unidades de riego, que el intervalo de riego crítico permita, para obtener el diseño de riego más económico, por ejemplo: si tenemos que regar 8 horas cada 24 horas,

el número máximo de unidades de riego que se pueden manejar es de tres.

- 5.- En lo referente a la operación óptima del sistema son recomendables los turnos de riego diurnos, por ejemplo: tres en el caso de que el tiempo de riego sea de 4 horas y de 2 turnos en caso de ser 6 horas horas de riego, esta recomendación se da en caso la mano de obra este escasa o bien que la existente no sea responsable, de esta manera se evitan errores.
- 6.- En el cálculo hidráulico del sistema se recomienda el uso de tablas y nomogramas en lugar de las fórmulas ya existentes, solo cuando el tiempo sea una limitante porque aunque es una metodología que agiliza los cálculos, es susceptible de cometer errores cuando no se utiliza el procedimiento indicado.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ARMONI, SH. 1984. El Riego por Goteo, Estado de Israel, Ministerio de Agricultura. Centro de Operación Internacional para el Desarrollo Agrícola (CINADCO). 100 p.
- 2.-ASOCIACION MEXICANA DE INDUSTRIAS PLASTICAS. (s.f.), Manual para la Instalación de Tuberías de Policloruro de Vinilo (P.V.C.) México D.F. 87 p.
- 3.-CENTRO NACIONAL DE METODOS AVANZADOS DE RIEGO. 1982. Memoria del III Curso de Riego por Goteo. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos . Gomez Palacio Durango México. pp 62 - 115
- 4.-GONZALEZ G. Y J PADRON . 1982. Guía para el Cultivo de los Cítricos en Nuevo León. Instituto de Investigaciones Agrícolas (INIA). México. pp 30 - 45
- 5.-HARGREAVES H. 1968. Consuntive Use Derived Evaporation Pan Data. Traducido por José Luis De La Loma. México D.F. Secretaría de Recursos Hidráulicos. 21 p.
- 6.-MEDINA J. 1985. El Riego por Goteo. 2a Ed. Ediciones Mundiprensa. España. 216 p.
- 7.-SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA. 1983. Fruticultura, Manuales para la Educación Agropecuaria. México. pp. 63 -68
- 8.-MORALES, B. 1980. Diseño de Riego por Goteo. Boletín Técnico No.20. Chapingo México, Departamento de Irrigación 73.p.
- 9.-PALOMARES, R. 1983. La Microaspersión en Durazno. Hermosillo Sonora. Universidad de Sonora. Escuela de Agricultura y Ganadería. pp. 3 - 4 (seminario).

- 10.-PISSANI, Z.J. 1983. Ingeniería de Sistemas de Riego Presurizados Instituto Tecnológico de Sonora. (mimeografiado).
- 11.-PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL DRIP/TRICKLE. Irrigation Congress. 1985. California USA Nov. 18 - 21. Root-Distribution of Mature Orange Trees Irrigated By Presurized Sistem Yuma Arizona. pp. 579 - 586
- 12.-PULIDO A. Y H. DEL VALLE. 1980. Instructivo para el Análisis Suelo y Aguas para Riego. Universidad Autónoma de Chapingo Departamento de Irrigación. México D.F. pp. 3 - 18
- 13.-RAMIREZ J.M. 1982. Logros y Aportaciones de la Investigación Agrícola en el Cultivo de los Cítricos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. 40 p.
- 14.-RODNEY, R.D. 1977. Citrus Responses To Irrigation Methods.- Department of Soils. Water and Engineering. University of Arizona. Experiment Station. Yuma Az. USA PP 106 - 110.
- 15.-RODRIGUEZ, F. 1982. El Riego por Goteo. AGT. Editor S.A. México D.F. 158 p.
- 16.-ROTH, L. 1979. Irrigation for Improving Irrigation Efficiencies on Sandy Soils. University of Arizona USA 130 p.
- 17.-ROTH, L. 1979. Irrigation Methods, Nutrients Requirements and Cultural Practtices for Mature Orange Trees Converted to Pressurized Irrigation Methods on the Sandy Mesa Soils in South Western Arizona, final report, submitted to the USA Salinity Laboratory SEA - AR, U.S. Departament of Agriculture of and the University of Arizona. 249p

