



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica

**“ DISEÑO HIDRAULICO DE UNA RED DE RIEGO POR
MICROASPERSION PARA MANGO EN UN MODULO
EXPERIMENTAL .”**

Proyecto de Grado
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:
Ingeniero Mecánico

Realizado por :

JOSE ARISTIDES MARTIN ANTEPARA

Guayaquil - Ecuador

1993

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. Victor H. Gonzalez,
Director del Proyecto, por su
ayuda y colaboración para la
realización de este trabajo.
- A IQUIASA por el apoyo y
asesoramiento técnico dado en
cuanto a materiales e instala-
ción.
- A ETERPLAST por el apoyo en
cuanto a materiales para el
proyecto.
- A RAIN BIRD por su ayuda en
cuanto a materiales para la
realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A LA DRA. LYLLY ANTEPARA



BIBLIOTECA

DECLARACION EXPRESA

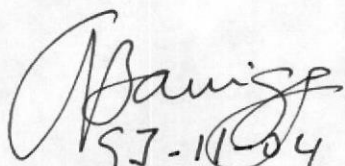
" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado me corresponde exclusivamente; y , el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Tópicos de Graduación).



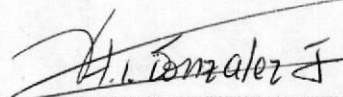
JOSE ARISTIDES MARTIN ANTEPARA




57-1104

Dr. Alfredo Barriga

Decano
Facultad de Ingenieria
en Mecánica



Ing. Victor H. Gonzalez

Director de
Proyecto de Grado



Ing. Manuel Helguero

Miembro del Tribunal
de Grado



Ing. Wilson Suarez

Miembro del Tribunal
de Grado

RESUMEN

En el siguiente proyecto se realizó un trabajo práctico de diseño para un sistema de riego por microaspersión para un módulo experimental de 1/20 ha.

El diseño se lo realizó en base a parámetros técnicos como, tiempo de riego, disposición del cultivo, requerimiento hídrico del cultivo, etc.

Todo esto se lo proyecta a una extensión de 50 ha. para una finca, tomando en cuenta las horas y días laborales, esto es que el riego se lo realiza de lunes a sábados, teniendo libres los domingos.

En este trabajo también se hará referencia a ciertos parámetros agrícolas que intervienen directamente en un cultivo, como son: pluviometría, temperatura y la evapotranspiración.

Se destaca también que la funcionabilidad del sistema en el módulo experimental será automatizada por medio de computador y válvulas solenoides.

Realizar paralelamente un análisis de costos para el proyecto a 50 ha. tomando en cuenta costo de tuberías, accesorios, motor, bomba y mano de obra.

INDICE GENERAL

	<u>PAG.</u>
RESUMEN.	6
INDICE GENERAL.	7
INDICE DE FIGURAS.	9
INDICE DE TABLAS.	11
ABREVIATURAS.	12
INTRODUCCION	14
CAPITULO I "CONDICIONES DE DISEÑO"	17
1.1 EVAPOTRANSPIRACION	17
1.2 DISPOSICION DEL CULTIVO	28
1.3 REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL MANGO	31
CAPITULO II "DISEÑO E INSTALACION DEL SISTEMA"	40
2.1 DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA PARA UN MODULO EXPERIMENTAL	40
2.2 CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERIAS Y ACCESORIOS	46
2.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LA BOMBA	66
2.4 CALCULO DE POTENCIA DEL MOTOR	67
2.5 INSTALACION DEL SISTEMA	
CAPITULO III "PROYECCION PARA UN CULTIVO DE 50 HAS."	82
3.1 CONDICIONES DE DISEÑO.	82
3.2 DISEÑO DE LA RED.	85
3.3 CAPACIDAD DE LA BOMBA.	89
3.4 POTENCIA DEL MOTOR.	90



BIBLIOTECA

3.5 ANALISIS ECONOMICO..	95
ANALISIS DE RESULTADOS	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
APENDICE	105
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	114

