

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DISEÑO Y EVALUACION DE UN SISTEMA DE
RIEGO POR MICROASPERSION PARA UNA
HUERTA DE NOGAL (*Carya illinoensis*, Koch)
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA, MARIN, N. L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA

PRESENTA:

LUIS ALBERTO PEÑA GARZA

MARIN, N. L.

ENERO DE 1997

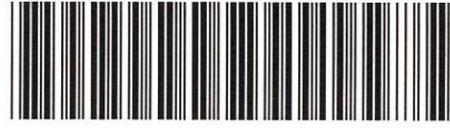
T

S619

.T74

P4

C.1



1080071997

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DISEÑO Y EVALUACION DE UN SISTEMA DE
RIEGO POR MICROASPERSION PARA UNA
HUERTA DE NOGAL (*Carya illinoensis*, Koch)
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA, MARIN, N. L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA

PRESENTA:

LUIS ALBERTO PEÑA GARZA

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.

MARIN, N. L.

ENERO DE 1997

12703

5346

X
S619
T74
PY

040-631

FAJ

1997

C-5.



**DISEÑO Y EVALUACION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR
MICROASPERSION PARA UNA HUERTA DE NOGAL (*Carya illinoensis*, Koch)
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA, MARIN N.L.**

TESIS QUE PRESENTA:

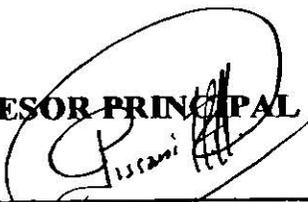
LUIS ALBERTO PEÑA GARZA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

COMITE SUPERVISOR DE TESIS

ASESOR PRINCIPAL



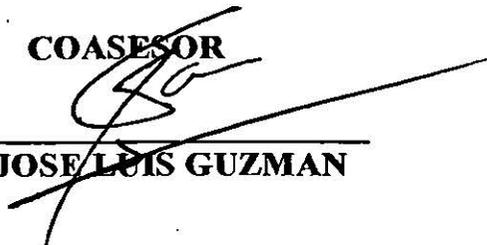
DR. JUAN E. PISSANI ZUÑIGA

COASESOR



ING. BENJAMIN IBARRA

COASESOR



ING. JOSE LUIS GUZMAN

MARIN, N.L.

ENERO DE 1997

Y CIERTAMENTE LLEGARA A SER COMO UN ARBOL PLANTADO AL LADO DE CORRIENTES DE AGUA, QUE DA SU PROPIO FRUTO EN SU ESTACION Y CUYO FOLLAJE NO SE MARCHITA, Y TODO LO QUE HAGA TENDRA EXITO. (SALMOS 1:3)

GRACIAS A TI, CREADOR DE TODAS LAS COSAS, JEHOVA DIOS, POR DARME ESTA VIDA QUE TANTO VALORO, Y MAS AUN POR BRINDARME TU AYUDA Y DIRECCION EN CADA MOMENTO DE MI EXISTIR, PARA PODER SER ASÍ TAL COMO UN ARBOL PLANTADO JUNTO A CORRIENTES DE AGUA.

DEDICATORIAS.

A MI PADRE :

SR. M.V.Z. EMILIO PEÑA ALANIS

A QUIEN SIEMPRE HE ADMIRADO POR TODO SU CARIÑO, APOYO Y CONSEJO, QUE ME HA BRINDADO, LO QUE HACE DE EL UN VERDADERO PADRE.

A MI MADRE :

SRA. MARIA GUADALUPE GARZA DE PEÑA

POR EL AMOR Y TERNURA QUE SIEMPRE ME HA DEMOSTRADO, Y POR ESE GRAN CORAZON QUE DIOS LE HA DADO PARA SER UNA MADRE NOBLE Y HERMOSA.

PARA AMBOS, MIS MAS SINCEROS AGRADECIMIENTOS POR TODO EL ESFUERZO Y SACRIFICIO QUE HAN HECHO PARA HACERME UN HOMBRE DE BIEN.

A MI HERMANA :

ALFA ISABEL PEÑA GARZA

POR EL CARÍÑO Y COMPRENSIÓN QUE SIEMPRE ME HA DADO PARA SEGUIR ADELANTE EN LA VIDA.

A MIS HERMANOS :

ENRIQUE PEÑA GARZA

ZACARIAS PEÑA GARZA

POR TODO EL AFECTO Y CARÍÑO QUE ME DEMUESTRAN, Y A QUIENES DESEO QUE LOGREN LO MEJOR DE LA VIDA.

A MIS ABUELITAS :

SRA. JOSEFA ALANIS VDA. DE PEÑA.

SRA. RUFINA GARCIA VDA. DE GARZA.

POR EL CARÍÑO QUE SIEMPRE ME HAN DEMOSTRADO, POR SU VALOR PARA ENFRENTAR LA VIDA EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES Y POR HABER TRAI DO AL MUNDO A LOS EXCELENTES PADRES QUE TENGO.

A MIS FAMILIARES.

CON TODO EL CARÍÑO Y RESPETO QUE CADA UNO SE MERECE.

A MIS MAESTROS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA.

POR LA AMISTAD QUE ME BRINDARON DURANTE LA CARRERA Y POR TODO CONOCIMIENTO QUE ME TRASMITIERON DESINTERESADAMENTE, GRACIAS POR TODO.

A LA FAMILIA GONZALEZ GRACIA

POR LA AMISTAD QUE ME HAN BRINDADO CADA UNO DE SUS MIEMBROS Y POR TODAS LAS ATENCIONES QUE SIEMPRE ME PRESTARON.

A TODOS MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

CON QUIENES HE PASADO MOMENTOS AGRADABLES Y DIFÍCILES, Y QUE TENGO EN ALTA ESTIMA POR TODO EL APOYO QUE ME BRINDARON A TRAVÉS DE LA CARRERA.

AGRADECIMIENTOS.

AL DR. JUAN FRANCISCO PISSANI ZUÑIGA

EL MAS SINCERO AGRADECIMIENTO POR LA AMISTAD QUE ME HA BRINDADO, POR TODAS LAS ATENCIONES PRESTADAS Y POR LA EXCELENTE ASESORIA PROPORCIONADA DURANTE LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO Y A TRAVES DE MI CARRERA

AL ING. JOSE LUIS GUZMAN

POR LA AMISTAD QUE ME HA OFRECIDO Y POR SU GRAN APOYO EN TODO MOMENTO PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

AL ING. BENJAMIN IBARRA RUIZ

POR LA AMISTAD, RECOMENDACIONES Y ASESORIA BRINDADA A LO LARGO DE TODA MI CARRERA Y DURANTE ESTE TRABAJO.

AL ING. ROBERTO CARRANZA DE LA ROSA

QUE EN TODO MOMENTO HA MOSTRADO UNA GRAN AMISTAD Y ESPIRITU DE NOBLEZA PARA AYUDARME DESINTERESADAMENTE.

AL ING. PEDRO RICARDO ORIA

POR SU AMISTAD BRINDADA Y LA MOTIVACION OFRECIDA PARA LLEGAR A LA CONCLUSION DE ESTE TRABAJO.

A TODOS LOS MAESTROS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA, POR TODOS LOS CONOCIMIENTOS IMPARTIDOS A LO LARGO DE MI CARRERA.

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA Y TODOS SUS DEPARTAMENTOS, A DOÑA TERE Y DON ARTURO POR TODAS LAS ATENCIONES PRESTADAS DURANTE MI CARRERA.

A LUIS MANUEL CHAPA ANCIRA Y DAVID ELIZONDO GARCIA, A QUIENES TENGO EN MUY ALTA ESTIMA PUES COMPARTIMOS LOS MEJORES Y MAS DIFICILES MOMENTOS DE LA CARRERA Y EN TODO MOMENTO FUERON UN GRAN APOYO PARA LLEGAR AL FINAL. LES DESEO LO MEJOR EN SUS VIDAS.

A JORDAN BALDOCEDA "EL PERUANO", POR LA AMISTAD QUE ME HA MOSTRADO Y POR SU APOYO EN LOS MOMENTOS REQUERIDOS.

A JUAN UBALDO RODRIGEZ E., POR SU AMISTAD BRINDADA Y EL APOYO BIBLIOTECARIO PRESTADO EN LOS MOMENTOS REQUERIDOS.

INDICE

Página

I. RESUMEN.

1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1. Definición de microirrigación.....	4
3.2. Características de los diferentes sistemas de microirrigación	5
3.3. Ventajas de la microirrigación	8
3.4. Desventajas de la microirrigación.....	10
3.5. Componentes de un sistema de microirrigación.....	11
3.6. Generalidades del cultivo de nogal.....	21
3.7. Principios de diseño	24
3.8. Evaluación de las instalaciones en operación	33
4. MATERIALES Y METODOS	36
4.1. Localización	36
4.2. Materiales	37
4.3. Método de diseño.....	37
4.4. Diseño agronómico	38
4.5. Diseño hidráulico	40
4.6. Método para la evaluación del sistema	55
5. RESULTADOS Y DISCUSION	59
5.1. Información básica	59
5.2. Diseño agronómico	59
5.3. Diseño hidráulico.....	61
5.4. Evaluación del sistema.....	74

6. CONCLUSIONES	82
7. RECOMENDACIONES	84
8. BIBLIOGRAFIA CITADA	86
II. APENDICE (Diseño).	
III. APENDICE (Evaluación).	

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.

Tabla y figura	Página
Tabla 1.Necesidades para mejorar la uniformidad de riego encontradas en la evaluación de 57 instalaciones de riego (Valle de San Joaquín, California, 1981-1984)	35
Tabla 2.Información general de la huerta de nogales. Campo agrícola de la Facultad de Agronomía, U.A.N.L., 1996.....	59
Tabla 3.Valores de caudal-presión de la boquilla para el emisor seleccionado obtenidos del catálogo del fabricante (Plásticos Rex).....	62
Tabla 4.Pérdidas de carga localizadas debido a elementos y accesorios requeridos en el sistema de microaspersión	72
Tabla 5.Tiémpos y caudales obtenidos en el aforo realizado en la subunidad evaluada. Campo agrícola de la Facultad de Agronomía, U.A.N.L., 1996	75
Tabla 6.Presiones obtenidas a la entrada y salida de la tubería lateral. Subunidad evaluada en la huerta de nogales. Campo agrícola de la Facultad de Agronomía, U.A.N.L. 1996.....	77
Tabla 7.Areas y porcentajes de suelo mojado por planta en la subunidad evaluada . Huerta de nogales de la Facultad de Agronomía , U.A.N.L 1996	80
Figura 1.Gráfica típica de la relación caudal-presión de un emisor.....	62

RESUMEN.

El diseño y evaluación de un sistema de riego por microaspersión para una huerta de nogales, se llevo a cabo en el campo experimental Marín perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Los objetivos del trabajo fueron diseñar y evaluar un sistema de riego por microaspersión, comparar el diseño propuesto con lo instalado en campo por la compañía de riego y establecer las normas para la operación y el mantenimiento del sistema.

Los materiales utilizados para la realización del trabajo fueron: equipo de bombeo, hidrociclón, filtro de mallas, tubería de PVC hidráulico, válvulas de control, emisores, manómetro, cronómetro, recipientes para aforo y una cinta métrica.

Para el diseño del sistema, se realizó primero un diseño agronómico, obteniendo en este los requerimientos de agua del cultivo, número de emisores por árbol, porcentaje de suelo mojado, tiempo de riego, caudal total requerido y número de unidades operacionales. Posteriormente, se continuó con el diseño hidráulico, donde se secciono la huerta en 6 unidades cada una con 2 subunidades de riego, al mismo tiempo, se hizo la distribución de la tubería así como la propuesta de diámetros y longitudes.

Posteriormente se realizó el procedimiento de cálculo obteniendo las pérdidas de carga para la revisión y aceptación de los diámetros y longitudes propuestas.

En lo referente al cabezal de control, se dimensionó un hidrociclón y el filtro de mallas requerido para el sistema, así como la bomba requerida para el mismo.

Se hizo una comparación entre éste diseño y lo instalado por la compañía de riego, en donde se encontró similitud en lo referente a diámetros, longitudes, emisores y sistema de filtrado, a excepción de la pileta y el equipo de bombeo, ya que la pileta no se construyo y la bomba no es la que se indica en el diseño.

La evaluación del sistema, se llevo a cabo el 26 de noviembre de 1996, eligiéndose para esto la subunidad mas crítica, en ella, se eligieron 4 laterales de riego y en cada uno de ellos 4 plantas distribuidas de forma uniforme resultando un total de 16 puntos de aforo.

Se aforó a 500ml cada uno de los 16 puntos y se midió con una cinta métrica el diámetro de alcance de los emisores, ademas de esto, se midió las presiones a la entrada y salida de cada uno de los laterales elegidos.

Con los datos de campo encontrados en la evaluación, se obtuvo el coeficiente de uniformidad (CU) el cual fue de 88.89%, indicando con esto que el sistema tiene un buen diseño hidráulico.

En el análisis de los datos se encontró un coeficiente de variación total de caudales (CVt) de 0.085, un coeficiente de variación de presiones (CVh) de 0.082 y un coeficiente de variación de caudales debido a la baja uniformidad (CVe) de 0.0768. Estos coeficientes obtenidos están en el rango para clasificar la uniformidad de riego como buena, misma que se clasificó con el CU.

El porcentaje de suelo mojado encontrado fue de 11.78% como promedio, el cual esta muy por debajo del mínimo requerido para éstos sistemas de riego que es de un 33%.

Se encontró además, una eficiencia del sistema de 50.64% la cual esta muy por debajo de la aceptable para un sistema de microaspersión, con esto anterior, las necesidades hídricas del nogal no alcanzan a ser satisfechas por lo que existe un déficit de agua.

De acuerdo a la evaluación del sistema, las principales recomendaciones son, la construcción de una pileta de rebombeo con dimensiones de 12m largo, 12m de ancho y 2.0m de altura y la instalación de una bomba con una potencia de 10HP para poder mantener la presión y gastos requeridos en el sistema.

1. INTRODUCCION.

En los últimos años, el uso y demanda del recurso agua crece día con día en una proporción alarmante. El crecimiento de la población, se ve acompañado de la necesidad de proporcionar alimentos y por lo tanto, de incrementar y mejorar la producción en las explotaciones agrícolas. La evidente escasez del agua y la competencia multisectorial por su uso, torna este insumo en un recurso crítico y por lo tanto cada vez mas limitado para el sector agrícola.

Conscientes de lo limitado que es el recurso agua, se hace necesaria una planeación racional del agua para riego y el empleo de nuevas tecnologías que redunden en una utilización mas eficiente y además en altos rendimientos en la producción.

Actualmente, México cuenta con una superficie total bajo riego de alrededor de 6,100,000Has; en las cuales se produce cerca de la mitad del valor de la producción agrícola del país. De la superficie mencionada, alrededor del 92% es regada por métodos de riego por gravedad y el 8% por métodos a presión. Puesto que en la mayor cantidad de superficie se utilizan métodos de riego convencionales, es evidente que el agua no se utiliza de un modo óptimo y como resultado de ello, aun se desperdicia mucha agua y las superficies que se pueden regar son menores.

Con el fin de optimizar la conducción y distribución del agua en las áreas cultivadas, se han tratado de mejorar los sistemas de riego y crear nuevas metodologías que permitan asegurar altas producciones con una cantidad de agua limitada.

Uno de los sistemas de riego que ha experimentado un gran desarrollo debido a su alta eficiencia en la aplicación del agua, es la microirrigación, método que consiste en la aplicación de agua al suelo en forma localizada, con alta frecuencia y bajos volúmenes.

La microirrigación en sus distintas variantes, microaspersión, goteo, exudación, cintas, etc; ofrece muchas ventajas sobre los sistemas de riego convencionales, que incluyen, mayor precisión en la aplicación del agua, bajas presiones de trabajo requeridas y bajas proporciones en las descargas. Por éstas y otras ventajas más, la microirrigación supone una mejora tecnológica importante, pues no se trata solo de un nuevo sistema de riego, sino que lleva consigo una nueva forma de cultivar y además una revalorización de grandes extensiones de tierra que años atrás eran poco productivas, aún contando con sistemas de riego convencionales.

Sin embargo, aún el establecimiento de un sistema de microirrigación puede presentar errores en el diseño, instalación y operación del sistema, por lo cual es necesario realizar evaluaciones periódicas, para, de esta forma, tener medidas que nos den idea de si el sistema de riego esta operando eficientemente en cuanto a aplicación y distribución del agua.

Un buen diseño, operación y mantenimiento del sistema, son factores que harán posible un uso mas eficiente del agua y junto con algunas técnicas agrícolas una alta productividad en el campo.

2. OBJETIVOS.

- 1. Diseñar y evaluar un sistema de riego por microaspersión para una huerta de nogales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.**
- 2. Comparar el diseño propuesto con lo instalado por la compañía de riego y verificar que el sistema cumpla con las normas de diseño.**
- 3. Establecer las normas para la operación y mantenimiento del sistema de riego por microaspersión.**

3. REVISION DE LITERATURA.

3.1. Definición de microirrigación.

La microirrigación es la aplicación frecuente de pequeñas cantidades de agua sobre o debajo de la superficie del suelo, en forma de gotas, pequeños chorros o mínima nebulización a través de emisores, o la aplicación de agua en lugares específicos a lo largo de una línea.

La microirrigación abarca un número de métodos o conceptos tales como riego burbugeante, goteo, rociado, nebulización o microaspersión y riego subsuperficial (3).

La microirrigación es también definida como una precisa y lenta aplicación de agua en forma de gotas discretas y continuas, pequeños chorros o pequeños rocíos a través de artificios mecánicos llamados emisores o aplicadores locales sobre puntos seleccionados a lo largo de líneas de distribución de agua (10).

La diferencia entre microirrigación y otros tipos de irrigación es la localización en la distribución del agua. En la microirrigación, líquida el agua se distribuye individualmente en la zona radicular de cada planta o en un conjunto pequeño de plantas. Para los sistemas de irrigación por aspersión, el agua se deposita en la superficie del suelo sin considerar la ubicación de las plantas. El sistema de operación de la microirrigación casi siempre requiere la mitad de la presión que un sistema de aspersión. El sistema es normalmente de alta frecuencia y de bajo volumen.

En contraste con el sistema de irrigación de superficie o el de aspersión, que acumulan agua en la zona activa de la raíz para cubrir los requerimientos futuros, la microirrigación administra solo el agua suficiente para cubrir las necesidades de agua de un día o dos. Esta agua no necesariamente se aplica a la totalidad de la zona radicular (13).

Los riegos localizados de alta frecuencia se caracterizan por dos hechos fundamentales: la localización y la alta frecuencia.

3.2. Características de los diferentes sistemas de microirrigación.

3.2.1. Riego burbujeante.

Es la aplicación del agua en la superficie del suelo como pequeños chorros dando la forma de una fuente, donde las proporciones en las descargas generalmente son mayores que las de emisores por goteo o emisores subsuperficiales, pero generalmente menores que 225 lph (litros por hora) (60gal/min).

Debido a que el gasto estimado por el emisor normalmente excede a la infiltración promedio del suelo, se requiere la formación de un cajete para evitar la pérdida de agua por escurrimiento (3).

El riego burbujeante también se define como un sistema de riego semejante al goteo, el cual puede entregar con frecuencia pequeñas aplicaciones de agua y nutrientes.

3.2.2. Riego por goteo y rociado.

Se aplica el agua en la superficie del suelo por medio de gotas o pequeñísimos chorros a través de emisores. Para este sistema de riego, los gastos estimados por los emisores del punto principal son generalmente menores de 8lph (2gal/hora), para los emisores de salidas simples, y para los emisores en el origen de la línea del lateral generalmente son gastos estimados menores que 12lph por metro (lgal/hora por pie) (3).

El sistema de riego por goteo con las líneas extendidas sobre la superficie del suelo, tiene muchos métodos populares de aplicación, particularmente en cultivos con mucho espaciamiento entre plantas.

El goteo de superficie, también puede ser utilizado para cultivos con diseño en hilera sobre la superficie del suelo. Las ventajas del riego por goteo incluyen: la facilidad de instalación, facilidad de inspección, facilidad para cambiar y limpiar emisores, mayor posibilidad de checar el patrón de humedad en la superficie del suelo y una medición individual en los gastos estimados de los emisores (10).