- 18.-SOTELO, A.G. 1982. Hidráulica General. 6a Ed. Editorial Limusa. México D.F. pp 277 - 287
- 19.-TAMARO, D. 1984. Fruticultura. traducción de la 4a edición Italiana por Antonio Caballero. 10a Ed. Editorial Gustavo Gill S.A. España. pp 750 - 781
- 20.-TSJAR, B. (s.p.) El riego por Aspersión-Estado de Israel pp 7 - 8.
- 21.-U.S. DEPARTAMENT OF AGRICULTURE, 1980. Citrus. Edited by the University of Arizona-Tucson 64 p.
- 22.-VALDEZ, G.B. 1983. Densidades de Población, Volúmenes de agua y Dosis Variable de Nitrógeno en el Cultivo de Lechuga (Lactuca Sativa L.) con Riego por Goteo. Escuela de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora, Sonora México. pp 5 - 13 .

APENDICE

CUADRO NO. 1.- RESULTADOS ANALITICOS DEL AGUA DE RIEGO DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO.

CONCEPTO	RESULTADOS	
Conductividad Eléctrica en Micromhos/ cm.	1150	
p.H	7.7	
CATIONES	meq./lt.	mg./lt.
Ca++	3.8	76
Mg.++	3.4	41
Na.++	4.6	106
ANIONES	meq./lt.	mg./lt.
CO3=	0.0	---
HCO3-	3.2	195
CL-	3.4	127
SO4=	5.2	250
SOLIDOS SOLUBLES TOTALES	795	
PORCIENTO DE SODIO	39.0	
R.A.S.	2.4	

Las muestras se tomaron del canal Reforma que sirve como fuente de abastecimiento para el sistema, en el Km. 12 + 016.

CUADRO No.2.- RESULTADOS DEL ANALISIS SUELO.

CONCEPTO	PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA EN CM		
	0 - 30	30 - 60	60 -90
% de Arena	95.94	95.94	95.94
% de limo	1.54	1.54	1.54
% de Arcilla	2.54	2.54	2.54
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa
Capacidad de Campo (C.C.)	13.88	12.30	-----
p.m.p.	7.00	6.50	-----
Densidad Aparente (gr/cm ³)	1.54	1.55	-----
p.H.	7.20	7.20	-----
Conductividad Electrica en mmhos/cm a 25 ^o c	0.55	0.55	-----

No se realizaron todas las determinaciones en el perfil de 60 - 90 cms. debido a la homogeneidad que presentó el suelo a diferentes profundidades.

CUADRO No.3.- DATOS CLIMATOLOGICOS DE LA ESTACION CLIMATOLOGICA No.59, DEL EJIDO LA GRULLITA, PERTENECIENTE AL CENTRO DE DESARROLLO RURAL No.002.

MES	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN °C			PRECIPITACION MEDIA MENSUAL EN MM	EVAPORACION MEDIA-DIARIA EN.MM
	MIN.	MAX.	MED.		
ENE	6.01	22.01	14.00	27.400	2.353
FEB.	6.70	24.83	15.78	9.175	3.509
MAR.	8.89	26.32	17.60	9.125	4.490
ABR.	11.29	31.12	21.20	0.970	6.435
MAY.	14.86	34.20	24.50	2.013	7.415
JUN.	19.61	38.60	29.10	0.000	9.546
JUL.	25.06	42,17	33.60	7.037	9.490
AGO.	24.94	41.54	33.20	9.663	8.138
SEP.	21.82	39.00	30.40	4.813	6.836
OCT.	15.51	32.87	24.19	3.313	4.674
NOV.	10.39	29.09	19.70	0.410	4.336
DIC.	6.45	23.55	15.00	9.785	4.000

Los datos registrados en ésta estación climatológica tienen una antigüedad de 10 años.