3.2.3. Riego por goteo subsuperficial.

Se define como un sistema de riego por goteo, con líneas laterales enterradas por debajo de la superficie del suelo. Este sistema es utilizado principalmente en frutales pequeños y en cultivos hortícolas. Tiene las siguientes ventajas: no se requiere enterrar la tubería al principio de cada ciclo de siembra, poca interferencia con el cultivo, facilidad de realizar otras labores culturales y una larga vida económica.

Las profundidades de la tubería subsuperficial tienen rangos de unos cuantos centímetros para cultivos con raíces de poca profundidad, hasta 30cm o mas para cultivos de raíces mas profundas o árboles.

La instalación de este sistema de riego es similar al del riego por goteo superficial (10).

Con este sistema de riego se aplica el agua por debajo de la superficie del suelo a través de emisores con gastos estimados similares a los del riego por goteo. Este método de aplicación de agua es diferente a la subirrigación, y no debe ser confundido ya que en la subirrigación la zona radicular se riega mediante un control del nivel freático (3).

3.2.4. Riego por microaspersión.

Con este sistema de riego, el agua se aplica en forma de pequeñas gotas o niebla hacia la superficie del suelo, viajando ésta a través del aire que llega a ser como un instrumento en la distribución del agua. Los gastos estimados para los microaspersores, son generalmente menores que 175lph (45gal/hora) (3).

El riego por microaspersión y microjets consiste en la aplicación del agua en forma de fina lluvia a baja altura. Generalmente el agua se distribuye por el campo a través de una red de tuberías y es aplicada a las plantas o los arboles mediante un microaspersor o microjet individual, para obtener una humedad localizada. La diferencia entre

microaspersores y microjets es que en los primeros, el chorro de agua va girando y en los últimos es estático (1).

3.2.4.1. Ventajas especiales del riego por microaspersión.

- * Los sistemas de microaspersión pueden ser vulnerables a los altos vientos y a la evaporación (3).
- * Aunque la función principal de la microaspersión es aplicar agua al cultivo, es un sistema multipropósito con varios otros usos, como la aplicación de fertilizantes y herbicidas, la protección de árboles contra heladas, y el enfriamiento de invernaderos.
- * Pruebas efectuadas por el Servicio de Extensión Agrícola de Israel, mostraron que la eficiencia de riego de los microaspersores es del 94 al 97%, mucho mas alta que la de cualquier otro método usado en huertos de frutales. Eso se atribuye al mojamiento uniforme del área regada y a las cantidades correctas de agua aplicadas.
- * En huertos donde el sistema radicular de las plantas se desarrolla de acuerdo a la precipitación natural, los microaspersores, con su construcción modular y variedad de opciones, pueden suministrar el agua y los nutrientes requeridos con precisión y eficiencia al sistema radicular ya desarrollado.
- * El humedecimiento uniforme de todo el volumen del suelo hace mas fácil el uso de todo tipo de dispositivos para medir la humedad del suelo.
- * En un ensayo comparativo del riego por microaspersión con el de goteo en un huerto de manzanos de siete años efectuado en Israel, la distribución de las raíces fue bastante diferente en ambos sistemas. Las raíces regadas con microaspersión estaban distribuidas uniformemente en todo el volumen de suelo humedecido, y el número de raíces por árbol era mucho mayor que bajo los goteros. Las raíces de los árboles regados por goteros estaban concentradas en un volumen pequeño y somero de suelo debajo del gotero; con los microaspersores en cambio, un gran número de raíces

penetro a 70 y 80cm. La relación entre follaje y raíces activas fue también mucho mejor bajo el riego por microaspersión (1).

- * Cada microaspersor puede recibir un regulador de flujo, lo que asegura el suministro uniforme de agua a cada árbol, sin importar las diferencias topográficas ni de carga hidráulica.
- * La inspección visual de los microaspersores es simple y rápida. Se requiere menos tiempo para revisar un microaspersor que los varios goteros que pudiera tener un árbol con este sistema de riego.
- * Elementos nutritivos de baja movilidad en el suelo (P,K,NH₄) muestran buena distribución en el suelo cuando se aplican a través de microaspersores.
- * Comparado con otros sistemas de riego por aspersión, los microaspersores son mas económicos de instalar y operar debido a sus tasas de descarga mas bajas (1).
- * Los microaspersores y microchorros dan mejor cobertura que los de goteo, lo cual es muy importante para suelos arenosos. Esto se debe a que en el goteo el agua que sale por los emisores se infiltra y no alcanza a llegar muy lejos en dirección horizontal, a diferencia de la cobertura mas amplia en sentido horizontal que proporcionan los microaspersores (2).

3.3. Ventajas de la microirrigación.

1. Ahorro importante de agua, mano de obra, abonos y productos fitosanitarios. Son normales ahorros de agua del 50% respecto a los sistemas convencionales y en ocasiones cifras superiores a éstas.
2. Posibilidad de regar cualquier tipo de terrenos, por accidentados o pobres que estos sean. La pendiente del terreno no es un obstáculo a estos sistemas de riego, por la regulación de caudales que puede conseguirse. Así mismo, los suelos pobres o de poco

espesor, tampoco presentan inconveniente, pues en cierto modo el goteo es una forma de hidroponía en que el terreno actúa de sostén (15).

3. Los suelos poco profundos, los perfiles y texturas variables de suelo, formas irregulares de huertas, y colinas irregulares, son ejemplos de problemas que se pueden incorporar fácilmente al diseño y operación de un sistema de microirrigación (13).
4. Utilización de aguas de baja calidad. Aguas que, según normas internacionales de calidad, son peligrosas o no adecuadas para el riego.
5. Aumento de producción, adelantamiento de cosechas y mejor calidad de los frutos como consecuencia de que la planta tiene satisfechas sus necesidades de agua y nutrientes en cada instante.
6. Permite realizar, simultáneamente al riego, otras labores culturales, pues al haber zonas secas, no se presenta obstáculo para desplazarse sobre el terreno (15).
7. Puesto que la tasa de riego es baja y uniforme, no hay problemas de escurrimientos, ni de formación de charcos en la superficie.
8. Al aplicar la cantidad adecuada de agua y a la tasa correcta, no hay infiltración por debajo de la zona radicular o lo que se conoce como percolación causada por el anegamiento del suelo (1).
9. Utilizan menos agua, y por requerir presiones menores, también ahorran energía empleada para las bombas
10. Cuando las plantas extraen el agua y el suelo se seca, la salinidad aumenta. Esto aumenta el potencial osmótico del suelo, lo que reduce la disponibilidad de agua para las raíces de los árboles. Regar con alta frecuencia como se maneja en la microirrigación, reduce éste problema, ya que el suelo no se seca entre los riegos (13).
11. Ahorro de mano de obra. Esto ocurre debido a que el sistema generalmente es automatizado o semiautomatizado.
12. Control adecuado de la aplicación y distribución del agua en el suelo.

13. No existe interferencia a causa de los vientos como en el sistema de riego por aspersión.
14. Se eliminan completamente los canales y acequias de distribución usadas en el riego por gravedad y se aumenta la superficie útil.
15. Se facilita el control de las malas hierbas en el terreno debido a que hay partes del mismo que no se mojan (14).
16. Se evita la destrucción de la estructura de la superficie del suelo y el desarrollo de la costra superficial.
17. Se optimiza el balance nutricional de la zona radicular, aplicando nutrientes directamente a la parte mas eficiente de las raíces (16)
18. Fertilización a través del agua del riego, aumentando la eficiencia, la localización y dosis de los abonos. De esta manera, se pueden aplicar también otros agroquímicos (14).

3.4. Desventajas de la microirrigación.

1. El costo de inversión inicial esta muy por encima del sistema convencional de riego, por lo que existe una limitación de tipo económico en su aplicación a los cultivos, pues no todos los cultivos son tan rentables como para justificar una fuerte inversión.
2. Si se proyecta o instala mal, puede ocasionar la pérdida de la cosecha por falta de agua o nutrientes.
3. En zonas áridas en donde no existe posibilidad de lavado, el uso sistemático y durante varios años, de aguas de mala calidad puede arruinar los terrenos de cultivo si no se riega de forma adecuada.
4. Obstrucción de los emisores por las partículas que arrastra el agua, y que en ocasiones puede acarrear daños a la instalación y al cultivo.

5. Se requiere una mayor preparación o capacitación por parte de los usuarios que en cualquiera de los otros sistemas de riego (15).
6. Los sistemas de microirrigación son mas susceptibles a los problemas con plagas que otros sistemas de irrigación. Los insectos anidan en los dispersores y boquillas. Las hormigas acarrear partículas de tierra hasta los emisores húmedos entre los períodos de riego. Los cuervos, coyotes y perros arrancan los emisores de las líneas para obtener agua para beber.
7. Las raíces crecen dentro de los emisores debajo de la superficie del suelo.
8. La administración en la salinidad es un problema en la microirrigación con emisores. La sal se concentra en la franja exterior del área húmeda. El árbol puede sufrir si el tronco esta en la franja de la superficie del área húmeda (13).
9. Cuando el árbol esta recién plantado, la microirrigación parece lo mas indicado, pero si no se tiene cuidado de aumentar el número de emisores a medida que los árboles desarrollan, puede haber un déficit en la cantidad de agua requerida (8).

3.5. Componentes de un sistema de microirrigación.

Una instalación de un sistema de microirrigación consta, en esencia, de los siguientes elementos:

- Equipo de bombeo.
- Cabezal de control: Sistema de filtrado y equipo de fertilización.
- Tuberías que conducen el agua desde el cabezal hasta las proximidades de la planta.
- Emisores.
- Accesorios.
- Dispositivos de regulación.
- Dispositivos de control.

El cabezal, junto con los emisores, constituyen la parte mas importante del sistema, ya que de su calidad dependerá en gran parte el buen o mal funcionamiento del sistema (15).

3.5.1. Equipo de bombeo.

Los emisores requieren una determinada carga manométrica, parte de esta se requiere también para vencer la fricción y las pérdidas que se tienen en la conducción de agua a través de la tubería. El equipo de bombeo tiene como función dar presión al sistema para vencer las cargas anteriormente citadas y hacer llegar el agua a los emisores con una presión de operación.

3.5.2. Sistema de filtrado.

El principal problema que se plantea en los emisores es el de su obstrucción; los factores que intervienen en ella son: calidad del agua de riego, filtrado o tratamientos empleados para limpiar el agua, sensibilidad de los emisores a la tupición y tipo de abonos utilizados.

En su sentido mas amplio, el sistema de filtrado esta constituido por el conjunto de tratamientos y operaciones que se hacen para limpiar el agua de partículas extrañas. Comprende, por tanto, mallas, depósitos de sedimentación, filtros porosos, depósitos de arena y grava, separadores centrifugos, desarenadores, pantallas de varios tamaños de orificio y diversos tipos de tratamientos químicos (15).

Existe una gran variedad de métodos de filtrado, que comprenden desde las instalaciones de prefiltrado, como decantadores o separadores de arena, hasta los filtrados propiamente dichos. Estos se pueden agrupar en dos clases: filtros de arena y filtros de malla. Los primeros son necesarios para eliminar partículas orgánicas y partículas minerales de pequeño tamaño. Los de malla son adecuados para partículas mayores, tipo arena. Los filtros de malla son el elemento mínimo imprescindible de un sistema de filtrado (18).

3.5.2.1. Prefiltros.

Los prefiltros suelen estar antes o después de la bomba y su finalidad es tratar el agua contaminada con sólidos. Cuando la fuente de abastecimiento es un río o un canal, es necesario retirarlas antes de la bomba, utilizándose para estos casos una rejilla metálica o varias consecutivas, dependiendo de la situación particular (14).

3.5.2.2. Decantadores.

Si el agua de riego procede de embalses, es conveniente colocar, interrumpiendo la corriente de agua, un desarenador o depósito de sedimentación (decantador), el cual retiene la arena que arrastra el agua e incluso los guijarros, si el agua procede de barrancos.

3.5.2.3. Hidrociclón.

El hidrociclón es otro prefiltro el cual consiste en un recipiente cilíndrico colocado en posición vertical. El líquido entra en el tangencialmente y, por tanto, a una gran velocidad, lo que provoca un movimiento rotacional en el que las partículas sólidas, como consecuencia de la fuerza centrífuga, quedan sedimentadas en el fondo, donde la turbulencia es menor, pudiendo eliminarse mediante una llave de purga (15).

El hidrociclón es un aparato sin elementos móviles, que permite eliminar las partículas de densidad superior a 1.5 y tamaños mayores de 74 micras (equivalente a 200 mesh) (18).

3.5.2.4. Filtros de arena.

Consisten en un depósito metálico, generalmente de forma cilíndrica y recubierto interiormente de ebonita o una capa anticorrosiva. En su interior se colocan capas de grava de uno o varios tamaños y de arena, según los modelos, actuando unos como agentes

filtrantes y otros como soporte. El lapilli volcánico, que es un material inerte resulta un medio ideal para esta filtración (15).

3.5.2.5. Filtro de mallas.

Están formados por un cartucho en cuyo interior va uno o más cilindros concéntricos de mallas que pueden ser metálicos o plásticos.

En el caso de varios cilindros, las mallas de cada uno de ellos son de distinto espesor, de forma que la separación de partículas se hace en varias fases. Normalmente el agua atraviesa primero las mallas mas gruesas y posteriormente las finas.

Cuanto mas densas sean las mallas, menor será el tamaño de las partículas que dejen pasar, pero su costo es mas elevado, por la mayor dificultad de fabricación (15).

Los filtros de malla se suelen utilizar con aguas no muy sucias que contengan partículas de tipo inorgánico, o como elementos de seguridad después de hidrociclones, filtros de arena o equipos de fertirrigación. Cuando el agua contiene algas su uso no esta indicado, porque se colmatan rápidamente y dejan pasar las impurezas (18).

Este tipo de filtro generalmente se coloca después del sitio de aplicación del fertilizante, con el fin de detener los residuos sólidos de fertilizantes que lleve el agua, como arenas o cualquier otro tipo de material inorgánico (14).

3.5.2.6. Filtro de anillos.

Este es un filtro que se instala entre la línea, cuya estructura permite la limpieza sin desconectarlo de la tubería de suministro de agua.

Los elementos de filtrado están hechos a base de anillos ranurados, los cuales una vez que se aprietan crean un cuerpo cilíndrico de filtrado (14).

3.5.2.7. Válvulas de drenaje.

Son unos elementos que se colocan en los extremos de los laterales y que permiten el vaciado de éstos al terminar el riego, dificultando el desarrollo de bacterias y la formación de precipitados.

3.5.3. Equipo de fertilización.

3.5.3.1. Tanque de abonado.

Un tanque de abonado consiste en un depósito conectado en paralelo a la red de riego. El depósito herméticamente cerrado, debe resistir la presión de la red. Se fabrica en plástico reforzado o metálico, y con volúmenes entre 20 y 200 litros. En el interior del tanque se coloca el abono, generalmente en forma de solución.

Puesto que el depósito consta de dos tomas, una de entrada y otra de salida, conectadas a la red de riego en dos puntos próximos, pero separados por una válvula, hay una diferencia de presiones lo cual permite la entrada de agua al tanque para que ésta se dirija a la red de riego con el abono (18).

3.5.3.2. Inyector Venturi.

Un inyector venturi consiste fundamentalmente en un tubo por el que circula el agua, provisto de un estrechamiento en el que, por el efecto venturi, se produce una depresión.

En la zona de estrechamiento lleva conectada una tubería cuyo otro extremo se introduce en un depósito con la solución a inyectar, situada a la presión atmosférica. La depresión provoca la succión del líquido y su incorporación a la red (18).

3.5.3.3. Dosificadores de Abono.

Son mecanismos que toman el abono de un depósito sin presión y lo inyectan en la red a una presión superior a la de agua de riego. Su accionamiento puede ser eléctrico, hidráulico o por motor de combustión, lo que tiene consecuencias en la automatización de la

instalación. En general inyectan una cantidad de fertilizante no proporcional al volumen de agua de riego, pero algunos modelos presentan variantes que los hacen proporcionales, lo que facilita la automatización (18).

3.5.4. Tuberías.

Las tuberías usualmente usadas en conducciones de agua pueden ser de seis materiales: PVC (policloruro de vinilo), PE (polietileno), fibrocemento, hormigón, fundición y acero. De ellas se utilizan en los riegos por microirrigación principalmente las de PVC y PE y en algunos casos las de fibrocemento (18).

3.5.5. Emisores.

Son los artefactos utilizados para distribuir y controlar el gasto en las líneas laterales, en puntos individuales o en puntos continuos (3).

El término emisor es utilizado para referirse a cualquier orificio de descarga de agua de riego (11).

Los emisores son tal vez los elementos más importantes de las instalaciones en la microirrigación y desde luego, los más delicados (18).

3.5.5.1. Características que debe reunir un buen emisor.

- Caudal pequeño, constante y poco sensible a las variaciones de presión.
- Poca sensibilidad al taponamiento.
- Fabricación resistente y poco costosa.
- Elevada uniformidad de fabricación.
- Estabilidad en la relación caudal-presión a lo largo del tiempo.
- Poca sensibilidad a los cambios de temperatura.
- Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión (14).

3.5.5.2. Emisores de bajo caudal.

Tienen caudales menores a 16 lph.

- * Goteros > De largo conducto
 - microtubo.
 - helicoidales.
 - de laberinto.
- > De orificio.
- > Vortex.
- > Autocompensantes.

* Mangueras.

* Cinta de exudación.

3.5.5.3. Emisores de alto caudal.

Tienen caudales de entre 16 lph y 150 lph.

- * Microaspersores.
- * Difusores.
- * Microtubos de Alto caudal.

3.5.5.4. Emisores utilizados en microaspersión.

Microaspersores y difusores.

Se utilizan en suelos muy permeables en los que el bulbo húmedo se desarrolla mucho en profundidad y poco en anchura debido a que estos tienen una mayor área de mojado. La diferencia entre estos emisores no es importante: los microaspersores llevan un mecanismo móvil que distribuye el agua, mientras que en los difusores tal mecanismo no existe. En ambos casos el agua pulverizada se distribuye por el aire y cuando cae a tierra humedece una superficie cuyo radio va de 0.5 a 3.5 metros, aunque en algunos modelos el alcance es superior al indicado.

El principal inconveniente de los microaspersores y difusores es que su alto caudal exige diámetros mayores en las tuberías, por lo menos en las de último orden (terciarias y laterales), de las que se utilizan muchos metros en la microirrigación. En consecuencia las instalaciones son mucho más caras. Otro inconveniente es que pueden mojar el tronco de los árboles, lo que en algunas especies puede favorecer el desarrollo de enfermedades (18).

3.5.6. Accesorios.

Es el conjunto de piezas de PVC, hierro galvanizado, polietileno y otros materiales que se utilizan en una instalación de microirrigación para unir tuberías de igual o distinto diámetro, hacer derivaciones, conectar válvulas, salvar obstáculos del terreno.

Podemos citar como más importantes los manguitos, tes, codos, cruces, anillas, niples, empates universales, tuercas, etc.

3.5.7. Dispositivos de control y regulación.

Es el conjunto de elementos que permite regular el funcionamiento de la instalación y contribuir, por tanto a obtener el máximo rendimiento de la misma (15).

Comprende tanto los aparatos que se tienen en el cabezal de control, como el equipo de campo para conocer la humedad de suelo, el momento y el requerimiento de riego (14).

3.5.7.1. Reguladores.

Son unas válvulas que se colocan en línea con las tuberías que forman la instalación y permiten controlar la presión o el caudal que pasa a su través.

3.5.7.1.1. Regulador de caudal.

Los reguladores de caudal constan, en esencia, de una membrana elástica con un orificio central que se contrae o destiende de acuerdo con la presión que actúa, para dejar pasar un caudal constante. Vienen calibradas para un caudal de salida fijo que no puede alterarse.

3.5.7.1.2. Regulador de presión.

Consiste en un cuerpo cilíndrico, metálico o plástico, en cuyo interior se desplaza un pistón que queda retenido por un muelle. El agua atraviesa la válvula siguiendo un recorrido sinuoso. Cuando la presión de ésta aumenta vence la resistencia del muelle, y se produce el desplazamiento del pistón, que a su vez, disminuye el tamaño del orificio de entrada de la válvula. De esta forma se reduce la presión de salida del agua. Cuando ésta presión de salida equilibra la fuerza ejercida por el muelle, cesa el movimiento del pistón (15).

3.5.7.2. Manómetros.

Permiten medir la presión existente en algunos puntos de la red de distribución o bien en los diferentes elementos que componen el cabezal. Lo anterior permite el correcto funcionamiento de las instalaciones y detectar las posibles fallas.