CUADRO No.4- PERDIDAS POR FRICCION EN TUBERIA DE PVC SEGUN DARCY-WEISBACH

Q LPS	RD-32.5		RD-32.5		RD-41		RD-41	
	H _F 38 mm.	U M/S	H _F 50 mm.	U M/S	H _F 60 mm.	U M/S	H _F 75 mm	U M/S
2.05	0.05131	1.260	0.01572	0.814	0.00528	0.541	0.00185	0.364
2.10	0.05385		0.01650		0.00554		0.00194	
2.15	0.05644		0.01729		0.00581		0.00203	
2.20	0.05910		0.01810		0.00608		0.00213	
2.25	0.06181	1.390	0.01894	0.894	0.00636	0.594	0.00222	0.400
2.30	0.06459		0.01979		0.00665		0.00232	
2.35	0.06743		0.02066		0.00694		0.00242	
2.40	0.07033		0.02155		0.00724		0.00253	
2.45	0.07329		0.02245		0.00755		0.00264	
2.50	0.07631	1.540	0.02338	0.993	0.00786	0.660	0.00274	0.444
2.55	0.07939		0.02432		0.00817		0.00286	
2.60	0.08254		0.02529		0.00850		0.00297	
2.65	0.08574		0.02627		0.00883		0.00308	
2.70	0.08901		0.02727		0.00916		0.00320	
2.75	0.09234	1.700	0.02829	1.090	0.00951	0.726	0.00332	0.489
2.80	0.09572		0.02933		0.00986		0.00344	
2.85	0.09917		0.03088		0.01021		0.00357	
2.90	0.10268		0.03146		0.01057		0.00369	
2.95	0.10626		0.03255		0.01094		0.00382	
3.00	0.10989	1.850	0.03366	1.190	0.01131	0.792	0.00395	0.533
3.10	0.11374		0.03595		0.01208		0.00422	
3.20	0.12501		0.03830		0.01287		0.00450	
3.30	0.13290		0.04073		0.01369		0.00478	
3.40	0.14440	2.100	0.04324		0.01453		0.00508	
3.50			0.04582	1.390	0.01540	0.924	0.00538	0.622
3.60			0.04848		0.01629		0.00569	
3.70			0.05121		0.01721		0.00601	
3.80			0.05401		0.01815		0.00634	
3.90			0.05689		0.01912		0.00668	
4.00			0.05985	1.580	0.02011	1.050	0.00703	0.711
4.10			0.06228		0.02113		0.00738	
4.20			0.06598		0.02217		0.00775	
4.30			0.06916		0.02324		0.00812	