3.5.7.3. Medidores de caudal o contadores.

Estos registran en rangos definidos la cantidad de agua proporcionada al suelo, para evitar la aplicación de volúmenes escasos o abundantes que sólo ocasionan, reducción en la producción, desperdicio de agua y deterioro de los suelos (17).

3.5.7.4. Válvulas hidráulicas.

Una válvula hidráulica es un mecanismo que abre o cierra el paso del agua en respuesta a la orden hidráulica o neumática. En combinación con otros mecanismos puede actuar como regulador de presión, limitador de caudal, válvula volumétrica, etc. Mediante la adición de un solenoide puede responder a órdenes eléctricas en vez de hidráulicas (18).

Las más utilizadas son las válvulas de compuerta o de mariposa, estos son dispositivos que permiten estrangular o interrumpir la corriente líquida o reducir la presión de alguna parte o del total de la red de distribución (14).

3.5.7.5. Elementos de seguridad.

Estos sirven para proteger la red de distribución de colapsos, pudiéndose mencionar los que a continuación se explican.

3.5.7.5.1. Válvulas de retención (check).

Consiste en una compuerta giratoria, que se abre con el movimiento del líquido y se cierra por gravedad o por efecto del mismo líquido, impidiendo el retroceso del mismo. Esta válvula es imprescindible en el cabezal para proteger la bomba del golpe de ariete (14).

El cuerpo es de latón, bronce u otro material resistente y en interior lleva una pantalla metálica que el agua debe vencer para pasar a su través. Al cesar el flujo de agua, la pantalla cierra por completo la succión impidiendo el retroceso del agua (15).

3.5.7.5.2. Purgadores y ventosas.

Permiten la salida del aire en aquellos puntos especiales de la instalación en que puede acumularse, como codos, partes elevadas de tuberías, filtros, tanques de fertilización, etc., y en el caso de las ventosas, también la entrada de aire o el llenado y vaciado de tuberías o depósitos.

Es importante su colocación, pues la no eliminación del aire distorsionaría la presión y caudales de funcionamiento de la instalación y, en ocasiones, provocaría la rotura de la misma (15).

3.5.7.5.3. Válvulas de seguridad (alivio).

Permiten la salida del líquido de la instalación cuando se producen fuertes presiones, con lo que se evita la posible rotura de piezas.

Son de acero o bronce, y la salida está cerrada por un resorte calibrado para una presión máxima de trabajo. Superada ésta, el resorte se comprime, quedando libre la salida (15).

3.6. Generalidades del cultivo de nogal.

3.6.1. Descripción del cultivo del nogal.

El nogal pecanero es una planta dicotiledonea de hasta 30m de altura. Su raíz es pivotante semifibrosa y se extiende horizontalmente cubriendo un área mayor a la cubierta por el follaje (20).

Este árbol es perene en su crecimiento y producción. Comúnmente empieza a producir nueces a la edad de 6 a 10 años y continúan produciendo anualmente, en mayor o menor grado, durante largo tiempo (5).

3.6.2. Suelo.

Los nogales prosperan en una amplia diversidad de tipos de suelo, desde los migajones arenosos hasta los migajones arcillosos y suelos aluviales (5).

Un terreno apto para la plantación de éste árbol debe tener una estructura que le permita responder a las dos condiciones siguientes: buen drenaje y al mismo tiempo buena retención de agua.

La buena retención del agua esta condicionada a la presencia de humus y arcillas en proporciones adecuadas, como orientación, se señala como normal un contenido entre 1.5 y 2% de materia orgánica.

El pH se debe situar alrededor de la neutralidad (6.5 a 7.5). Se puede indicar que el nogal vive bien en suelos profundos, permeables, sueltos y de buena fertilidad (12).

3.6.3. Temperatura.

El nogal es una planta de temporada cálida. La mayor parte de las nogaleras nativas y de las huertas planeadas se encuentran en regiones con temporadas de crecimiento largas y cálidas.

3.6.4. Humedad.

Los nogales se cultivan con éxito en climas que varían de extremadamente húmedos a muy secos. Un alto grado de humedad favorece las enfermedades que atacan principalmente las flores, los tallos jóvenes, las hojas y la madera expuesta de los nogales (5).

3.6.5. Vientos.

Puesto que es una planta de polinización cruzada y anemófila, requiere una frecuencia e intensidad en los vientos especialmente en los períodos de floración (19).

3.6.6. Requerimientos de agua del nogal pecanero.

El nogal es uno de los árboles que mas agua requiere para un desarrollo normal y una buena cosecha (19).

Las necesidades de humedad para árboles en producción deben considerarse en relación con los dos principales períodos de crecimiento en el desarrollo de la nuez: el crecimiento en tamaño y el llenado (5).

El tamaño del fruto o nuez, es función del crecimiento celular; por lo que es importante que no se presenten deficiencias de agua de ninguna magnitud durante las fases de expansión celular del desarrollo del fruto (21).

Se ha encontrado que desde el inicio del crecimiento de la nuez (mayo 20), hasta el inicio del estado acuoso (1a semana de julio), tanto la longitud, como el ancho del fruto, no son afectados si los árboles son regados con el 40% de la evaporación registrada en el evaporímetro clase "A".

Durante la siguiente fase, considerada entre el estado acuoso y el inicio en el endurecimiento de la cascara (1a semana de agosto) se ha encontrado que se deberá regar con un 60% de la evaporación.

Desde el endurecimiento de la cascara, al inicio de la maduración del fruto (3a semana de septiembre) se ha encontrado que el porcentaje de la evaporación que deberá ser repuesto, deberá ser del 80 al 100%, debido a que la presencia de cualquier deficiencia de agua reduce significativamente el peso seco final de la nuez (9).

Investigadores del sureste y suroeste han reportado estimaciones con amplias diferencias en los requerimientos de agua para los nogales. La experiencia en Texas ha indicado que un nogal maduro utiliza entre 160 y 220 galones por día (605.6 y 832.7 litros por día) durante el período de uso máximo de agua (11).

Sin embargo, Godoy A., C. y Lagarda M., A. (1978) (9), encontraron que bajo las condiciones regionales, para poder obtener calidad de nuez, el volumen de agua por aplicar en litros por día, deberá ser de 50 a 80 desde el inicio del crecimiento de la nuez al inicio del estado acuoso; 100-120 desde el estado acuoso al endurecimiento de la cascara y de 120-140 desde el endurecimiento de la cascara hasta el inicio de la maduración de la nuez..

3.6.7. Descripción de las variedades wichita y western.

Variedad wichita.

Los árboles son vigorosos, producen buen follaje e inician su producción a temprana edad (4 a 5 años). La deficiencia de zinc se observa fácilmente en su follaje, su comportamiento de floración es protagónica, es de resistencia media en relación a enfermedades como la roña y mancha vellosa; en Nuevo León regularmente se cosecha a partir de la tercera semana de septiembre. Para completar un kilogramo, se requieren aproximadamente 145 frutos.

Variedad western.

Los árboles son vigorosos, buenos productores y comienzan a cargar fruta a temprana edad (5 a 6 años). La deficiencia de zinc no es muy marcada en su follaje y su floración es protándrica. Se cosecha a mediados de septiembre, es muy susceptible al daño de enfermedades (roña y mancha vellosa), para completar un kilogramo se requieren 172 frutos (6).

3.7. Principios de diseño.

El diseño de un sistema de riego deberá pasar por dos etapas bien diferenciadas, la realización de un diseño agronómico, y a partir de el, un diseño hidráulico. Con el primero, se lleva a cabo el planteamiento general del sistema en relación con las condicionantes del medio (suelo, clima, cultivos, etc.) con el fin de conseguir un reparto uniforme del agua. Con el segundo se pretende realizar el dimensionamiento mas económico de la red de distribución de agua con el objetivo de poder alcanzar ese reparto de agua uniforme (7).

El diseño agronómico es el componente fundamental en todo proyecto de riego, y por lo tanto la microirrigación no es la excepción. Es la parte en la que los errores tienen

consecuencias mas graves; de nada servirían unos afinados cálculos hidráulicos en la instalación de riego o una perfecta elección de los automatismos, si se parte de un diseño agronómico equivocado cuya consecuencia es, por ejemplo, la salinización del suelo por falta de lavado o la insuficiencia en el volumen de suelo humedecido, por instalar un número equivocado de emisores. Por otra parte el diseño agronómico es la parte del proyecto que mas dificultades presenta, tanto de tipo conceptual como de dificultad de cuantificar mediante fórmulas, coeficientes, tablas, etc. (18).

3.7.1. Datos técnicos preliminares al diseño.

3.7.1.1. Requerimientos de agua del cultivo.

El cálculo de los requerimientos de agua puede hacerse a partir de los datos que suministra la experiencia local o por medio de métodos empíricos que, en general evalúan, la evapotranspiración a partir de registros climáticos y otros factores (18).

Existen varios procedimientos para determinar las necesidades de agua de los cultivos, y dado que cada uno tiene sus limitaciones, es preferible la determinación por varios de ellos y compararlos entre sí hasta adoptar unos valores que se ajusten a la realidad de la zona (15).

3.7.1.1.1. Métodos para el cálculo de los requerimientos de agua adaptados a la microirrigación.

La elección de un modelo para estimar los requerimientos de agua, tendrá que tomar en consideración el clima, el cultivo, la intensidad y la pauta de cultivo, el medio ambiente y la localización, los suelos, las técnicas culturales aplicadas y el sistema de riego (7).

García Casillas (1994) (8), dice que en los sistemas de riego localizado, las necesidades hídricas de los árboles se calculan preferentemente en base a volumen de agua

en lugar de centímetros de lámina de riego, debido a que solamente se humedece parte de la superficie de la huerta.

En este caso se considera que:

$$NDP = (\pi(d)^2/4) * ET \quad (\text{ec.1})$$

donde:

NDP = Necesidades diarias de las plantas (litros/día).

π = Factor con valor de 3.1416.

d = Diámetro de goteo o sombreado del árbol (m).

ET = Evapotranspiración diaria (mm/día).

La lámina de agua por aplicar en cada riego, deberá considerar otra cantidad excedente tomando en cuenta las pérdidas por evaporación y percolación. Este factor de ajuste se conoce como eficiencia de aplicación, y depende principalmente del método de riego a emplear, su diseño y operación. La eficiencia de aplicación se expresa en forma de fracción. Para un sistema de microaspersión, se consideran valores de eficiencia de aplicación que van de 0.75-0.90 (8).

De lo anterior, ajustando las necesidades de riego:

$$VR = NDP/Ea \quad (\text{ec.2})$$

donde:

VR = Volumen de agua de riego requerida (litros/día).

NDP = Definido en ecuación 1.

Ea = Eficiencia de aplicación (adimensional).

Métodos para el tanque evaporímetro clase "A".

Investigadores como Leon-New y Guy Fippe (11) del Texas Agricultural Extensión Service, proponen utilizar datos de evaporación del evaporímetro clase "A", multiplicar esto

por un factor del 0.70, al resultado de esto se le considera el área comprendida por la zona de goteo o sombreado del árbol y se obtienen los resultados en un consumo por día por árbol. Este último procedimiento se adopta mas en los sistemas de riego por microaspersión y goteo.

Según investigaciones de nogal realizadas en el Campo experimental de General Teran, N.L. (1989) (6), sugieren la utilización de la siguiente fórmula para el cálculo del agua requerida.

$$ETD = D \cdot D \cdot E \cdot 0.436$$

(ec.3)

donde:

ETD = Evapotranspiración diaria del árbol (litros/día).

D = Diámetro de la copa del árbol (m).

E = Evaporación del tanque tipo "A" (mm/día).

3.7.1.2. Número de emisores por planta (e).

El número de emisores necesarios por cada planta es influenciado por el movimiento del agua en el suelo así como la cantidad de agua requerida por cada árbol. Un suelo que tiene el movimiento horizontal de agua limitado (arenoso), requiere mas emisores con proporciones de descarga mas baja que un suelo donde se permite un mayor movimiento de agua horizontal (arcilloso) (11).

El número de emisores por planta, determina una característica agronómica muy importante en los riegos localizados: el porcentaje de superficie mojada (18).

3.7.1.3. Porcentaje de superficie mojada (Pm).

A efectos de diseño, es necesario establecer un mínimo de volumen de suelo a humedecer (18).

El Porcentaje de superficie mojada depende fundamentalmente, del caudal del emisor, el número de emisores y su separación.

En la microirrigación no se moja todo el suelo; incluso se ha comprobado que regando menos del 50% se obtienen producciones importantes; sin embargo hasta la fecha no ha sido posible dar una definición tajante del porcentaje mínimo que debe regarse.

Para Keller y Karmeli (1974) (citado por Medina S., J. 15) debe ser el 33% del volumen potencial de raíces, en cultivos de gran espaciamento, y cifras mayores para cultivos más densos.

Golberg lo fija en el 50% de la zona radicular, y los técnicos de la Reed Irrigation Systems lo fijan en un 40% del volumen de suelo disponible.

Lo que sí parece comprobado es el aumento de producción cuando se riega mas del 50% del volumen de suelo que ocupan las raíces.

También es cierto que valores mayores de este porcentaje proporcionan una mayor seguridad a la instalación, en caso de averías, tupiciones, etc.

Asi mismo, cuando la microirrigación se emplea en zonas de pluviometria importante, como complemento de la lluvia, estos porcentajes pueden reducirse (15).

La elección de P_m es un asunto importante: valores altos de P_m aumentan la seguridad del sistema, sin embargo, al aumentar el P_m aumenta el costo de la instalación (mas emisores por planta, mayores diámetros en las tuberías, etc.) (18).

3.7.1.4. Área mojada por un emisor (A_m).

En el caso de la microaspersión puede bastar con medir la superficie efectivamente mojada o calcularla a partir de los datos de los catálogos. Aunque a 30cm de profundidad el área mojada sea algo mayor, la diferencia se puede despreciar (18).

3.7.1.5. Dosis de riego (Dr).

Al haber una gran eficiencia en la aplicación del agua, puede conseguirse que la humedad del terreno este siempre próxima a la capacidad de campo, y por ser un riego a baja tensión, el agua útil no será la comprendida entre la capacidad de campo y el punto de marchitez, como en los otros sistemas de riego, sino bastante menor.

Por otra parte, solo se humedecerá una porción de la superficie asignada a cada planta, y además el agua debe descender hasta la zona de raíces. En consecuencia, la dosis de riego dependerá no solo de las características físicas del terreno y de la profundidad de las raíces, como en los sistemas tradicionales, sino también del porcentaje de suelo mojado y del descenso que vamos a permitir en el porcentaje de humedad del terreno para que no se resienta la planta (15).

$$Dr = qm * Tr \quad (ec.4)$$

donde:

Dr = Dosis de riego total (litros).

qa = caudal medio del emisor (lph).

Tr = Tiempo de riego (horas).

3.7.1.6. Eficiencia de aplicación (Ea).

La eficiencia de aplicación se define como el porcentaje del agua total aplicada que es almacenada en la zona radicular. Esta es afectada por la profundidad radicular de la planta, la cantidad de agua aplicada en el riego, la uniformidad en la aplicación del agua y el déficit de riego (4).

Además, la eficiencia de aplicación se ve afectada por factores como la evaporación, la percolación, el escurrimiento y el consumo del agua por malezas vecinas.

Sin embargo, éstos últimos factores se reducen considerablemente en riegos localizados de alta frecuencia (8).

$$Ea = (Va/VR)*100 \quad (ec.5)$$

donde:

Ea = Eficiencia de aplicación (adimensional).

Va = Volumen de agua aplicada por riego (litros/planta).

VR = Volumen de agua requerida por riego (litros/planta).

3.7.1.7. Intervalo entre riegos (I_r).

El espaciamiento de los riegos es un factor que depende fundamentalmente del cultivo, el suelo y el clima. No existe un intervalo fijo óptimo, y dado que el objetivo del riego es satisfacer las necesidades del cultivo en forma idónea, habrá que mantener la humedad del suelo en un punto tal que permita una transpiración a la planta. Esto significa que habrá que variar el intervalo según las épocas del año.

Trabajos experimentales han dado resultados muy interesantes con la aplicación del riego por impulsos, es decir aplicaciones frecuentes y cortas de agua, que pueden ser en períodos de cinco o diez minutos.

Sin embargo, esto, que a nivel de centro de investigación parece la solución, no es práctico a nivel de campo, pues requiere mucha mano de obra y una buena organización de los turnos de riego (15).

$$I_r = VA/VR \quad (ec.6)$$

donde:

I_r = Intervalo entre riegos (días).

VA = Volumen de aplicación total en un determinado tiempo de riego (litros).

VR = Volumen de riego requerido del mes de máxima demanda (litros/día).

3.7.1.8. Tiempo de riego (T_r).

El tiempo de riego, depende de la lámina de riego que se requiere aplicar y del caudal medio del emisor. Al expresar la lámina de riego en mm y considerando el porcentaje del área humedecida, se determina el volumen de agua que se aplica en dicha área y se divide entre el gasto medio del emisor (14).

$$T_r = VR / (e \cdot q_a) \quad (\text{ec.7})$$

donde:

T_r = Tiempo de riego (horas).

VR = Volumen de riego (litros/día).

e = Número de emisores por planta.

q_a = Caudal medio del emisor (lph).

3.7.1.9. Unidades operacionales (N).

Al ser la microirrigación más fácil de automatizar y requerir menos mano de obra que otros sistemas, debe tratar de emplearse el máximo tiempo posible en regar. Esto es particularmente importante en las grandes instalaciones, en que, de acuerdo a las necesidades del cultivo, puede dividirse la instalación en varios sectores de riego simultáneo que permitirán abarcar el coste de la misma, al tener que utilizar caudales menores y, en consecuencia, diámetros menores y grupos de impulsión de menor potencia (15).

$$N \geq Q_{\text{tot}} / Q_{\text{disp}} \quad (\text{ec.8})$$

donde:

N = Número de unidades operacionales.

Q_{tot} = Caudal total si se regara toda la huerta al mismo tiempo (lps).

Q_{disp} = Máximo caudal del que se dispone (lps).

3.7.1.10. Coeficiente de uniformidad (CU).

La uniformidad es una magnitud que caracteriza a todo sistema de riego y que además interviene en su diseño, tanto en el agronómico, pues afecta al cálculo de las necesidades totales de agua, como en el hidráulico, pues en función de ella se definen los límites entre los que se permite que varíen los caudales de los emisores.

En el diseño, la uniformidad es una condición que se impone. Se puede elegir el valor de CU que se quiera, pero en el resto del diseño hay que ser consecuente y mantener ese valor. Sin embargo, cuanto mayor es el valor de CU, mas cara es la instalación de riego, ya que para que haya menos dispersión de caudales, el régimen de presión debe ser mas uniforme, lo que exige mayores diámetros en las tuberías, laterales mas cortos, y mayor inversión en los reguladores de presión (18).

Karmelli y Keller (1975)(citado por Martínez, E., R. 14), propusieron la siguiente fórmula para calcular el coeficiente de uniformidad en base a la parte del terreno mas desfavorablemente regado.

$$CU = 100[(1 - ((1.27 * V) / \sqrt{e})) (q_{min} / q_a)] \quad (ec.9)$$

donde:

CU = Coeficiente de uniformidad.(%).

CV = Coeficiente de fabricación del emisor en su proceso de fabricación (decimal).

e = Número de emisores por planta.

q_{min} = Caudal que da el emisor que funciona mas desfavorablemente (lph).

q_a = Caudal medio de los emisores (lph).

En la tabla 3 apéndice 1 se observa los valores de CU sugeridos para el diseño de un sistema de microirrigación.

3.8. Evaluación de las instalaciones en operación.

El estudio de las instalaciones de riego en operación tiene por objeto conocer la eficacia del sistema y dictaminar las medidas necesarias para mejorarla en caso que sea insuficiente. Además ayuda a diseñar nuevas instalaciones y permite comparar entre sí distintos sistemas de riego.

En una evaluación completa son muchos los temas a analizar, desde los puramente agronómicos como dosis y frecuencia de riego, profundidad humedecida en relación con la profundidad radicular, superficie mojada, etc., hasta la comprobación del funcionamiento de aparatos tales como filtros, reguladores de presión, etc.

El parámetro principal a medir en una evaluación es el coeficiente de uniformidad (CU), el cual debe de medirse en una instalación nueva y una vez cada año. La comparación de los distintos valores que se vayan obteniendo permitirá diferenciar si una uniformidad baja es debida solamente a las características de la instalación o además se debe a problemas tales como obturaciones, desajuste de reguladores, etc. (18).

Como medida de la uniformidad del riego, se utiliza el coeficiente de uniformidad utilizando la siguiente fórmula.

$$CU_{ev} = (q_{25}/q_a) * 100 \quad (ec.10)$$

donde:

CU_{ev} = Coeficiente de uniformidad obtenido en la evaluación (%).

q_{25} = Caudal medio recibido por el 25% de las plantas que reciben menos caudal (lph).

q_a = Caudal medio recibido por el total de plantas en cuestión (lph).

Se puede clasificar la condición de operación del sistema, de acuerdo al coeficiente de uniformidad que se obtiene, utilizando la tabla 1 apéndice 2.

Diagnóstico de una baja uniformidad.

Una baja uniformidad puede ser debida a muchas causas, que a efectos de la evaluación se pueden agrupar en dos clases:

1.-Causas hidráulicas. Son todas las que afectan a la presión de funcionamiento de los emisores y pueden consistir en un diseño inadecuado, falta de reguladores de presión, desajuste de los mismos, etc.

2.-Baja uniformidad de los emisores, debidas a obturaciones o a un inadecuado CV (coeficiente de variación de fabricación).

Para separar los efectos de estas dos causas, Bralts y Kesner (1983) (citado por Pizarro C., F. 18) proponen un método que consiste en calcular los siguientes tres coeficientes de variación: Coeficiente de variación total de caudales (CVt), coeficiente de variación de caudales debido a la baja uniformidad de los emisores (CVe) y coeficiente de variación de caudales debido a causas hidráulicas (CVh).

Un estudio realizado en el Valle de San Joaquín (California) entre 1981 y 1984 (18), en el que se evaluaron 57 instalaciones, reveló las principales necesidades para mejorar la uniformidad de riego (ver tabla 1).

Una evaluación del sistema deberá incluir la diferencia de presiones que hay a través de filtros, ya que la eficiencia en el sistema de filtración puede estar contribuyendo indirectamente en el obturamiento de los emisores (4).

Para la evaluación de un sistema de microirrigación, el mejor método consiste en la determinación sobre el terreno de la eficiencia de aplicación del agua en el sistema; es decir cuánto y donde se producen las pérdidas e ineficiencias en la entrega del agua desde que sale de la fuente de suministro hasta que llega a la planta a través del emisor (15).

Tabla 1. Necesidades para mejorar la uniformidad de riego encontradas en la evaluación de 57 instalaciones de riego (Valle de San Joaquín, California, 1981-1984).

NECESIDADES	PORCENTAJE DE INSTALACIONES AFECTADAS
* Instalar reguladores de presión	5
* Ajustar los reguladores existentes	21
* Modificar las tuberías por diseño incorrecto	2
* Aplicar ácidos o cloro	21
* Limpiar filtros.	39
* Instalar filtros	7
* Mejorar los filtros existentes	18

4. MATERIALES Y METODOS.

4.1. Localización.

El área donde se realizó el presente trabajo se encuentra localizada en el kilometro 17 de la carretera Zuazua-Marín, encontrándose entre las coordenadas geográficas de 25° 53' latitud norte y 100° 03' longitud oeste, con respecto al meridiano Greenwich y con una altura sobre el nivel medio del mar de 367.0m.

Esta área de estudio cuenta con una superficie total de 15.2 has y pertenecen al campo experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., las cuales fueron adquiridas en septiembre de 1976 y comenzó sus actividades académicas en 1977.

4.1.1. Clima.

El clima que predomina en ésta región de acuerdo a la clasificación de Köpen modificada por García, es BS1(h')hx'(e') esto es:

BS1=Es un clima seco o árido, siendo el mas seco de los BS.

(h')h=Condición de temperatura cálida, con una temperatura media anual sobre 22° C y la temperatura de mes mas frío abajo de los 18° C.

x'=El régimen de lluvias es intermedio entre verano o invierno, con un 18% de lluvia invernal.

e'=Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales mayor de 14° C siendo muy extremo.

En esta región, la precipitación media anual es de 517.72mm; precipitación máxima de 600mm y una mínima de 200mm, donde la mayor parte se distribuye en los meses de agosto a octubre.

4.2. Materiales.

- Equipo de bombeo.
- Hidrociclón.
- Filtro de mallas (ciclomallas modelo 1-4008).
- Tubería rexolit de PVC hidráulico con resistencia de 11.5kg/cm².
- Válvulas de control de flujo plason.
- Microaspersores modelo Rex-Dor 801 boquilla color rojo.
- Manómetros.
- Cronómetro.
- Recipientes para aforo de 1000ml de capacidad.
- Cinta métrica.

4.3. Método de diseño.

Se hace una serie de procedimientos de cálculo en la que primeramente se inicia con el diseño agronómico, pues como ya se ha mencionado, es el escalón mas importante para un buen funcionamiento del sistema de riego, luego después de este se procede con el diseño hidráulico, el cual a su vez tiene una gran influencia en los costos iniciales de inversión así como en el buen funcionamiento del sistema.

Para realizar lo anteriormente expuesto, se requiere la siguiente información básica.

- A) Superficie.- Area, forma, dimensiones y pendiente.
- B) Suelo.- Textura, color y coeficiente de infiltración básica.
- C) Cultivo.- Especie, variedad, edad y espaciamiento.
- D) Agua.- Fuente (si es pozo, nivel estático y nivel dinámico), caudal disponible y calidad.

4.4. Diseño agronómico.

4.4.1. Cálculo de los requerimientos de agua (VR).

A efectos de diseño, lo que interesa conocer acerca de las necesidades del agua es su valor máximo, en función del cual se dimensionan posteriormente las instalaciones de riego. En este caso se utilizan las ecuaciones 1 y 2.

$$NDP = (\Pi(d)^2/4) * ET \quad (\text{ec.1})$$

donde:

NDP = Necesidades diarias de las plantas (litros/día).

Π = Factor con valor de 3.1416.

d = Diámetro de goteo o sombreado del árbol (m).

ET = Evapotranspiración diaria (mm/día).

$$VR = NDP/Ea \quad (\text{ec.2})$$

donde:

VR = Volumen de agua de riego requerida (litros/día).

NDP = Definido en ecuación 1.

Ea = Eficiencia de aplicación (adimensional).

4.4.2. Porcentaje de suelo mojado (Pm).

Se elegirán emisores que cubran el mínimo porcentaje de suelo mojado que es el 33% del área disponible para cada planta.

Las ecuaciones utilizadas son las siguientes:

$$A_m = ((\Pi * D_c^2) / 4) * e \quad (\text{ec.11})$$

donde:

A_m = Area total de mojado por planta (m).

Π = Factor para obtención del área de un círculo igual a 3.1416.

D_c = Diámetro de cobertura del emisor a una presión media (m).

e = Número de emisores por planta.

$$P_m = (A_m / A_t) * 100 \quad (\text{ec.12})$$

donde:

P_m = Porcentaje de suelo mojado del total del área disponible por planta (%).

A_m = Definida en ecuación 11.

A_t = Area total de suelo disponible para cada planta (m).

4.4.3. Tiempo de riego (T_r).

El tiempo de riego, depende del volumen de riego que se requiere aplicar y del caudal medio del emisor. La lámina en volumen que se debe de aplicar se divide entre el gasto medio del emisor. Para obtener el tiempo de riego se utiliza la ecuación 7.

$$T_r = VR / (e * q_a) \quad (\text{ec.7})$$

donde:

T_r = Tiempo de riego (horas).

VR = Volumen de riego (litros/día).

e = Número de emisores por planta.

q_a = Caudal medio del emisor (lph).

4.4.4. Caudal total requerido.

Se obtiene el caudal total requerido de toda la huerta al regarla en un mismo tiempo para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{tot} = N_a * e * q_a \quad (\text{ec.13})$$

donde:

Q_{tot} = Caudal total que se precisa para regar de una sola vez toda el área (lps).

N_a = Número total de plantas en la huerta.

e = Número de emisores por planta.

q_a = Caudal medio del emisor (lps).

4.4.5. Número de unidades operacionales.

Puesto que para el diseño del sistema la limitante no es tanto el tiempo, sino el caudal disponible por la fuente de abastecimiento, se calcula el número de unidades operacionales que se pueden tener dentro del sistema utilizando para ello la ecuación 8.

$$N \geq Q_{tot}/Q_{disp} \quad (\text{ec.8})$$

donde:

N = Número de unidades operacionales.

Q_{tot} = Caudal total si se regara toda la huerta al mismo tiempo (lps).

Q_{disp} = Máximo caudal del que se dispone (lps).

4.5. Diseño hidráulico.

4.5.1. Distribución de la tubería.

De acuerdo a los resultados del diseño agronómico se hace una distribución de las unidades y subunidades de riego, definiendo las longitudes y diámetros de las tuberías.

4.5.2. Tolerancia de caudales.

En el diseño, se requiere conocer el mínimo caudal que se puede llegar a tener en una subunidad de estudio. Para la obtención de éste caudal mínimo, es necesario proponer el coeficiente de uniformidad (CU) que se desea obtener. Este valor se obtiene de la tabla 3 apéndice 1.

La ecuación utilizada es la siguiente:

$$q_{\min} = (CU \cdot q_a) / (1 - ((1.27 \cdot CV) / \sqrt{e})) \quad (\text{ec.14})$$

donde:

q_{\min} = Caudal que da el emisor que funciona mas desfavorablemente (lph).

CU = Coeficiente de uniformidad propuesto (fracción).

CV = Coeficiente de variación de fabricación del emisor (fracción).

e = Número de emisores por planta.

q_a = Caudal medio del emisor (lph).

Los valores máximos de CV pueden ser los de las normas ISO (0.05 para categoría A y 0.10 para categoría B), por lo cual será un valor que proporcione el fabricante.

4.5.3. Presión media y mínima.

Se calcula la presión media y mínima que puede llegar a tener el emisor seleccionado. Puesto que conocemos el q_a y q_{\min} , se calculan las presiones media (h_a) y mínima (h_{\min}) utilizando la ecuación del emisor de donde se despeja la "h".

$$q = K \cdot (h)^x \quad (\text{ec.15})$$

donde:

q = Caudal del emisor (lph).

K = Coeficiente de descarga.

h = Presión a la entrada del emisor (m).

x = Es el exponente de descarga.

Los valores de K y x son característicos de cada tipo de emisor. La ecuación anterior es proporcionada por el fabricante, sin embargo, cuando ésta no es proporcionada, los valores de ésta se pueden obtener a partir de la curva o la tabla de caudal-presión proporcionada por el fabricante aplicando las siguientes ecuaciones:

$$x = \ln(q1/q2) / \ln(h1/h2) \quad (\text{ec.16})$$

donde:

x = Definido en ecuación 15.

ln = Logaritmo natural.

q1 = Caudal a presión mínima (lph).

q2 = Caudal a presión máxima (lph).

h1 = Presión mínima (m).

h2 = Presión máxima (m).

$$K=q1/h1^x \quad (\text{ec.17})$$

Parámetros definidos en ecuaciones 15 y 16.

4.5.4. Pérdida de carga máxima permitida en la subunidad de riego.

Se obtiene la pérdida de carga máxima que se permite tener en la subunidad de estudio para lo cual es útil la siguiente ecuación.

$$\Delta H = M (h_a - h_{min}) \quad (\text{ec.18})$$

donde:

ΔH = Pérdida de carga permisible (m).

M = Factor que depende del número de diámetros que se vayan a emplear en una misma tubería (adimensional) (ver tabla 4 apéndice 1).

h_a = Presión media nominal del emisor, obtenida con la ecuación del emisor (m).

h_{min} = Presión mínima del sistema (m).

Cuando se tienen diámetros diferentes en la subunidad de estudio, se calcula por separado la pérdida de carga permisible para la tubería lateral y para la tubería secundaria.

4.5.5. Pérdidas en la secundaria y en el lateral.

La suma de ambas pérdidas se reparte entre el lateral y la secundaria, para ésto se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta H_l = \Delta H_s = (\Delta h_l + \Delta h_s) / 2 \quad (\text{ec.19})$$

donde:

ΔH_l = Pérdida de carga permisible en el lateral que se utilizara para la revisión del diámetro (m).

ΔH_s = Pérdida de carga permisible en la secundaria que se utilizara para revisión del diámetro (m).

Δh_l = Pérdida de carga permisible en la lateral utilizando el valor de M correspondiente (m).

Δh_s = Pérdida de carga permisible en la secundaria utilizando el valor correspondiente (m).

4.5.6. Cálculo de laterales.

En relación a la conexión de los laterales con la línea secundaria, se pueden presentar los casos siguientes:

- 1.- Laterales alimentadas por un extremo.
- 2.- Laterales alimentadas por un punto intermedio.

Puesto que en la distribución de la tubería, el lateral consta de dos ramales, uno a cada lado de la secundaria, se utiliza para cálculo el método para laterales alimentadas por un punto intermedio.

Para este cálculo, se requieren los siguientes datos: diámetro propuesto, longitud total de ambos ramales, separación entre plantas, caudal y presiones media del emisor y pérdida de carga permisible en el lateral.

4.5.6.1. Se obtiene el número de emisores de la suma de ambos ramales, eligiéndose para esto la subunidad donde se distribuye el lateral mas largo.

Para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_{el} = N_a * N_{epa} \quad (ec.20)$$

donde:

N_{el} = Número de emisores en ambos ramales.

N_a = Número de plantas en ambos ramales.

N_{epa} = Número de emisores por planta.

4.5.6.2. Se obtiene el caudal total de ambos ramales, utilizando la siguiente fórmula.

$$Q = N_{el} * q_a \quad (ec.21)$$

donde:

Q = Caudal total del lateral (ambos ramales).

N_{el} = Definido en ecuación 20.

q_a = Caudal medio del emisor (lph).

4.5.6.3. Se calcula la pérdida de carga unitaria utilizando la ecuación de Blasius, ideal para un flujo turbulento liso, que es el que caracteriza a la microaspersión (ver tabla 5 apéndice 1).

$$J = 0.473 * d^{-4.75} * Q^{1.75} \quad (\text{ec.22})$$

donde:

J = Pérdida de carga unitaria (m/m).

d = Diámetro interior de la tubería (mm).

Q = Caudal de la tubería (lph).

4.5.6.4. Se obtiene la longitud equivalente de tubería debido a la conexión de un emisor cuyo valor depende de las características de la conexión y del diámetro del lateral. Cuando la conexión es sobre la línea, se pueden aplicar las fórmulas deducidas por Montalvo (1983) (18).

Tipo de conexión

$$\text{Grande} \dots \dots \dots \text{fe} = 23.04 * (\text{di})^{-1.84} \quad (\text{ec.23})$$

$$\text{Estándar} \dots \dots \dots \text{fe} = 18.91 * (\text{di})^{-1.87} \quad (\text{ec.24})$$

$$\text{Pequeña} \dots \dots \dots \text{fe} = 14.38 * (\text{di})^{-1.89} \quad (\text{ec.25})$$

donde:

fe = Longitud equivalente de la conexión (m).

di = Diámetro interior de la tubería (mm).

4.5.6.5. Se determina la pérdida de carga unitaria corregida por la conexión de los emisores utilizando para esto la siguiente ecuación.

$$J' = J * ((\text{Se} + \text{fe}) / \text{Se}) \quad (\text{ec.26})$$

donde:

J' = Pérdida de carga unitaria corregida por las pérdidas de conexión del emisor (m/m).

Se = Separación entre emisores (m).

fe = Definida en ecuaciones 23 a 25.

4.5.6.6. Se obtiene el coeficiente de Christiansen de la tabla 6 apéndice 1 utilizando para ello el exponente $\beta = 1.75$, el número de salidas que existen en la tubería y la separación del primer emisor a la tubería.

4.5.6.7. Se calcula la pérdida de carga total utilizando la siguiente ecuación.

$$H_f = J' * F * L \quad (\text{ec.27})$$

donde:

H_f = Pérdida de carga de una tubería lateral o secundaria (m).

J' = Pérdida de carga unitaria o corregida (m/m).

F = Factor de Christiansen.

L = Longitud del lateral (m).

4.5.6.8. Se calcula 'd' desnivel entre ambos extremos del lateral.

$$d = L * i \quad (\text{ec.28})$$

donde:

d = Desnivel entre ambos extremos del lateral (m).

L = Longitud de ambos ramales del lateral (m).

i = Pendiente del terreno (fracción).

4.5.6.9. Se calcula d/H_{fl} .

$$d/H_{fl} \quad (\text{ec.29})$$

donde:

d = Definida en ecuación 28.

H_{fl} = Pérdida de carga total en el lateral (m).

4.5.6.10. Se calcula la presión inicial de los dos ramales utilizando la siguiente ecuación.

$$h_l = h_a + (m \cdot H_{fl}) - ((x/l) - 0.5) \cdot d \quad (\text{ec } 30)$$

donde:

h_l = Presión inicial de los dos ramales (m).

h_a = Presión media del emisor (m).

m = Factor función de d/H_{fl} (cuyos valores se muestran en la tabla 7 apéndice 1)

H_{fl} = Definida en ecuación 29.

x/l = Factor función de d/H_{fl} , que se obtiene de la tabla 7 apéndice 1.

4.5.6.11. Se calcula la presión mínima común a ambos ramales utilizando la siguiente ecuación.

$$h_n = h_l - (t \cdot H_{fl}) \quad (\text{ec.31})$$

donde:

h_n = Presión mínima o presión a la salida del lateral.

h_l = Definida en ecuación 30.

t = Factor que se obtiene de la tabla 7 apéndice 1.

H_{fl} = Definida en ecuación 29.

4.5.6.12. Se calcula la diferencia de presión utilizando la siguiente ecuación.

$$\Delta HL = h_l - h_n \quad (\text{ec.32})$$

donde:

ΔHL = Diferencia de presiones en el lateral, desde su origen hasta el punto de mínima presión (m).

h_l = Presión a la entrada del lateral (m).

h_n = Presión a la salida del lateral (m).

4.5.6.13. Se comprueba que el diámetro del lateral propuesto es el correcto si se cumple la siguiente desigualdad.

$$\Delta H_L < \Delta H_I \quad (\text{ec.33})$$

Es decir, que la diferencia entre la pérdida de carga a la entrada y salida del lateral debe ser menor que la pérdida de carga permitida para el lateral.

4.5.7. Cálculo de la tubería secundaria.

En la distribución de la tubería, la línea secundaria se puede telescopear utilizando para ello dos o mas diámetros diferentes, obteniéndose las pérdidas de carga en forma individual para cada uno de los tramos, sumándose al final el total de pérdidas para obtener la pérdida de carga total.

Para este cálculo, se requieren los siguientes datos: longitud de la secundaria, separación entre plantas, caudal y presiones media del emisor y pérdida de carga permisible en la secundaria.

4.5.7.1. Puesto que en la distribución de la secundaria se tienen dos diámetros diferentes, se obtiene el caudal total del tramo N° 2 utilizando la siguiente fórmula.

$$QT_2 = (QR_i + QR_d) * N^\circ L \quad (\text{ec.34})$$

donde:

QT_2 = Caudal total del tramo N° 2 (lph).

QR_i = Caudal total de ramal izquierdo (lph).

QR_d = Caudal total de ramal derecho (lph).

N° L = Número de laterales en el tramo, considerando el ramal izquierdo y derecho como una lateral.

4.5.7.2. Se obtiene la pérdida de carga en el tramo considerado (HT2), para esto se siguen los pasos 4.5.6.3, 4.5.6.4.(ec.23), 4.5.6.5, 4.5.6.6. y 4.5.6.7.

4.5.7.3. Se obtiene el caudal total del tramo N° 1 utilizando para ello la siguiente fórmula.

$$QT1 = ((QRi+QRd)*N° L)+QT2 \quad (ec.35)$$

donde:

QT1 = Caudal total del tramo N° 1 (entrada de tubería secundaria) (lph).

QRi = Caudal total del ramal izquierdo (lph).

QRd = Caudal total del ramal derecho (lph).

N° L = Número de laterales que salen del tramo N° 1 (considerando el ramal izquierdo y derecho como una sola lateral).

QT2 = Caudal total del tramo N° 2 (lph).

4.5.7.4. Se obtiene la pérdida de carga total del tramo N° 1 (HT1) siguiendo los pasos 4.5.6.3., 4.5.6.4.(ec.23), 4.5.6.5., 4.5.6.6. y 4.5.6.7.

4.5.7.5. Se calcula la presión a la entrada de la secundaria utilizando para ello la siguiente ecuación.

$$h_s = h_l + \frac{3}{4}(HT_2 + HT_1) + \frac{1}{2}(\Delta E_l) \quad (\text{ec.36})$$

$$\Delta E_l = S/l/100 \quad (\text{ec.37})$$

donde:

h_s = Presión a la entrada de la tubería secundaria (m).

h_l = Presión a la entrada del lateral (m).