CUADRO No.4- PERDIDAS POR FRICCION EN TUBERIA DE PVC SEGUN DARCY-WEISBACH

Q LPS	RD-32.5		RD-41		RD-41		RD-41	
	H _F 50 mm	U m/s	H _F 60 mm	U m/s	H _F 75 mm	U m/s	H _F 100 mm	U m/s
4.30	0.06916		0.02324		0.00812			
4.40	0.07242		0.02423		0.00850			
4.50	0.07574		0.02526		0.00889			
4.60	0.07744		0.02602		0.00909	0.809	0.00238	0.489
4.70	0.08263		0.02777		0.00970		0.00254	
4.80	0.08618		0.02896		0.01012		0.00265	
4.90	0.08910		0.03018		0.01054		0.00276	
5.00	0.09539		0.03206		0.01120		0.00293	
5.10	0.09729		0.03270		0.01142		0.00299	
5.20	0.10114		0.03334		0.01165		0.00311	
5.30	0.10507	2.10	0.03531		0.01233		0.00332	
5.40	0.10907	2.14	0.03666		0.01280		0.00335	
5.50	0.11315	2.18	0.03803	1.450	0.01328	0.978	0.00348	0.592
5.60			0.03942		0.01377		0.00361	
5.70			0.04084		0.01427		0.00374	
5.80			0.04229		0.01477		0.00387	
5.90			0.04376		0.01529		0.00407	
6.00			0.04525	1.580	0.01581	1.060	0.00414	0.646
6.10			0.04678		0.01634		0.00428	
6.20			0.04832		0.01688		0.00442	
6.30			0.04989		0.01771		0.00471	
6.40			0.05149		0.01799		0.00479	
6.50			0.05311	1.710	0.01855	1.150	0.00494	0.699
6.60			0.05476		0.01913		0.00501	
6.70			0.05643		0.01971		0.00517	
6.80			0.05813		0.02030		0.00532	
6.90			0.05985		0.02091		0.00548	
7.00			0.06160	1.840	0.02152	1.240	0.00564	0.753
7.10			0.06337		0.02214		0.00572	
7.20			0.06517		0.02214		0.00580	
7.30			0.06699		0.02340		0.00613	
7.40			0.06884		0.02406		0.00630	
7.50			0.07071	1.980	0.02470	1.330	0.00647	0.807

CUADRO No. 5.- COEFICIENTE DE PERDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN
 EN TUBERIAS DE SALIDAS MÚLTIPLES SEGUN
 DARCY - WEISBACH.

N	CSM	N	CSM	N	CSM	N	CSM
1	1.0000	11	0.3802	21	0.3575	55	0.3425
2	0.6250	12	0.3761	22	0.3564	60	0.3417
3	0.5185	13	0.3728	23	0.3554	65	0.3411
4	0.4687	14	0.3699	24	0.3544	70	0.3405
5	0.4400	15	0.3674	25	0.3536	75	0.3400
6	0.4231	16	0.3652	30	0.3502	80	0.3396
7	0.4082	17	0.3632	35	0.3477	85	0.3392
8	0.3984	18	0.3616	40	0.3459	90	0.3389
9	0.3909	19	0.3601	45	0.3445	95	0.3386
10	0.3850	20	0.3587	50	0.3434	100	0.3383

N= No. de salidas

CSM= Coeficiente de salidas múltiples

CUADRO No. 6.-TABLA DE LAS PERDIDAS POR FRICCION EN MT POR
100 MTS. EN MANGUERA DE POLIETILENO BLANDO.

GASTO M3/HR	DIAMETRO EN MM				
	12	16	20	25	30
0.1	5.0	1.0	-	-	-
0.2	17.0	3.2	1.3	-	-
0.3	34.0	6.4	2.5	-	-
0.4	55.0	11.0	4.2	1.5	-
0.5	80.0	16.0	6.2	2.1	-
0.6	--	21.0	8.5	2.9	-
0.7	--	28.0	11.0	3.8	-
0.8	--	35.0	14.0	4.8	1.5
0.9	--	43.0	17.0	6.0	1.8
1.0	--	52.0	21.0	7.2	2.2
1.2	--	70.0	28.0	9.8	3.0
1.4	--	90.0	37.0	13.0	3.9
1.6	--	--	47.0	16.0	5.0
1.8	--	--	58.0	20.0	6.0
2.0	--	--	70.0	24.0	7.3
2.5	--	--	--	35.0	11.0
3.0	--	--	--	48.0	15.0
3.5	--	--	--	64.0	20.0
4.0	--	--	--	80.0	25.0
5.0	--	--	--	--	--
6.0	--	--	--	--	50.0
7.0	--	--	--	--	67.0

FIGURA No. 1.- PLANO DE LOCALIZACION DE LA MESA ARENOSA DE SAN LUIS RIO COLORADO SONORA.