HT_2 = Pérdida de carga en tramo N° 2 (m).

HT_1 = Pérdida de carga en el tramo N° 1 (m).

ΔE_l = Diferencia de cotas entre los extremos de la tubería (m).

S = Pendiente (%).

l = Longitud del lateral (m).

4.5.7.6. Se calcula la presión a la salida de la tubería secundaria utilizando la ecuación recomendada para una pendiente mayor o igual a 0' la cual aplica a este diseño.

$$h_{ns} = h_s - (HT_2 + HT_1 + \Delta E_l) \quad (\text{ec.38})$$

donde:

h_{ns} = Presión a la salida de la tubería secundaria (m).

h_s = Presión a la entrada de la tubería secundaria (m).

HT_2 = Definida en ecuación 36.

HT_1 = Definida en ecuación 36.

ΔE_l = Definida en ecuación 36.

4.5.7.7. Se calcula la diferencia de presiones entre el principio y final de la tubería secundaria, utilizando para ello la siguiente ecuación.

$$\Delta H_S = h_s - h_{ns} \quad (\text{ec.39})$$

donde:

ΔH_S = Diferencia de presiones entre el principio y final de la tubería secundaria
(m).

h_s = Definida en ecuación 38.

h_{ns} = Definida en ecuación 38.

4.5.7.8. Se comprueba que los diámetros propuestos para la tubería secundaria son correctos si se cumple con la siguiente desigualdad.

$$\Delta H_S < \Delta H_s \quad (\text{ec.40})$$

4.5.8. Diseño de la tubería principal.

Para el diseño de esta tubería se utiliza el método de la pérdida de carga unitaria, el cual consiste en seleccionar un diámetro o diámetros de la tubería en el cual las pérdidas no excedan a 1 PSI/100' esto equivale a una pérdida de 0.023068 m/m.

4.5.8.1. Se obtiene la pérdida de carga unitaria para esta tubería utilizando la ecuación 22 explicada anteriormente.

4.5.8.2. Se compara la pérdida de carga total con la pérdida permisible para saber si se acepta el diámetro propuesto.

4.5.9. Diseño del sistema de filtrado.

4.5.9.1. Diseño del hidrociclón.

Se calculan las dimensiones del hidrociclón utilizando las ecuaciones de Ketler y Lin (1972) y una correspondiente al INIA (1983) a continuación se lista cada una de ellas.

$$L = 2 \text{ a } 5 * D_c \quad (\text{ec.41})$$

$$D_c = 0.15 \text{ a } 0.33 * D_c \quad (\text{ec.42})$$

$$D_s = 0.15 \text{ a } 0.33 * D_c \quad (\text{ec.43})$$

$$D_a = 0.15 \text{ a } 0.20 * D_c \quad (\text{ec.44})$$

donde:

D_c = Diámetro de sección cilíndrica donde se crea el movimiento rotacional (cm).

L = Longitud total del hidrociclón (cm).

D_e = Diámetro del conducto tangencial por donde se introduce el agua con sólidos hacia el interior de la cámara (cm).

D_s = Diámetro de salida del tubo que conduce el agua limpia, libre de sólidos hacia la red de riego (cm).

D_a = Diámetro del tubo que da salida a la descarga de los sólidos (cm).

4.5.9.2. Diseño del filtro de mallas.

Se determina el tipo de malla, es decir el número de mesh. El criterio que se sigue, es que el tamaño de orificio sea aproximadamente 1/5 del diámetro del emisor, con este dato nos dirigimos a la tabla 8 apéndice 1 para tener el número de mesh.

Se calcula la superficie de la malla en función del máximo caudal y de los valores aceptables de la velocidad real (velocidad a través de los orificios) la cual se indica en la tabla 9 apéndice 1.

Las ecuaciones utilizadas son las siguientes:

$$A_e = 0.34 * A \quad (\text{ec.45})$$

donde:

A_e = Area efectiva de filtración (m^2).

A = Area total de la malla (m^2).

$$A_e = Q/V_p \quad (\text{ec.46})$$

donde:

A_e = Definida en ecuación 45.

Q = Caudal máximo (m^3/seg).

V_p = Velocidad recomendada (m/seg) (ver tabla 9 apéndice 1).

4.5.10. Diseño del equipo de bombeo.

Se calcula la capacidad necesaria de la bomba para extraer el agua del pozo y mantener la presión necesaria dentro del sistema. Esta capacidad que se obtenga será la requerida en caso de no construirse una pileta de rebombeo.

4.5.10.1. Se obtiene la carga que debe vencer la bomba para satisfacer las necesidades del sistema, para lo cual se utiliza la siguiente fórmula.

$$HB = H_s + H_{fp} + \Sigma H_{floc} + h_{suc} + h_{ex}(\pm)\Delta E_l \quad (\text{ec.47})$$

donde:

H_s = Carga requerida a la entrada de la tubería secundaria (m).

H_{fp} = Pérdida de carga por fricción a través de la tubería principal (m).

ΣH_{floc} = Suma de todas las pérdidas localizadas, tanto en las tuberías secundaria y principal hasta el cabezal de riego esto incluye, codos, reducciones, reguladores, válvulas, tee, filtro, etc. (m) (obtener de tabla 10 apéndice 1).

h_{suc} = Carga requerida para vencer la profundidad al nivel dinámico del pozo (m).

h_{ex} = 50% de presión media del emisor para necesidad ocasional de una mayor presión (m).

ΔE_l = Diferencia de cotas entre los extremos de la tubería (m).

4.5.10.2. Se calcula la potencia requerida en la bomba utilizando la siguiente ecuación.

$$HP = (Q \cdot HB) / (76 \cdot E_b) \quad (\text{ec.48})$$

donde:

HP = Potencia requerida por la bomba.(caballos de potencia).

Q = Caudal de la bomba (lps).

HB = Carga que debe vencer la bomba (m).

E_b = Eficiencia de la bomba (fracción).

4.5.10.3. Se selecciona la bomba requerida para el sistema, utilizando la curva de rendimiento proporcionada por el fabricante (ver figura N° 1 apéndice 1).

4.5.11. Diseño de una pileta de rebombeo.

Determinar el tiempo total para regar mas de una unidad para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$T_t = T_r \cdot N_{un} \quad (\text{ec.49})$$

donde:

T_t = Tiempo total para regar un determinado número de unidades propuestas (hr).

T_r = Tiempo de riego por unidad (hr/día).

N_{un} = Número de unidades a regar.

Según el volumen total que entra a cada unidad con el caudal medio de los emisores, se calcula el total requerido para las unidades propuestas utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{Vol} = \text{QT1} * \text{Tt} \quad (\text{ec.50})$$

donde:

Vol = Volumen total para satisfacer la cantidad de unidades a regar propuestas (m^3).

QT1 = Caudal total que entra a la unidad (lph).

Tt = Definido en ecuación 49.

Una vez que se tiene el volumen total se proponen dimensiones de largo y ancho para despejar una altura utilizando la siguiente fórmula.

$$H = \text{Vol} / (\text{L} * \text{A}) \quad (\text{ec.51})$$

donde:

H = Altura que tendrá la pileta (m).

Vol = Definido en ecuación 50.

L = Largo de la pileta (m).

A = Ancho de la pileta (m).

4.5.12. Bomba requerida para la pileta.

Al construirse la pileta, la bomba requerida será diferente a la calculada anteriormente, ya que ésta no tendrá que vencer la carga para elevar el agua del pozo, sin embargo, los pasos a seguir serán exactamente los mismos que en el punto 4.5.10..

4.6. Método para la evaluación del sistema.

4.6.1. Procedimiento de campo.

4.6.1.1. Se selecciona una subunidad de riego que sea representativa de la instalación, de preferencia la que este en condiciones mas críticas. Dentro de la subunidad se

seleccionan cuatro laterales uniformemente distribuidos. En cada lateral seleccionado se eligen cuatro plantas las cuales deberán quedar distribuidas de forma uniforme a lo largo del lateral. El total de plantas seleccionadas será de 16. Una vez ubicados los 16 puntos de emisión, se mide el caudal suministrado por los emisores que abastecen a cada planta en cuestión, para lo cual se siguen los siguientes pasos:

- a) Aforo de un recipiente hasta obtener un volumen determinado.
- b) Toma de tiempo para la obtención del volumen establecido.

Este procedimiento se realiza tres veces en cada uno de los emisores de las plantas elegidas. Además, todas las mediciones se deben realizar cuando la instalación funcione en un régimen estable, debiendo esperar de 10 a 20 minutos desde la puesta en marcha según sea la distancia de la subunidad al cabezal.

4.6.1.2. Se toman las presiones a la entrada y salida de cada uno de los laterales elegidos en ambos ramales del mismo.

4.6.1.3. Con la utilización de una cinta métrica se estima la superficie mojada en cada uno de los puntos seleccionados. Esto se hace midiendo los diámetros de alcance de los emisores en cuestión.

4.6.1.4. Con la utilización del manómetro se mide la presión a la entrada y salida del filtro, con el fin de conocer la pérdida de carga ocasionada por estos dispositivos.

4.6.2. Método de análisis para la evaluación del sistema.

4.6.2.1. Como medida de la uniformidad de riego, se calcula el coeficiente de uniformidad de la subunidad, utilizando para ello los datos de campo obtenidos y sustituyendo en la ecuación 10.

$$CU_{ev} = (q_{25}/q_a) * 100 \quad (ec.10)$$

donde:

CU_{ev} = Coeficiente de uniformidad obtenido en la evaluación (%).

q_{25} = Caudal medio recibido por el 25% de las plantas que reciben menos caudal (lph).

q_a = Caudal medio recibido por el total de plantas en cuestión (16 plantas)(lph).

4.6.2.2. Se deduce la causa de la uniformidad de riego resultante, al obtener los siguientes coeficientes de variación.

CV_t (Coeficiente de variación total de caudales).

CV_e (Coeficiente de variación de caudales debido a la baja uniformidad de los emisores).

CV_h (Coeficiente de variación de caudales debido a causas hidráulicas).

Las ecuaciones utilizadas son las siguientes.

$$CV_t = S/q_a \quad (ec.52)$$

donde:

CV_t = Definido anteriormente.

S = Desviación estándar del total de caudales (lph).

q_a = Caudal medio del total de emisores (lph).

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2 \div (n-1)} \quad (\text{ec.53})$$

donde:

S = Definida en ecuación 52.

q_i = Caudales medios de la prueba (lph).

q_a = Definido en ecuación 52.

Ver tabla 2 apéndice 2 donde se muestra la clasificación de la uniformidad en función de CVt.

$$CV_h = S_q/p_a \quad (\text{ec.54})$$

donde:

CVh = Definida anteriormente.

S_q = Desviación estándar del total de presiones tomadas (m).

p_a = Presión media del total de presiones tomadas (m).

$$CV_e = \sqrt{CV_t^2 - (x^2 \times CV_h^2)} \quad (\text{ec.55})$$

donde:

CVe, CVt y CVh ya definidas.

x = Exponente de descarga del emisor.

4.6.2.3. Se verifica el porcentaje de suelo mojado utilizando los diámetros de mojado obtenidos en la evaluación, esto se hace calculando el área total que cubren los dos emisores en cada uno de los árboles seleccionados, luego se procede a sacar un promedio del total de las mediciones.

5. RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1. Información básica.

Tabla 2. Información general de la huerta de nogales. Campo agrícola de la Facultad de Agronomía, UAN.L., 1996.

SUPERFICIE		SUELO	
Area	<i>15.12Has</i>	Textura	<i>Arcillosa</i>
Forma	<i>Rectangular</i>	Color	<i>10YR 6/3</i>
Dimensiones	<i>L=504m A=300m</i>	Coef. de infiltración	<i>4.43cm/hr</i>
Pendiente	<i>-0.37% N-S</i> <i>0.0% E-W</i>	C.E. *10 ³	<i>3 mmhos/cm</i>
CULTIVO		AGUA	
Especie	<i>Nogal pecanero.</i>	Fuente	<i>Pozo</i>
Variedad	<i>Wichita y western</i>	Profundidades	<i>N.E.=3m N.D.=10m</i>
Edad	<i>Entre 6-16 años</i>	Caudal disponible	<i>9.3lps</i>
Espaciamiento	<i>12*12m</i>	Calidad (C.E.*10 ⁶)	<i>2200 Mmhos</i>

5.2. Diseño agronómico.

5.2.1. Necesidades de agua.

Datos:

Ev max = 8.33 mm/día (tabla 2 apéndice 1, mes de junio).

d = 8m

$$Ea = 0.85$$

$$NDP = ((3.1416(8)^2)/4) * 8.33 \quad (\text{ec.1})$$

$$NDP = 418.711 \text{ litros/día}$$

$$VR = 418.711/0.85 \quad (\text{ec.2})$$

$$VR = \underline{492.60 \text{ litros/día}}$$

5.2.2. Porcentaje de suelo mojado.

Se eligieron un total de 2 emisores por árbol obtenidos del catálogo comercial que cubrieran un mínimo del 33% o mas del área correspondiente a cada árbol.

Las características del emisor son las siguientes:

Marca: *Rex-Dor Netafim*

Modelo: *801*

Presión de operación: *1.0 kg/cm²*

Gasto: *85 lph*

Diámetro de cobertura a su presión de operación: *6.5m*

$$Am = ((3.1416*(6.5)^2)/ 4)*2 \quad (\text{ec.11})$$

$$Am = 66.36\text{m}^2$$

$$Pm = (66.36/144)*100 \quad (\text{ec.12})$$

$$Pm = \underline{46.08\%}$$

Este porcentaje de suelo mojado obtenido con los emisores seleccionados, esta por encima del sugerido por Keller (1986)(citado por Pizarro C., F. 18), quien propone como mínimo un 33% para clima árido. Debido a esto se considera suficiente el número de emisores propuestos en el diseño.

5.2.3. Tiempo de riego.

$$Tr = 492.60/(2*85) \quad (\text{ec.7})$$

Tr = 2.89 hr/día = tiempo real de 2 horas con 53 minutos.

5.2.4. Caudal total requerido.

$$Qtot = 1050*2*0.0236111 \quad (\text{ec.13})$$

Qtot = 49.5833lps

5.2.5. Unidades operacionales.

$$N \geq 49.5833/9.3 \quad (\text{ec.8})$$

$$N \geq \underline{5.3} = 6$$

Por lo tanto se podrán tener 6 o mas unidades operacionales en todo el sistema.

5.3. Diseño hidráulico.

5.3.1. La distribución de la tubería así como sus longitudes y diámetros se observa en el plano No 1.

5.3.2. Tolerancia de caudales.

$$q_{min} = (0.91*85)/1-((1.27*0.05)/\sqrt{2}) \quad (\text{ec.14})$$

qmin = 80.99 lph

Puesto que tenemos emisores espaciados mas de 4m y el cultivo de nogal se considera permanente, además el clima es árido y la pendiente es menor del 2%, se eligió para el diseño un CU de 91% obtenido de la tabla 3 apéndice 1.

5.3.3. Coeficientes x y K de la ecuación del emisor.

Coeficiente x

$$x = \ln(85/120)/\ln(10/20) \quad (\text{ec.16})$$

$$x = \underline{0.49}$$

Obtenidos de la tabla 3.

Tabla 3. Valores de caudal-presión para la boquilla y emisor seleccionado obtenidos del catálogo del fabricante (Plásticos Rex).

PRESIÓN (m.)	CAUDAL (lph)
10	85
14	100
20	120

De acuerdo al coeficiente de descarga obtenido (x), se deduce que el flujo es completamente turbulento como lo muestra la figura 1.

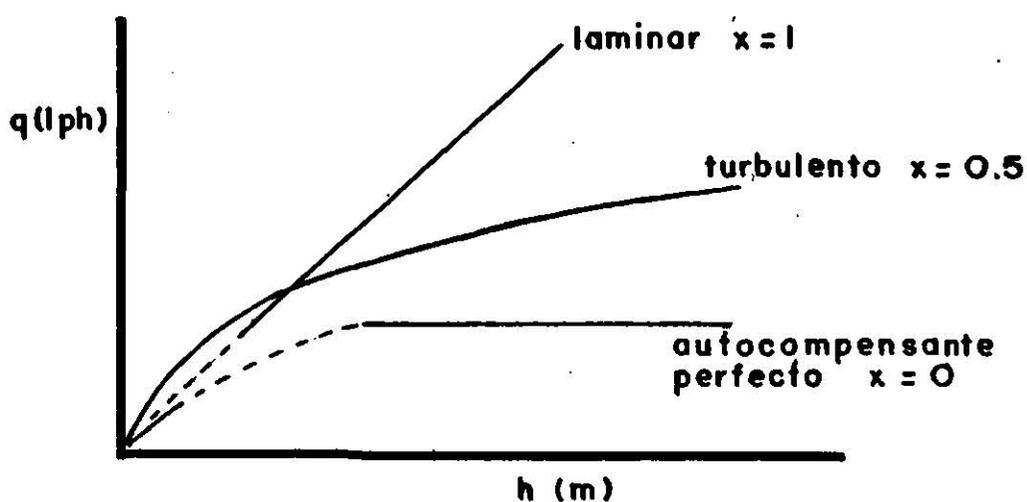


Figura 1. Gráfica típica de la relación caudal-presión de un emisor.

Coefficiente K.

$$K = 85/(10)^{0.49} \quad (\text{ec.17})$$

$$K = \underline{27.5}$$

Ecuación del emisor >>>>> $q=27.5 *(h)^{0.49}$ (ec.15)

Presión media.

$$h_a = (85/27.5)^{1/0.49} \quad (\text{ec.15 despejando h})$$

$$h_a = \underline{10.004\text{m}}$$

Presión mínima.

$$h_{\min} = (80.99/27.5)^{1/0.49} \quad (\text{ec.15 despejando h})$$

$$h_{\min} = \underline{9.06\text{m}}$$

5.3.4. Pérdida de carga permisible en la subunidad.

De acuerdo a la distribución de las unidades y subunidades, se ha elegido para el diseño, la subunidad B de la unidad 6 (ver plano N° 1) la cual se tiene como base para las otras subunidades.

Pérdida de carga en lateral.

$$M = 4.3 \text{ (ver tabla 4 apéndice 1).}$$

Este valor de M se eligió debido a que se tiene un solo Diámetro en el lateral.

$$\Delta H_l = 4.3*(10.004 - 9.06) \quad (\text{ec.18})$$

$$\Delta H_l = \underline{4.05\text{m}}$$

Pérdida de carga en secundaria.

$$M = 2.7 \text{ (ver tabla 4 apéndice 1).}$$

En la tubería secundaria se tienen dos diámetros diferentes, por eso se ha elegido este valor de M.

$$\Delta H_S = 2.7 \cdot (0.004 - 9.06) \quad (\text{ec.18})$$

$$\Delta H_S = \underline{2.548\text{m}}$$

5.3.5. Pérdida de carga permisible total.

$$\Delta H_I = \Delta H_S = (4.05 + 2.548) / 2 \quad (\text{ec.19})$$

$$\Delta H_I = \Delta H_S = \underline{3.2994\text{m}}$$

5.3.6. Cálculo de laterales.

Datos necesarios:

$$\text{Longitud (L)} = 75\text{m}$$

$$\text{Separación entre árboles (Se)} = 12\text{m}$$

$$q_a = 85\text{lph}$$

$$h_a = 10\text{m}$$

$$\Delta H_I = 3.2994\text{m}$$

$$\text{Diámetro interior comercial propuesto} = 13.2\text{mm}$$

5.3.6.1. Número de emisores de la suma de ambos ramales.

$$N_{el} = 7 \cdot 2 \quad (\text{ec.20})$$

$$N_{el} = \underline{14}$$

5.3.6.2. Caudal total de ambos ramales.

$$Q_I = 14 \cdot 85 \quad (\text{ec.21})$$

$$Q_I = \underline{1190\text{ lph}}$$

5.3.6.3. Pérdida de carga unitaria.

$$J = 0.473 * 13.2^{-4.75} * 1190^{1.75} \quad (\text{ec. 22})$$

$$J = \underline{0.5424 \text{ m/m}}$$

5.3.6.4. Longitud equivalente de tubería debido a la conexión de un emisor.

$$f_e = 14.38 * 13.2^{-1.89} \quad (\text{ec. 25})$$

$$f_e = \underline{0.109\text{m}}$$

Se utilizó la ecuación 25 debido a que la conexión del emisor a la tubería lateral es pequeña.

5.3.6.5. Pérdida de carga unitaria corregida por la conexión de los emisores.

$$J' = 0.5424 * ((12 + 0.109) / 12) \quad (\text{ec.26})$$

$$J' = \underline{0.54735 \text{ m/m}}$$

5.3.6.6. Coeficiente de Christiansen.

$$F = \underline{0.378}$$

Este coeficiente se obtuvo de la tabla 6 apéndice 1, donde se utilizó un número de 16 salidas y un valor de $l = S_e/2$.

5.3.6.7. Pérdida de carga total.

$$H_f = 0.54735 * 0.378 * 75 \quad (\text{ec.27})$$

$$H_f = \underline{15.51\text{m}}$$

5.3.6.8. Desnivel entre ambos extremos del lateral.

$$d = 72 * 0 \quad (\text{ec.28})$$

La tubería lateral se distribuyó en dirección E-W por lo tanto la pendiente (i) es 0.

5.3.6.9. d/Hfl

$$d/Hfl = 0/15.51 \quad (\text{ec.29})$$

$$d/Hfl = \underline{0}$$

5.3.6.10. Presión inicial de los dos ramales.

$$hl = 10 + (0.11 * 15.51) - (0.5 - 0.5) * 0 \quad (\text{ec.30})$$

$$hl = \underline{11.7061m}$$

El factor $m = 0.11$ y $x/l = 0.5$ se obtuvo de la tabla 7 apéndice 1 para un $d/Hfl = 0$

5.3.6.11. Presión mínima común a ambos ramales.

$$hn = 11.7061 - (0.149 * 15.41) \quad (\text{ec.31})$$

$$hn = \underline{9.41m}$$

El factor $t = 0.149$ se obtuvo de la tabla 7 apéndice 1 para $d/Hfl = 0$

5.3.6.12. Diferencia de presión.

$$\Delta HL = 11.7061 - 9.41 \quad (\text{ec.32})$$

$$\Delta HL = \underline{2.269m}$$

5.3.6.13. Comprobación del diámetro propuesto.

$$\underline{2.269} < \underline{3.2994m} \quad (\text{ec.33})$$

La pérdida de carga en el lateral es menor que la permitida para el mismo, por lo tanto, el diámetro propuesto es aceptable.

5.3.7. Tubería secundaria.

Datos de tubería secundaria:

Diámetro tramo N° 2 = 56.55mm

Longitud " " = 72 m

No laterales " " = 6

Diámetro de tramo N° 1 = 84.55 mm

Longitud = 89.0m

No laterales = 8

5.3.7.1. Caudal total del tramo N° 2 .

$$QT2 = (510+680)(6) \quad (\text{ec.34})$$

$$QT2 = \underline{7140 \text{ lph}}$$

Se consideró solo la cantidad de laterales que salen de este tramo de tubería.

5.3.7.2. Pérdida de carga unitaria.

$$J = 0.473 * 56.55^{-4.75} * 7140^{1.75} \quad (\text{ec.22})$$

$$J = \underline{0.01243 \text{ m/m}}$$

5.3.7.3. Longitud equivalente de tubería debido a la conexión de un emisor.

$$f_e = 23.04 * (13.2)^{-1.89} \quad (\text{ec.23})$$

$$f_e = \underline{0.011 \text{ m}}$$

Se utilizó la ecuación 23 ya que la conexión de los laterales a la secundaria es grande.

5.3.7.4. Pérdida de carga unitaria corregida por la conexión de los emisores.

$$J' = 0.01243 * ((12+0.011)/12) \quad (\text{ec.26})$$

$$J' = \underline{0.01245 \text{ m/m}}$$

5.3.7.5. Coeficiente de Christiansen.

$$F = \underline{0.380}$$

Obtenido de tabla 6 apéndice 1 utilizando un número de 12 salidas y $l = Se/2$.

5.3.7.6. Pérdida de carga total.

$$H_f = 0.01245 * 0.380 * 72 \quad (\text{ec.27})$$

$$H_f = \underline{\underline{0.3406 \text{ m}}}$$

5.3.7.7. Caudal total de tramo No 1.

$$QT1 = ((510+680)*8) + 7140 \text{ lph} \quad (\text{ec.35})$$

$$QT1 = \underline{\underline{16660 \text{ lph}}}$$

5.3.7.8. Pérdida de carga unitaria.

$$J = 0.473 * 84.55^{-4.75} * 16660^{1.75} \quad (\text{ec.22})$$

$$J = \underline{\underline{0.008109 \text{ m/m}}}$$

5.3.7.9. Longitud equivalente de tubería debido a la conexión de un emisor.

$$f_e = 23.04 * 84.55^{-1.84} \quad (\text{ec.23})$$

$$f_e = \underline{\underline{0.0065 \text{ m}}}$$

5.3.7.10. Pérdida de carga unitaria corregida por la conexión de los emisores.

$$J' = 0.008109 * ((12 + 0.0065) / 12) \quad (\text{ec.26})$$

$$J' = \underline{\underline{0.00811 \text{ m}}}$$

5.3.7.11. Coeficiente de Christiansen.

$$F = \underline{\underline{0.376}}$$

Obtenido de tabla 6 apéndice 1 para un número de 16 salidas y $l = Se/2$.

5.3.7.12. Pérdida de carga total.

$$H_f = 0.00811 * 0.376 * 89.0 \quad (\text{ec.27})$$

$$H_f = \underline{0.27150\text{m}}$$

5.3.7.13. Presión a la entrada de la secundaria.

$$h_s = 11.7061 + \frac{3}{4}(0.3406 + 0.271503) + \frac{1}{2}(0.5957) \quad (\text{ec.36})$$

$$h_s = \underline{12.38856\text{m}}$$

$$\Delta E_l = (0.37 * 161) / 100 \quad (\text{ec.37})$$

$$\Delta E_l = 0.5957\text{m}$$

5.3.7.14. Presión a la salida de la tubería secundaria.

$$h_{ns} = 12.38856 - (0.3406 + 0.271503 + 0.5957) \quad (\text{ec.38})$$

$$h_{ns} = \underline{11.18076\text{m}}$$

5.3.7.15. Diferencia de presiones entre el principio y final de la tubería secundaria

$$\Delta H_S = 12.38856 - 11.18076 \quad (\text{ec.39})$$

$$\Delta H_S = \underline{1.2078\text{m}}$$

5.3.7.16. Comprobación de diámetros propuestos.

$$\underline{1.2078 < 3.2994 \text{ m.}} \quad (\text{ec.40})$$

La pérdida de carga en la tubería secundaria es menor que la permitida para la misma, por lo tanto, el diámetro propuesto es aceptable.

5.3.8. Tubería principal.

Datos:

Diámetro = 109.8mm

Longitud máxima = 622.04m

5.3.8.1. Pérdida de carga a través de toda la tubería hasta la subunidad mas retirada.

$$J = 0.473 * 109.8^{4.75} * 33480^{1.75} \quad (\text{ec.22})$$

$$J = \underline{0.007950 \text{ m/m}}$$

5.3.8.2. Comprobación del diámetro propuesto.

$$\underline{0.007950 \text{ m/m} < 0.023068 \text{ m/m}}$$

La pérdidas de carga por fricción no exceden a la permisible para una tubería principal (0.023068m/m), por lo tanto el diámetro propuesto es aceptable.

5.3.9. Sistema de filtrado.

5.3.9.1. Hidrociclón.

Dato del fabricante

$$Dc = 36\text{cm}$$

$$L = 2 * 36 = 72.0\text{cm} \quad (\text{ec.41})$$

$$L = \underline{72.0\text{cm}}$$

$$De = 0.30 * 36 = 10.8\text{cm} \quad (\text{ec.42})$$

$$De = \underline{10.8\text{cm}}$$

$$Ds = 0.30 * 36 = 10.8\text{cm} \quad (\text{ec.43})$$

$$Ds = \underline{10.8\text{cm}}$$

$$D_a = 0.20 \cdot 36 = 7.2 \text{ cm} \quad (\text{ec.44})$$

$$D_a = \underline{7.2 \text{ cm}}$$

En el plano N° 1 se presenta el esquema del sistema de filtrado.

5.3.9.2. Filtro de mallas.

Datos:

$$\text{Diámetro del emisor} = 1.8 \text{ mm}$$

$$\text{Tamaño de orificio} = 1.8 \cdot (1/5) = 0.26$$

$$\text{No de mesh} = \underline{60} \quad (\text{Ver tabla 8 apéndice 1}).$$

Superficie de malla.

$$A_e = 0.093/0.6 \quad (\text{ec.46})$$

$$A_e = 0.0155 \text{ m}^2$$

$$A = 0.0155/0.34 \quad (\text{ec.45 despejando A})$$

$$A = \underline{0.04558 \text{ m}^2 \text{ de malla de 60 mesh.}}$$

5.3.10. Equipo de bombeo.

5.3.10.1. Carga de bombeo.

$$H_s = \underline{12.3885 \text{ m.}}$$

$$H_{fp} = 0.007950 \cdot 622.04 = \underline{4.94 \text{ m}}$$

ΣH_{floc} (Obtenidas de tabla 10 apéndice 1).

$$\Sigma H_{floc} = \underline{8.6221 \text{ m}}$$

$$h_{ex} = \underline{5 \text{ m}}$$

$$h_{suc} = \underline{10 \text{ m}}$$

$$H_B = 12.3885 + 4.94 + 8.621 + 10 + 5 \quad (\text{ec.47})$$

$$H_B = \underline{40.9495 \text{ m}}$$

No se incluyó la diferencia de cotas puesto que se tiene una pendiente general a favor.

Tabla 4 Pérdidas de carga localizadas debido a elementos y accesorios requeridos en el sistema de microaspersión.

PIEZA	CANTIDAD	LONGITUD EQUIVALENTE (m)	J TUBERÍA (m/m)	J UNITARIA (m)	Hf total (m)
Codo	9	3.658	0.00795	0.0290811	0.26172
Tee	5	7.315	"	0.058154	0.29077
Válvula	3	39.624	"	0.31501	0.94503
Filtro de mallas	1	-----	-----	2	2
Hidro- ciclón	1	-----	-----	4	4
total					7.49752.
+ 15% f.s.					1.1246
Hf TOTAL = 8.6221m.					

5.3.10.2. Potencia requerida en la bomba.

Datos:

$$Q = 9.6\text{ lps}$$

$$HB = 40.9495\text{ m}$$

$$\text{Eficiencia de bomba} = 70\%$$

$$HP = (9.3 * 40.9495) / (76 * 0.70)$$

(ec.48)

$$HP = 7.15 \text{ hp} \gg \underline{\underline{7.5 \text{ caballos de potencia.}}}$$

5.3.10.3. Bomba seleccionada.

Marca >>> **GRUNDFOS**

Modelo >>> **135S75-4**

HP >>> **7½**

Obtenida de figura 2 apéndice 1 utilizando un caudal máximo de 147GPM y una carga a vencer de 135pies. Sin embargo, puesto que el uso es constante, al paso del tiempo la bomba pierde eficiencia por lo que es preferible elegir una bomba con el caballaje inmediato superior a la calculada, que en este caso será una grundfos, modelo 135S 100-6 con una potencia de 10HP.

5.3.11. Dimensiones de la pileta de rebombeo.

$$T_t = 2.89 * 3 \quad (\text{ec.49})$$

$$T_r = 8.67 \text{hr}$$

$$\text{Vol} = 16660 * 2 * 8.67 \quad (\text{ec.50})$$

$$\text{Vol} = 2888844 \text{litros} = 288.888 \text{m}^3$$

$$\text{Largo} = \underline{12\text{m}} \quad \text{Ancho} = \underline{12\text{m}} \quad \text{Altura} = ?$$

$$H = 288.88443 / (12 * 12) \quad (\text{ec.51})$$

$$H = \underline{2.0\text{m}}$$

5.3.12. Bomba requerida para la pileta.

Datos:

$$H_s = \underline{12.3885\text{m}}$$

$$H_{fp} = 0.007950 * 622.04\text{m} = \underline{4.94\text{m}}$$

ΣH_{floc} = Ver tabla 4.

$$\Sigma H_{floc} = \underline{8.6221\text{m}}$$

$$h_{ex} = \underline{5\text{m}}$$

$$HB = 12.3885 + 4.94 + 8.621 + 5 \quad (\text{ec.47})$$

$$HB = \underline{30.4106\text{m}}$$

5.3.10.2. Potencia requerida en la bomba.

Datos:

$$Q = 9.6\text{ps}$$

$$HB = 30.4106\text{m}$$

Eficiencia de bomba = 70%

$$HP = (9.3 * 30.4106) / (76 * 0.70) \quad (\text{ec.48})$$

$$HP = 5.31\text{hp} \gg \gg \underline{6 \text{ caballos de potencia}}$$

Según este caudal y carga de bombeo requeridos, se requiere la siguiente bomba obtenidas de la curva del fabricante.

Marca >>> GRUNDFOS.

Modelo >>> CR 30-30

Potencia >>> 10HP

5.4. Evaluación del sistema.

La evaluación del sistema se realizó en la subunidad "B" de la unidad N° 6 la cual se puede ver en el plano N° 2.

5.4.1. Coeficiente de uniformidad de la subunidad.

Datos obtenidos de la tabla No 5.

$$\Sigma q_i = 1381.3$$

$$n = 16$$

$$q_a = 1381.3 / 16 = 86.33125$$

$$q_{25} = (71.91 + 76.42 + 77.33 + 81.32) / 4 = 76.745$$

$$CU_{ev} = (76.745 / 86.33125) * 100 \quad (\text{ec.10})$$

$$CU_{ev} = \underline{88.89\%} \quad \text{Ver tabla 1 apéndice 2.}$$

Tabl 5. Tiempos y caudales obtenidos en el aforo realizado en la subunidad evaluada. Campo agrícola de la Facultad de Agronomía, U.A.N.L., 1996.

Ubicación del lateral	Lateral N° 1		Lateral N° 2		Lateral N° 3		Lateral N° 4		
	Micro izq.	Micro der.	Micro izq.	Micro der.	Micro izq.	Micro der.	Micro izq.	Micro der.	
A	1	44.24	42.80	39	39	38.18	39.30	40.25	40.73
	2	43.12	43.62	36	39	37.78	41.05	39.29	41.88
	3	43.23	43.85	37	39	35.36	41.95	38.89	41.98
	Promedio seg.	43.53	43.42	37.33	39	37.11	40.76	39.48	41.53
	q medio (lph)	41.35	41.45	48.21	46.15	48.51	44.15	45.60	43.34
Total recibido (lph)	82.80		94.36		92.66		88.94		
B	1	39.54	41.85	36.0	36	38.0	38.60	40.03	39.31
	2	41.89	41.75	36.0	35	39.59	38.40	41.2	39.98
	3	41.35	39.30	35.0	35.0	37.81	39.20	41.84	39.73
	Promedio seg.	40.93	40.97	35.66	35.33	38.47	38.73	41.02	39.67
	q medio (lph)	43.98	43.94	50.46	50.94	46.79	46.47	43.88	45.37
Total recibido	87.92		101.4		93.26		89.25		
C	1	45.22	43.98	42.0	43.0	42.28	43.85	41.0	42.0
	2	45.04	41.30	41.0	44.0	41.78	42.34	41.0	41.0
	3	46.61	43.68	40.0	43.0	40.87	40.69	42.0	41.0
	Promedio seg.	45.62	42.99	41.0	43.33	41.64	42.29	41.33	41.33
	q medio (lph)	39.45	41.87	43.9	41.54	43.22	42.59	43.55	43.54
Total recibido	81.32		85.44		85.81		87.09		
D	1	47.56	48.66	42.0	43.0	47.57	47.93	49.23	50.96
	2	46.29	45.79	41.0	42.0	47.20	46.46	50.28	50.20
	3	45.36	45.66	42.0	43.0	45.30	48.20	49.50	50.17
	Promedio seg.	46.40	46.70	41.66	42.66	46.69	47.53	47.67	50.44
	q medio (lph)	38.79	38.54	43.2	42.19	38.55	37.87	36.23	35.68
Total recibido	77.33		85.39		76.42		71.91		
CAUDAL MEDIO APORTADO POR EMISOR = 43.165 lph									
CAUDAL MEDIO RECIBIDO POR PLANTA = 86.33125 lph									

Tabla 6. Presiones obtenidas a la entrada y salida de la tubería lateral. Subunidad evaluada en la huerta de nogales. Campo agrícola de la Facultad de Agronomía, U.A.N.L. 1996.

N° Lateral	Entrada		Salida	
	Ramal izquierdo	Ramal derecho	Ramal izquierdo	Ramal derecho
1	3.4m	3.5m	3.3m	3.4m
2	4.1m	3.9m	4.0m	3.2m
3	4.1m	4.0m	4.1m	3.6m
4	3.8m	3.8m	3.8m	3.4m
		Presión media (ha)	3.70625m	
		Sumatoria de presiones (Σh)	59.3	
		Sumatoria de los cuadrados de las presiones $\Sigma(h)^2$	221.17	
		Desviación estandar (S)	0.304343m	

$$S = \sqrt{1.3882 / (16 - 1)} \quad (\text{ec.53})$$

$$S = 0.3042148\text{m}$$

$$C.Vh = 0.3043 / 3.70625 \quad (\text{ec.54})$$

$$C.Vh = \underline{0.0821}$$

Coefficiente de variación de caudales debido a la baja uniformidad de los emisores.

$$CVe = \sqrt{0.0867^2 - (0.49^2 \times 0.0821^2)} \quad (\text{ec.55})$$

$$CVe = \underline{0.0768}$$

Según las normas para un buen funcionamiento del sistema, Pizarro (1986) (18) considera que el coeficiente de variación de caudales debido a la baja uniformidad de los emisores (CVe) debe de mantenerse por debajo de 0.2. En otro caso, los emisores son inadecuados (alto CV) o están obturados. Considera además que, si CVt es inadecuado y $CVe < 0.2$ se deberá comprobar cual de las causas hidráulicas ocasiona la baja uniformidad.

De acuerdo al coeficiente de uniformidad obtenido en la evaluación, es de esperarse que los coeficientes de variación estén por debajo de 0.2., hipótesis que es comprobada con los resultados de variación obtenidos, ya que éstos están por debajo del 0.1, lo cual indica una mínima diferencia de presiones en la subunidad y además un buen funcionamiento de los emisores.

Aunque son mínimas, existen algunas variaciones hidráulicas dentro del sistema (según CVh obtenido), las causas de éstas variaciones se pudieron observar al momento de hacer la evaluación de campo, algunas de éstas son las siguientes: fugas en algunos laterales, reducción de diámetros en laterales con la utilización de niples en fugas arregladas y deformaciones en algunos puntos de los laterales ocasionadas implementos agrícolas y doblez de los mismos.

Según Marshall, J. Mc. Farland (13), uno de los principales problemas en la microirrigación y por lo tanto desventaja, es el obturamiento de los emisores, problema que también se observó en la evaluación del sistema. Las principales causas de obturación observadas fueron por agentes físicos especialmente por insectos y agentes químicos, es decir la alta salinidad existente en el agua para riego. Se deduce pues, que estas obturaciones tuvieron una influencia en la variación de los caudales obtenidos.

5.4.3. Presión en el cabezal.

Se tomó la presión en el cabezal del sistema, para lo cual se utilizaron dos manómetros, uno se instaló antes del sistema de filtrado incluyendo el hidrociclón y filtro de mallas y el otro después del mismo, las presiones obtenidas fueron las siguientes.

Presión antes del sistema de filtrado >>> $0.48\text{kg/cm}^2 = 4.8\text{m}$

Presión después del sistema de filtrado >>> $0.47\text{kg/cm}^2 = 4.7\text{m}$

No se observa diferencia significativa en las presiones obtenidas, lo que indica que la pérdida de carga en el sistema de filtrado es muy pequeña. Esto anterior, se atribuye al hecho de que se realizó una limpieza al hidrociclón y filtro de mallas antes de realizar la evaluación.

5.4.4. Porcentaje de suelo mojado.

En la tabla 7, se puede observar las áreas y los porcentajes de suelo mojado en las plantas evaluadas. Para diseño se utilizó un porcentaje de suelo mojado de 46 %, sin embargo, el resultado promedio obtenido, que es del 11.78% indica que se está un 75% debajo del propuesto. Este porcentaje obtenido no logra alcanzar siquiera el mínimo propuesto por Keller y Karmelli (citado por Pizarro, 18) quienes lo fijan en un 33%, por lo tanto, es de esperarse que no se logre cubrir de agua a las extensas raíces que puede tener un árbol de nogal.