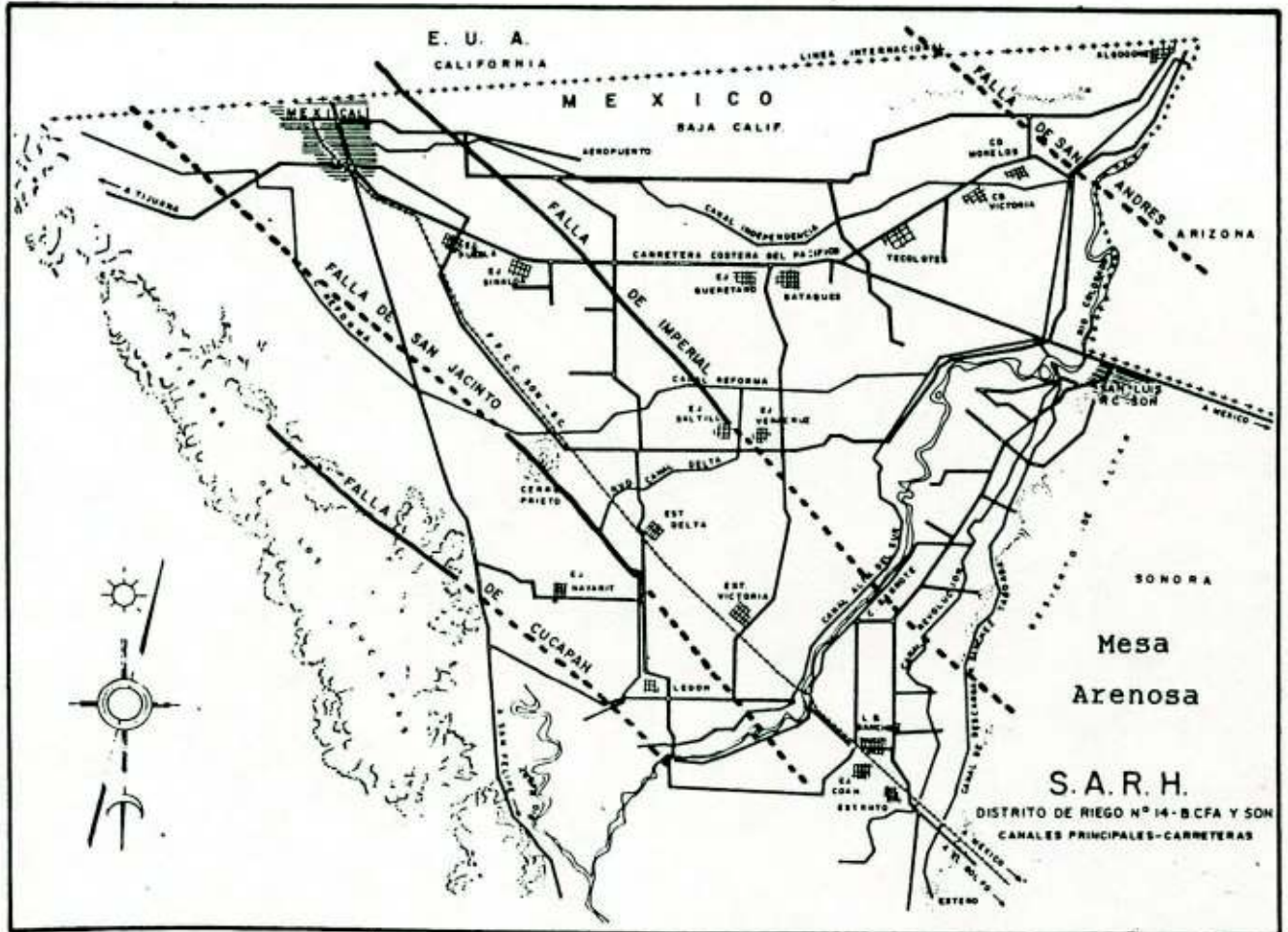