Tabla 7. Areas y porcentajes de suelo mojado por planta en la subunidad evaluada . Huerta de nogales de la Facultad de Agronomía , U.A.N.L 1996.

N° de lateral	Ubicación												
	A			B			C			D			
	Di. mojado	Area/ emisor	A.tot./ arbol	Di. mojado	Area/ emisor	A.tot./ arbol	Di. mojado	Area/ emisor	A.tot./ arbol	Di. mojado	Area/ emisor	A.tot./ arbol	
1	3.2m	8.042m2	16.08m2	3.30	8.55	17.1	3.10	7.54	15.09	3.3	8.55	17.11	
	Porcentaje de suelo mojado 11.17%			11.87%			10.48%			11.87%			
2	3.7	10.75	21.5m2	3.2	3.04	16.08m2	3.10	7.54	15.09m2	3.3	8.55	17.11m2	
	14.93%			11.17%			10.48%			11.87%			
3	3.4	9.08	18.15	3.8	11.34	22.68m2	3.7	10.75	21.5m2	3.1	7.55	15.09m2	
	12.61%			15.75%			14.93%			10.48%			
4	3.5	9.62	19.24	2.9	6.61	13.21m2	3.0	7.07	14.13m2	2.80	6.16	12.32m2	
	13.36%			9.17%			9.81%			8.55%			
Promedio de areas de mojado									16.975m2				
Promedio de los porcentajes de suelo mojado									11.78%				

El porcentaje de suelo mojado tan bajo es, a efecto de un diámetro de alcance muy bajo en los emisores, lo cual a su vez se origina de deficiencias en el sistema, antes mencionadas, como son: presiones de operación muy bajas que tienen su origen en la falta de potencia del equipo de bombeo.

5.4.5. Eficiencia de aplicación.

De acuerdo al diseño, en un tiempo de 2.89hr. se deberían de estar aplicando 492.6litros por árbol, sin embargo, según los gastos obtenidos en la evaluación (tabla 5) se tiene un gasto medio por árbol de 86.33125lph, lo que es un total de 249.49 litros/árbol en un tiempo de 2.89h., lo cual nos da una eficiencia de aplicación de:

$$Ef = (249.49/492.60)(100) = 50.64\% \quad (\text{Ec.5})$$

$$Ef = \underline{50.64\%}$$

Esta eficiencia esta muy por debajo de la aceptable para microaspersión e indica que existe un déficit en la cantidad de agua requerida por cada árbol.

6. CONCLUSIONES.

1. El diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por microaspersión para la huerta de nogales de la Facultad de Agronomía se presenta en el plano 1.
2. El caudal promedio que aporta cada emisor (43.165lph) esta un 50.78% por debajo del caudal medio requerido (85lph), esto es, debido a que la presión media a la que están operando los emisores es de 3.7m, es decir un 63% por debajo de la presión de operación requerida que es de 10m. Lo anterior, tiene su origen en el motor de la bomba, pues éste no esta proporcionando la potencia demandada por el sistema, que es de 10HP.
3. La eficiencia de aplicación del sistema es de un 50.64%, la cual esta muy por debajo de la aceptable para un sistema de microaspersión, indicando esto que existe un déficit en la cantidad de agua aplicada, ya que la profundidad humedecida, es muy baja en relación con la profundidad radicular del nogal.
4. El porcentaje de suelo mojado propuesto en el diseño es de 46%; contra el obtenido en la evaluación, que resulta en un promedio de 11.78%, el cual esta muy por debajo del mínimo aceptable (33%), por lo tanto el área de mojado no es suficiente para cubrir la extensa área radicular que tiene un árbol de nogal.
5. El coeficiente de uniformidad (CUEv) es de 88.89%, lo cual indica que el sistema tiene una buena uniformidad de riego y que cumple con las normas hidráulicas de diseño para diámetros, longitudes y distribución de la tubería, asi como emisores y sistema de filtrado instalados en la huerta de nogales

6. Existen en el sistema, algunas deficiencias en el mantenimiento que tienen una pequeña influencia en los coeficientes de variación totales, entre estas se puede mencionar: fugas en laterales, deformación en las mismas debido al paso de maquinaria, implementos manuales e incluso mordeduras de coyotes, obturamiento de los emisores ocasionado por insectos y por la acumulación de sales procedentes del agua de riego.

7. El dimensionamiento hidráulico instalado en el sistema, en lo que respecta a la distribución, diámetros y longitudes de tubería, es aceptable, ya que esta corroborado con el diseño desarrollado en este trabajo.

7. RECOMENDACIONES.

1. Se requiere la construcción de una pileta de rebombeo, con las siguientes dimensiones: 12m de largo, 12m de ancho y 2.0m de altura. Lo anterior es con el fin de evitar una sobrecarga de operación en la bomba del pozo.

2. En caso de no construirse la pileta de rebombeo, es necesaria la instalación de una bomba sumergible con un caballaje de 10HP, para poder vencer la carga de bombeo y además dar la presión de operación a los emisores.

3. En lo que se refiere al mantenimiento del sistema se recomienda lo siguiente:
 - Revisión constante de fugas en el cabezal y en las líneas de conducción, de haberlas habrá que hacer la reparación de inmediato.
 - Hacer limpieza al filtro de mallas en forma periódica, ya que el uso constante del sistema provoca el taponamiento de las mallas y además puede reducir la presión dentro del sistema.
 - Cambiar los empaques al filtro de mallas ya que con el uso constante, éstos se vencen y deterioran lo que ocasiona fugas de agua.
 - Desarenar las trampas de los hidrociclones cada vez que se limpie el filtro de mallas.
 - Si se observa que algún microaspersor no riega adecuadamente, desmontarlo y verificar que no exista obstrucción en la boquilla o en el dispersor, quitar cualquier basura o agente extraño y montarlo nuevamente.
 - Es necesario purgar la tubería secundaria para evitar obturamientos en las regantes por partículas acumuladas en la tubería secundaria.

3.1. Actividades al iniciar el ciclo de riego.

- * Poner manómetros y mallas a los filtros.
- * Purgar la tubería secundaria y los laterales de riego.
- * Desobturar todos los emisores que estén obturados.

3.2. Actividades al finalizar el ciclo.

- * Desarenar las trampas del hidrociclón y el fondo del filtro de mallas.
- * Vaciar el sistema abriendo las líneas secundarias y los laterales.
- * Quitar los manómetros y cerrar las válvulas del cabezal.
- * Pintar el cabezal y filtros si es necesario.

8. BIBLIOGRAFIA.

1. Anónimo. 1991. Microaspersión en árboles frutales. Agricultura de las Américas. Septiembre octubre pp. 18-25.
2. Anónimo. 1995. Manejo del microriego en cítricos. Agricultura de las Américas. Marzo-abril. pp. 12-19.
3. American Society of Agricultural Engineers. 1995. Design and installation of microirrigation systems. ASAE. Standars. 42nd Edition. December. pp. 720-723.
4. American Society of Agricultural Engineers. 1995. Field evaluation of microirrigation systems. ASAE. Standars. 42nd Edition. December. pp. 756-761.
5. Brison F., R. 1976. Cultivo del nogal pecanero. Traducción de Garza F., Federico. Comisión nacional de fruticultura, México.
6. Cortes O., D. et al y otros. 1989. Guía para el cultivo de nogal en el estado de Nuevo León. Centro de investigaciones forestales y agropecuarias del estado de N.L. Campo experimental General Terán. Octubre 1989.
7. De Santa Olalla, M, F.M. y J.A. De Juan, V. 1993. Agronomía del riego. Ediciones Mundi-Prensa. México.
8. García, C., I. 1994. El riego y la productividad en el nogal. Memorias 2a reunión técnica regional sobre el nogal pecanero. San Nicolas de los Garza, N.L. pp. 76-91.

9. Godoy A., C. y Lagarda M.,A. 1978. Efecto de 3 frecuencias de riego sobre el desarrollo del nogal. Instituto nacional de investigaciones agrícolas. Centro de investigaciones agrícolas del norte. Informe de investigaciones en fruticultura 1978: 25-40.
10. Bucs, D.A. and Nakayama, F.S. 1982. Principles, practices, and potentialities of trickle (drip) irrigation. Advances in Irrigation. Edited by Hillel, D. Ed. Academic Press, Inc. (London) LTD. U.S.A. Vol. 1. pp. 219-239.
11. León N. y Guy F. Planning and Operating Orchard drip Irrigation systems. Texas Agricultural Extension Service.
12. Luna L., F. 1979. El nogal: producción de fruto y de madera. Publicación de extensión agraria. Madrid, España.
13. Marshall J., F. Análisis de alternativas, selección de sistemas de riego y administración. 3er Simposium Internacional de Nogales.
14. Martínez, E., R. 1991. Riego localizado, diseño y evaluación. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de irrigación. México. p. 160.
15. Medina S.J., J.A. 1988. Riego por goteo. Teoría y práctica. 3a Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 256.
16. Orilani, M. et al. 1972. Curso de riego para agricultores. Instituto Nacional de Tecnología. Argentina.

17. Piña, D., A. y E. Arreola V. Métodos avanzados de riego. Riego por goteo. Tomo 1.
18. Pizarro C.,F. 1986. Riegos localizados de alta frecuencia. Ediciones Mundi-Prensa. España. p. 461.
19. Ramos G., A. 1989. Evaluación de tres fungicidas sistémicos (Tilt, Tecta-60 y topas) inyectados al suelo para el control de la pudrición texana, (*Phymatotrichum omnivorom* en nogal en Marín N.L. Tesis FAUANL. Marín N.L.
- 20 Soto C., V.M. 1981. Análisis de factores que influyen en la producción del nogal pecanero (*Carya illinoensis*, Koch) en la región de Jiménez Chih. Tesis del ITESM DECAM. Monterrey N.L.
21. Worthington, J.,W.,Lasswell, J., Stein, L.A. and Mc Farland, M.J. 1988. Now that you're decided to irrigate...How much?...When?...Pecan South. March-April. Vol. 22(2): 6-15.

II. APENDICE (Diseño).

Tabla 1. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES REPORTADAS POR EL DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA DE LA F.A.U.A.N.L. MARIN N.L.

Altitud: 367.3m

Longitud: 100 03' W

Latitud: 25 56' N

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1985	10.9	14.8	21.6	23.2	27.1	28.5	29.4	30.1	28.5	25.0	21.0	13.3
1986	14.4	18.0	21.4	25.5	26.1	27.1	29.0	31.3	27.5	22.3	15.4	12.15
1987	11.8	14.7	16.0	20.5	25.0	27.0	28.0	30.0	26.0	22.0	17.0	15.0
1988	10.0	14.4	19.0	23.0	28.0	27.0	29.5	28.0	26.0	22.0	20.0	14.5
1989	16.5	15.0	20.0	24.0	28.5	30.0	29.0	28.5	26.0	21.0	18.5	10.5
1990	16.5	18.0	20.0	25.0	28.0	31.0	28.5	29.0	26.0	22.0	19.3	13.6
1991	14	17.0	22.0	25.5	27.5	29.0	28.0	29.5	24.5	22.5	14.0	16.0
1992	13.0	14.4	20.5	22.7	23.0	31.4	30.0	30.5	27.9	24.0	16.0	15.0
1993	15.3	17.6	19.5	22.0	25.5	28.0	29.0	29.0	26.0	22.0	16.6	16.0
1994	13.5	15.5	20.0	23.2	27.0	31.0	31.5	29.5	26.5	25.0	22.0	16.6
SUMA	135.9	159.4	200	234.6	265.7	290.0	291.9	295.4	265.2	227.8	179.8	143.0
PROM.	13.59	15.94	20.0	23.46	26.57	29.0	29.19	29.54	26.52	22.78	17.98	14.3

Tabla 2. EVAPORACION PROMEDIO DIARIA EN EL MES REPORTADA POR EL DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA DE LA F.A.U.A.N.L. MARIN N.L.

Latitud: 25° 53' N

Longitud: 100° 03' W

Altitud: 367.3m

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1985	1.8	2.57	4.87	5.3	6.8	7.36	8.16	9.09	6.83	4.64	2.83	2.17
1986	3.38	4.84	6.9	6.3	7.29	7.03	8.9	9.03	5.57	3.66	2.58	1.45
1987	2.28	3.22	4.54	6.1	6.33	10.8	8.11	6.84	5.21	6.11	2.9	3.24
1988	1.63	3.22	6.5	6.85	6.7	7.14	6.38	4.77	4.43	3.58	3.83	2.49
1989	1.85	2.81	5.87	5.55	5.91	8.33	6.38	7.15	5.68	5.31	4.38	2.19
1990	3.58	4.7	4.13	5.71	8.85	11.14	7.98	7.29	5.55	4.6	3.85	3.34
1991	2.12	3.9	6.88	7.87	7.69	9.94	7.20	8.62	3.81	4.12	3.48	1.96
1992	2.17	3.49	4.92	5.02	4.89	8.48	10.52	7.79	5.85	5.15	3.32	2.48
1993	2.95	3.77	5.46	5.94	6.28	4.93	9.11	9.21	6.11	4.38	2.48	2.83
1994	2.76	2.91	5.4	6.66	6.81	8.16	9.48	8.23	5.48	5.25	4.37	2.68
SUMA	24.5	35.43	55.47	61.3	67.6	83.3	82.2	78.0	54.5	46.8	34.0	24.8
PROM.	2.45	3.54	5.54	6.13	6.76	8.33	8.22	7.8	5.45	4.68	3.4	2.48

Tabla 3. Valores de coeficiente de uniformidad (CU) recomendados para sistemas de microirrigación.

Emisores	Pendiente (i)	CU	
		Clima árido	Clima húmedo
Emisores espaciados mas de 4m en cultivos permanentes.	Uniforme (i < 2%)	0.90 - 0.95	0.80 - 0.85
	Uniforme (i > 2%) u ondulada	0.85 - 0.90	0.75 - 0.80
Emisores espaciados menos de 2.5m en cultivos permanentes o semipermanentes.	Uniforme (i > 2%) u ondulada	0.80 - 0.90	0.70 - 0.80
	Uniforme (i > 2%) u ondulada	0.80 - 0.90	0.70 - 0.80
Mangueras o cintas de axudación en cultivos anuales.	Uniforme (i < 2%)	0.80 - 0.90	0.70 - 0.80
	Uniforme (i > 2%) u ondulada	0.70 - 0.85	0.65 - 0.75

Tabla 4. Valores de M recomendados por Keller para el número de diámetros que se vayan a emplear en una misma tubería.

	M
Diámetro constante	4.3
2 diámetros	2.7
3 diámetros	2.0

Tabla 5. Ecuaciones hidráulicas aplicables a la microirrigación.

Régimen	Re	Nombre de la fórmula	$d(m)$ $v(m^2/sg)$ $v(m/sg)$ $q(m^3/sg)$ $g(m^2/sg)$	$d(mm)$ $v(m^2/sg)$ $q(l/h)$ $v(m/sg)$
Todos	Todos	Darcy-Weisbach	$J = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$	$J = 6.37 f \frac{q^2}{d^5}$
Laminar	< 2.000	Hagen-Poiseuille	$J = \frac{64}{Re} \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$	$J = 1.153 \cdot 10^6 \frac{q \cdot v}{d^4}$ $*J = 1.16 \frac{q}{d^4}$
Crítico y turbulento liso	2.000 - 10^5	Blasius	$J = 0.025 \cdot 10^{0.25} \cdot d^{-4.75} \cdot q^{1.75}$ $*J = 0.00078 \cdot d^{-4.75} \cdot q^{1.75}$	$J = 14.94 \cdot 10^{0.25} \cdot d^{-4.75} \cdot q^{1.75}$ $*J = 0.473 \cdot d^{-4.75} \cdot q^{1.75}$
Turbulento intermedio y turbulento rugoso	$10^5 - 10^6$	Veronese-Datei	$*J = 0.000894 \cdot d^{-4.80} \cdot q^{1.80}$	$*J = 0.355 \cdot d^{-4.80} \cdot q^{1.80}$
			$v = 0.354 \cdot \frac{q}{d^2}$ $Re = 3.537 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{q}{d \cdot v}$ $*Re = 352.64 \cdot \frac{q}{d}$	

* Para $t = 20^\circ C$ ($v = 1.003 \cdot 10^{-6} m^2/sg$).

Tabla 6. Coeficientes de Christiansen utilizados para diseño de sistemas de microirrigación.

n	$t_0 - S_e$										
	$\beta = 1,75$	$\beta = 1,80$	$\beta = 1,85$	$\beta = 1,90$	$\beta = 2,00$	n	$\beta = 1,75$	$\beta = 1,80$	$\beta = 1,85$	$\beta = 1,90$	$\beta = 2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,365	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,338
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338						
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337						
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335						
∞	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333						

En RLAI se recomienda $\beta = 1,75$

Tabla 7. Valores de cálculo para laterales alimentados por un punto intermedio.

d/hfl	x/l	m	t
0.0	0.50	0.11	0.149
0.1	0.55	0.12	0.148
0.2	0.6	0.13	0.154
0.3	0.65	0.16	0.165
0.4	0.69	0.20	0.169
0.5	0.72	0.23	0.165
0.6	0.75	0.26	0.163
0.7	0.79	0.31	0.173
0.8	0.81	0.34	0.163
0.9	0.83	0.37	0.154
1.0	0.85	0.41	0.146
1.1	0.87	0.45	0.138
1.2	0.89	0.48	0.132
1.3	0.91	0.53	0.126
1.4	0.92	0.55	0.111
1.5	0.93	0.57	0.097
1.6	0.94	0.59	0.084
1.7	0.95	0.62	0.072
1.8	0.96	0.64	0.062
1.9	0.97	0.67	0.052
2.0	0.98	0.70	0.043
2.1	0.98	0.70	0.029
2.2	0.99	0.72	0.022
2.3	0.99	0.72	0.012
2.4	1.00	0.75	0.007
2.5	1.00	0.75	0.001
2.6	1.00	0.75	0.001
2.7	1.00	0.75	0.001
2.75	1.00	0.75	0.001

Tabla 8. Especificaciones de mallas metálicas para filtros utilizados en los sistemas de microirrigación, según dos fabricantes.

USA/CANADA			U S A			
ASTM E 11-81 (1981)			S E R I E T I L E R			
D.N.M.	D.N.A.	DESIG- NACION	D.N.M.		DESIG- NACION	ABERTURA CORRESP.
			PRIN- CIPAL	SUPLE- MENTA- RIA		
mm	mm	No.	mm	mm	mesh	mm
5.6	1.680	3.5		5.613	3.5	5.600
4.75	1.540	4	4.70	4.700	4	4.750
4.00	1.370	5		3.962	5	4.000
3.35	1.230	6	3.327	3.950	6	3.350
2.80	1.100	7		2.794	7	2.800
2.36	1.000	8	2.362	2.362	8	2.360
2.00	0.900	10		1.981	9	2.000
1.70	0.810	12	1.651	1.651	10	1.700
1.40	0.725	14		1.397	12	1.400
1.18	0.650	16	1.168	1.168	14	1.180
1.00	0.580	18		0.991	16	1.000
0.850	0.510	20	0.833	0.833	20	0.850
0.710	0.450	25		0.701	24	0.710
0.600	0.390	30	0.589	0.589	28	0.600
0.500	0.340	35		0.495	32	0.500
0.425	0.290	40	0.417	0.417	35	0.425
0.355	0.247	45		0.351	42	0.355
0.300	0.215	50	0.295	0.295	48	0.300
0.250	0.180	60		0.246	60	0.250
0.212	0.152	70	0.208	0.208	65	0.212
0.180	0.131	80		0.175	80	0.180
0.150	0.110	100	0.147	0.147	100	0.150
0.125	0.091	120		0.124	115	0.125
0.106	0.076	140	0.104	0.104	150	0.106
0.090	0.064	170		0.089	170	0.090
0.075	0.053	200	0.074	0.074	200	0.075
0.063	0.044	230		0.061	250	0.063

D.N.M. = Dimensión Nominal de Malla
D.N.A. = Diámetro Nominal de Alambre

Tabla 9. Velocidad real recomendada en filtros de malla.

Tamaño del orificio (micras)	Clase de agua	Velocidad (m/seg)
300 - 125	Limpia	0.4 - 0.9
300 - 125	Con algas	0.4 - 0.6
125 - 75	Cualquiera	0.4 - 0.6

Tabla 10. Pérdidas de carga en válvulas y conexiones para tuberías hidráulicas.