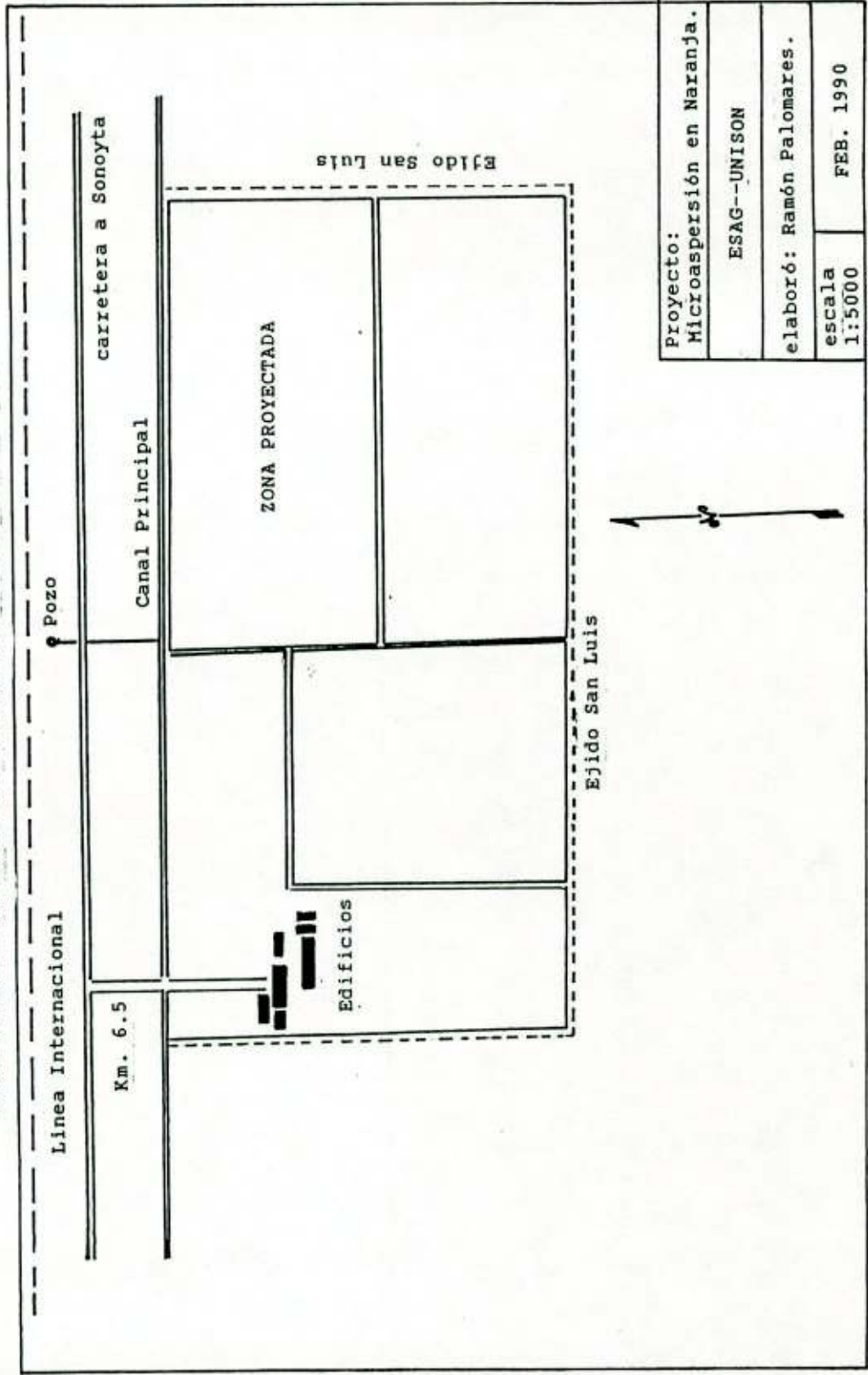