PERDIDA DE CARGA EN VALVULAS Y CONEXIONES

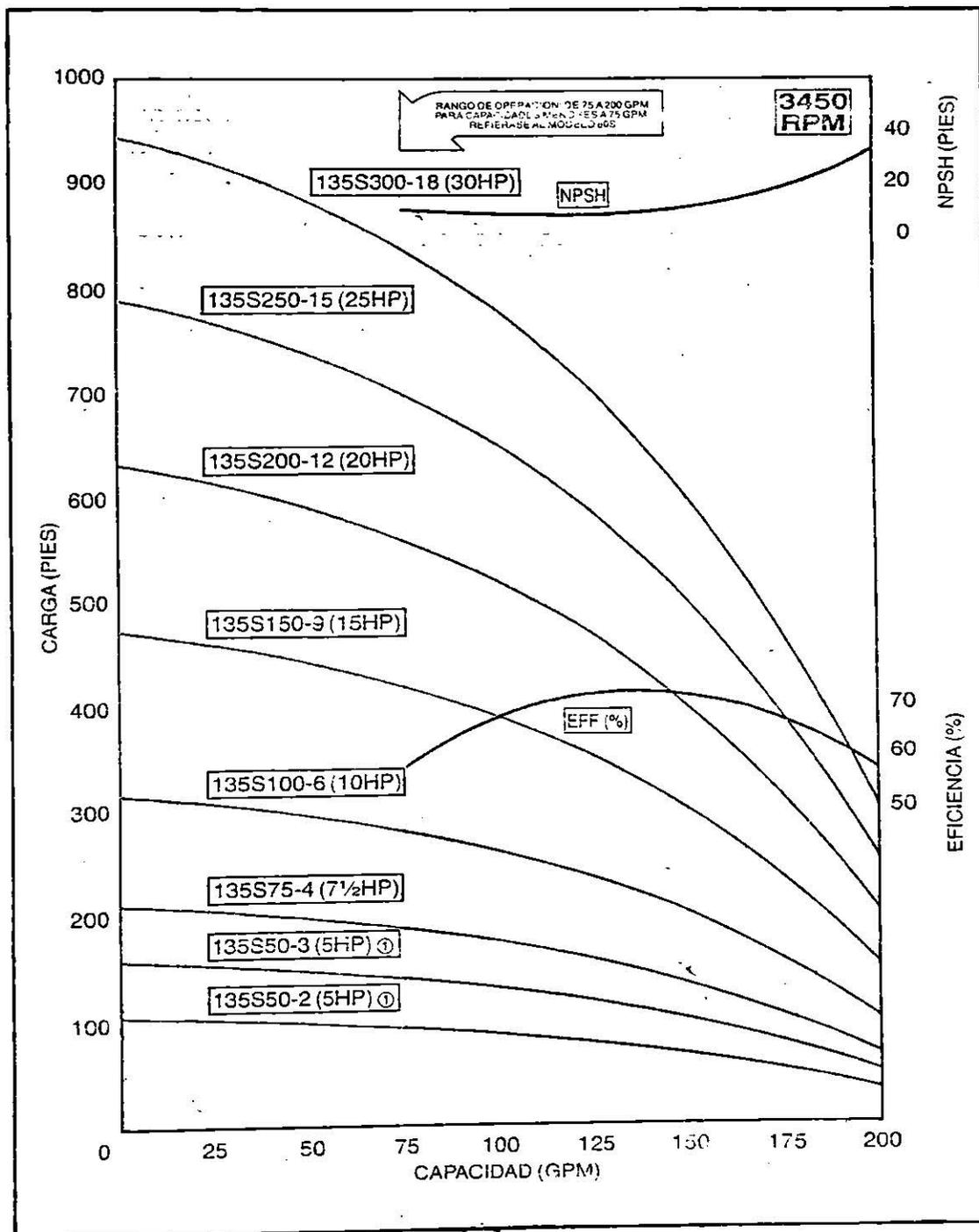
El cambio brusco de dirección del flujo en una tubería por medio de Codos, Tee, Válvulas y curvas causa pérdidas de presión. Es práctica común expresar esta pérdida en términos de un equivalente de longitud de tramo recto de tubería del mismo diámetro. Por ejemplo: La pérdida de carga en un codo de 2" equivale a la que se originaría en un tramo recto de tubo de igual diámetro y de 1.676 m de longitud.

La tabla siguiente contiene pérdidas de carga para las piezas más usuales expresadas en metros, de tramos rectos de tubería del diámetro correspondiente.

RESISTENCIA EN VALVULAS Y CONEXIONES

DIAMETRO DEL TUBO		CODO STANDARD	CODO DE RADIO MEDIO	CODO DE RADIO GRANDE	CODO DE 45°	TE	CURVA DE RETORNO	VALVULA DE COMPUERTA ABIERTA	VALVULA DE GLOBO ABIERTA	VALVULA DE ANGULO ABIERTA
mm	PULG	LONGITUD DE TRAMO RECTO EQUIVALENTE A LA RESISTENCIA AL ESCURRIMIENTO								
13	1/2"	0.457	0.427	0.335	0.235	1.036	1.158	0.106	4.877	2.560
19	3/4"	0.671	0.548	0.427	0.305	1.372	1.524	0.143	6.705	3.658
25	1"	0.823	0.701	0.518	0.396	1.768	1.859	0.163	8.230	4.672
32	1 1/4"	1.128	0.914	0.732	0.488	2.377	2.591	0.244	11.278	5.486
38	1 1/2"	1.311	1.097	0.853	0.610	2.743	3.040	0.290	13.411	6.705
51	2"	1.676	1.402	1.067	0.762	3.353	3.962	0.366	17.374	8.534
64	2 1/2"	1.981	1.646	1.280	0.914	4.267	4.572	0.427	20.117	10.058
76	3"	2.469	2.073	1.554	1.158	5.182	5.485	0.518	25.908	12.602
89	3 1/2"	2.896	2.438	1.829	1.341	5.791	6.401	0.610	30.175	15.240
102	4"	3.353	2.774	2.134	1.524	6.706	7.315	0.701	33.528	17.678
114	4 1/2"	3.658	3.048	2.408	1.707	7.315	8.230	0.792	39.624	18.593
127	5"	4.267	3.658	2.713	1.859	8.230	9.449	0.884	42.672	21.339
152	6"	4.677	4.267	3.353	2.347	10.058	11.278	1.067	48.758	25.236
203	8"	6.401	5.485	4.267	3.048	13.106	14.935	1.372	67.056	33.528
254	10"	7.925	6.706	5.182	3.962	17.089	18.593	1.737	88.392	42.672
305	12"	9.754	7.025	6.096	4.572	20.117	22.250	2.042	103.632	51.815
355	14"	10.973	9.449	7.010	5.182	23.155	25.908	2.436	116.872	57.012
406	16"	12.602	10.668	8.230	5.791	26.518	30.460	2.743	131.064	67.056
457	18"	14.021	12.192	9.144	6.401	30.480	33.528	3.109	152.400	76.200
508	20"	15.650	13.106	10.363	7.010	33.528	35.576	3.658	170.688	85.344
559	22"	17.678	15.240	11.278	7.620	39.624	42.672	3.962	185.928	94.183
610	24"	19.202	16.134	12.192	8.534	42.672	45.720	4.267	207.264	100.832
762	30"	24.079	20.725	15.240	10.668	50.250	57.012	5.162	262.123	120.015
914	36"	28.351	21.679	18.288	13.106	60.350	67.058	6.050	304.800	152.400
1067	42"	36.517	24.656	21.945	15.240	78.052	72.243	7.010	365.750	182.532
1219	48"	41.142	28.523	24.994	17.678	86.320	91.410	7.925	428.720	207.264

Figura 1. Curvas de rendimiento para selección de la bomba obtenida del catálogo de bombas sumergibles marca Grundfos.



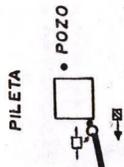
III. APENDICE (Evaluación)

Tabla 1. Rangos de clasificación, de acuerdo al coeficiente de uniformidad (CU) obtenido en la evaluación de un sistema de microirrigación.

Valor del CU	Condición de operación del sistema
CU>90%	Excelente
80%<CU<90%	Buena
70%<CU<80%	Regular
CU<70%	Mala

Tabla 2. Clasificación de la uniformidad en función del coeficiente de variación total de caudales (CVt).

CVt	Uniformidad
> 0.4	Inaceptable
0.4 - 0.3	Baja
0.3 - 0.2	Aceptable
0.2 - 0.1	Muy buena
0.1 - 0	Excelente



INFORMACION GENERAL DE LA HUERTA.

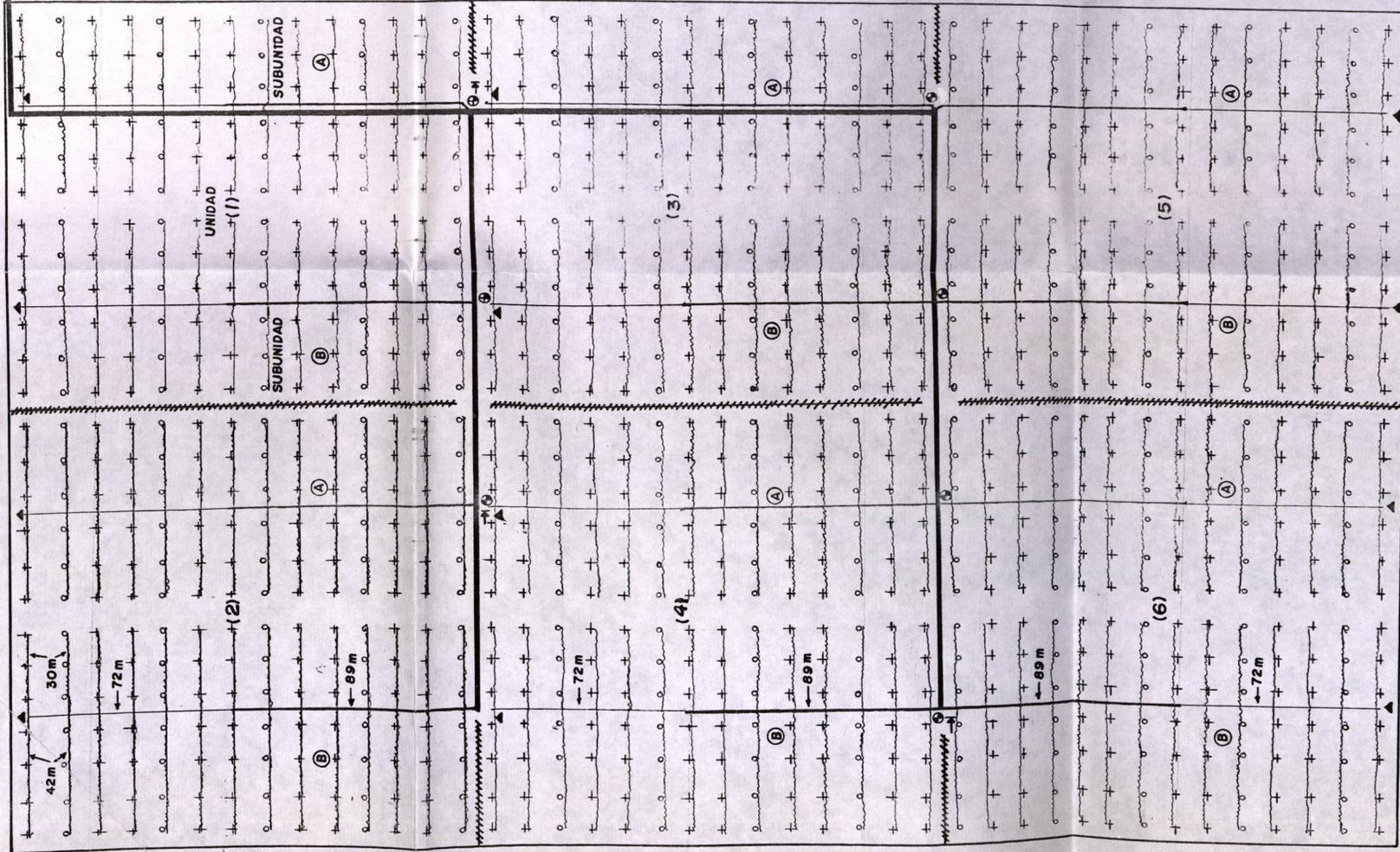
AREA.....	15.12has	0.0% E-W
PENDIENTE.....	0.37% N-S	
TEXTURA DE SUELO.....	ARSILLOSA	
CULTIVO.....	NOGAL	
VARIETADES.....	WICHITA Y WESTERN	
ESPACIAMIENTO.....	12 x 12m	

INFORMACION BASICA DEL SISTEMA

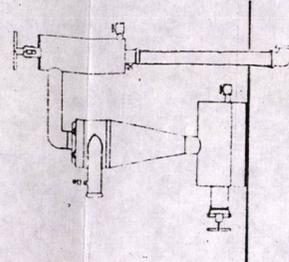
FUENTE DE ABASTECIMIENTO.....	POZO
NIVEL ESTATICO.....	3.0m
NIVEL DINAMICO.....	10.0m
CAUDAL DISPONIBLE.....	9.3lps
SISTEMA DE RIEGO.....	MICROASPERSION
VOLUMEN DE RIEGO.....	493litros/planta/dia
NUMERO DE UNIDADES.....	6
NUMERO DE SUBUNIDADES.....	12
TIEMPO DE RIEGO.....	2:53'
PORCENTAJE DE SUELO MOJADO.....	48%
MARCA DEL EMISOR.....	REX-DOR (Netafim)
MODELO DEL EMISOR.....	801
CAUDAL DEL EMISOR.....	85lph
PRESION DE OPERACION DEL EMISOR.....	1.0kg/cm ²
DIAMETRO DE MOJADO DEL EMISOR.....	6.5m
N° DE EMISORES POR PLANTA.....	2
TUBERIA.....	REXOLIT PVC II
DIMENSIONES DE PILETA.....	L=12m A=12m l=2m

LEYENDA.

- () UNIDAD.
- SUBUNIDAD.
- EQUIPO DE FILTRACION.
- ←a EQUIPO DE BOMBEO.
- ⊙ VALVULA MANUAL DE CONTROL DOBLE.
- ⊕ VALVULA MANUAL DE CONTROL SENCILLA.
- +— PURGADOR DE AIRE.
- ▲ VENTOSA PARA PURGAR TUBERIA SECUNDARIA.
- TUBERIA PRINCIPAL CON DIAMETRO INTERIOR DE 109.8mm.
- ▬— TUBERIA SECUNDARIA (Tramo N° 1) CON DIAMETRO DE 84.55mm.
- ▬— TUBERIA SECUNDARIA (Tramo N° 2) CON DIAMETRO DE 56.55mm.
- ▬— TUBERIA LATERAL CON DIAMETRO DE 13.2mm.
- VARIEDAD WICHITA.
- + VARIEDAD WESTERN.
- ==== DIVISION DE UNIDADES

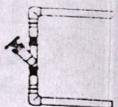


FILTRACION

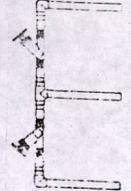


ESQUEMA DE EQUIPO DE FILTRACION MODELO CIELOWALLAS

VALVULAS



VALVULA SENCILLA



VALVULA DOBLE

EMISOR



MICROASPERSOR MOD. 801

U. A. N. L.

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

CAMPO EXPERIMENTAL "MARIN"

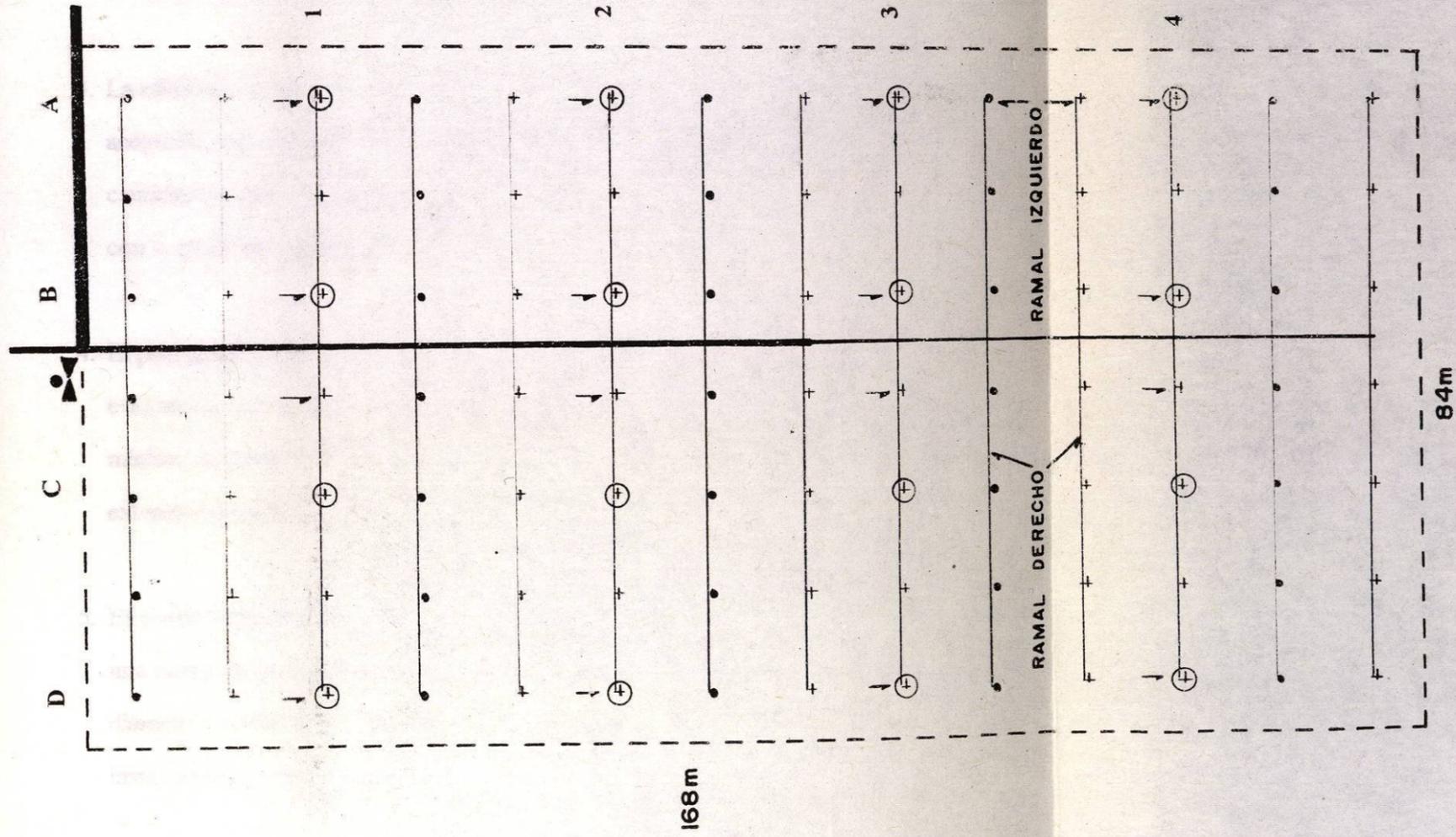
PLANO: SISTEMA DE RIEGO EN HUERTA DE NOGAL

DISEÑO Y DIBUJO: LUIS ALBERTO PEÑA GARZA

ASESORO: DR. JUAN F. PISSANI Z.

PLANO N° 1

ESC. 1:1500



LEYENDA.

- VARIEDAD WICHITA.
- + VARIEDAD WESTERN.
- PUNTO DE AFORO.
- ↓ PUNTO DE TOMA DE PRESION.
- TUBERIA PRINCIPAL.
- TUBERIA SECUNDARIA (Tramo N° 1).
- TUBERIA SECUNDARIA (Tramo N° 2).
- TUBERIA LATERAL.
- ▲ VALVULA DE CONTROL DOBLE.
- PURGADOR DE AIRE.

INFORMACION GENERAL.

UNIDAD >>>>>>>>>> 6
 SUBUNIDAD >>>>> B
 PLANTAS EVALUADAS >>>> 16

U.A.N.L.	FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA	
PLANO N° 2	
SUBUNIDAD DE RIEGO EVALUADA EN LA HUERTA DE NOGALLES DEL CAMPO EXPERIMENTAL, MARIN N.L.	
DIBUJO: DR. JUAN F. PISSANI	
ASESORO: LUIS ALBERTO PEÑA GARZA	ESCALA 1:750
FECHA 26-11-96	