FIGURA No. 2.- LOCALIZACION DEL TERRENO DONDE DE REALIZO EL PROYECTO DE RIEGO POR MICROASPERSION EN UNA HUERTA DE NARANJA (Citrus sinensis O.).



Proyecto: Microaspersión en Naranja.	
ESAG--UNISON	
elaboró: Ramón Palomares.	
escala 1:5000	FEB. 1990

FIGURA No. 3.- ESQUEMA DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO PARA EL PROYECTO DE RIEGO.

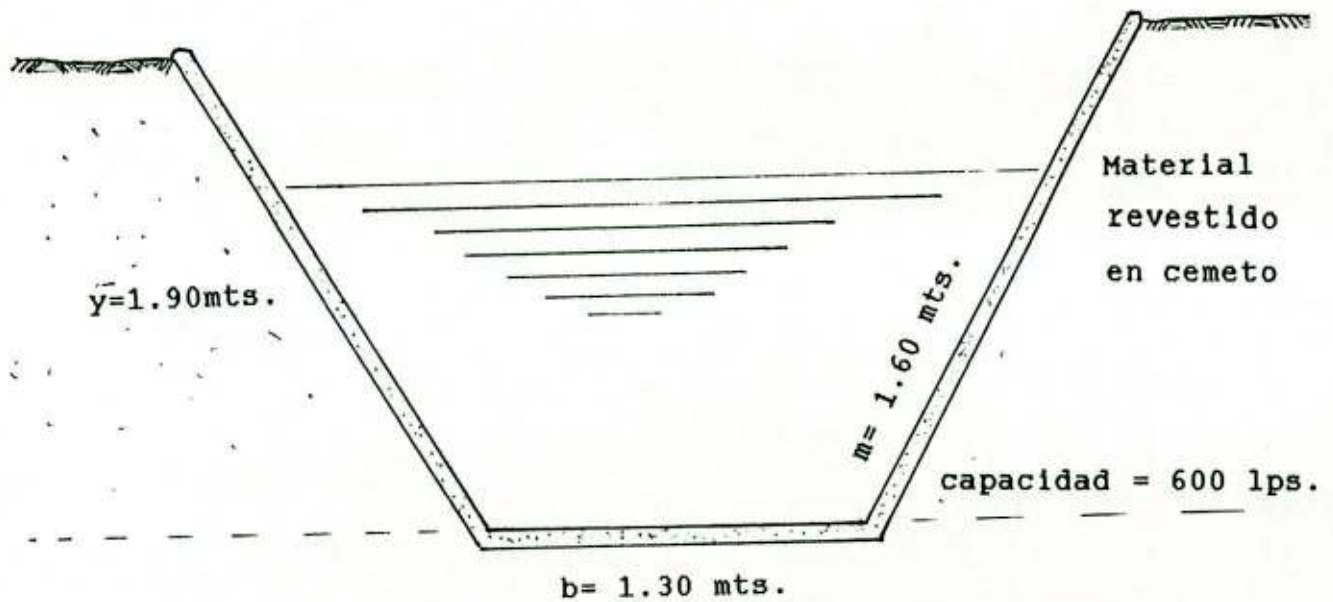
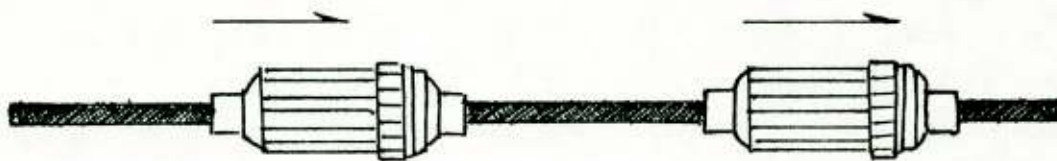


FIGURA No. 4.- SISTEMA DE FILTRACION CON FILTROS DE ANILLOS TIPO ARKAL, DOS NIVELES.



Primer nivel
de filtración
para materiales
gruesos

segundo nivel
de filtración
para materiales
finos

FIGURA No. 5.- TABLA DE OPERACION DEL REGULADOR DE PRESION DE 38 MM (1 1/2").