INDICE DE FIGURAS

<u>NO</u>		<u>PAG.</u>
1	Representación del equilibrio entre la condensación y la evaporación.	19
2	Monograma de Holdrige	26
3	Sistema Cuadrado	30
4	Sistema de Bolillo	30
5	Representación gráfica del área de cultivo y su respectiva disposición.	32
6	Diseño gráfico del área experimental	47
7	Diagrama de Moody	50
8	Diagrama de Moody Modificado para cálculo de diámetros	55
9	Puntos de Pruebas	70
10	Area experimental considerada	73
11	Area y equipo funcionando	74
12	Accesorios utilizados en la red experimental	75
13	Instalación de manómetro	76
14	Instalación de Válvula solenoide	77
15	Instalación de estaca porta microaspersor y microaspersor.	78
16	Instalación de tubería primaria y válvula solenoide	79
17	Instalación de tubería secundaria y terciaria, codo, reductor, tee y pegamento	80

18	Tendido de tuberías primarias, secundarias, terciarias y microaspersor	81
19	Esquema gráfico del diseño	86
20	Características de la Bomba	93
21	Características del Motor	94
22	Cultivo de melón asociado con un cultivo de Mango	98
A1	Pluviometría Promedio	106
A2	Microaspersor RAIN BIRD	107
A3	Regla de cálculo RAIN BIRD	108
A4	Instalación	109
A5	Cultivo Solo	110
A6	Cultivo asociado	111

INDICE DE TABLAS

<u>NO</u>		<u>PAG.</u>
1	TEMPERATURA	34
2	PLUVIOMETRIA	35
3	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	39
4	DISTRIBUCION DE AGUA POR AROS	46
5	COEFICIENTE K_f DE PERDIDAS PARA CONTRACCION REPENTINA	60
6	COEFICIENTE K DE PERDIDAS EN VALVULAS Y CODOS	61
7	COEFICIENTE K_f DE PERDIDAS EN TEES	61
8	CAIDA DE PRESION A TRAVES DE UNA VALVULA SOLENOIDE	62
9	RESULTADOS EXPERIMENTALES, CAUDALES	71
10	DATOS EXPERIMENTALES DE PRESION	73
11	PRESUPUESTO PARA LA PROYECCION A 50 Ha., JULIO/93	96
A1	DATOS DEL MICROASPIERSOR RAIN BIRD	112
A2	CRONOGRAMA PARA CULTIVO DEL MANGO	113

ABREVIATURAS

A	Área
Ha.	Hectárea
PE	Tubería polietileno de baja densidad
μ PVC	Tubería plástica de presión
ETa	Evapotranspiración actual
ETm	Evapotranspiración máxima
ETr	Evapotranspiración real
ETp	evapotranspiración potencial
Q	Caudal
H _{ma}	Presión de trabajo del microaspersor
D	Diámetro de la tubería
Tr	Tiempo de riego
g	Gravedad
V	Velocidad
H _{rT}	Pérdida de carga a través de tuberías
Re	Número de Reynolds
e/D	Rugosidad relativa
P	Potencia
p	Presión
e	Rugosidad absoluta
hr	Pérdidas de carga por contracción repentina
h	Pérdidas de carga por obstrucciones
H _t	Pérdida de carga totales
Ne	Eficiencia
Pe	Peso específico

v	Viscosidad cinemática
f	Factor de fricción
L	Longitud
t	Tiempo
seg.	Segundo.
msnm	Metros sobre el nivel del mar
RHM	Requerimiento Hidrico del Mango
GPM	Galones por Minuto
LPH	Litros por Hora
PSI	Libras por pulgada cuadrada
HP	Caballos de fuerza

INTRODUCCION

El riego agrícola, no es algo nuevo, ya que podemos observar a lo largo de la historia, que ha estado ligado muy estrechamente con el hombre y su supervivencia, ya que el hombre ha observado que gracias al regadío de sus parcelas a aumentado su producción, primero para alimentarse el y su familia, y luego para ser una fuente de ingresos.

Como podemos darnos cuenta si la agricultura es antigua, entonces el riego es igualmente antiguo.

En la actualidad, en que vivimos en un mundo de consumo, se busca que toda producción sea óptima, entonces para tener una producción agrícola óptima necesitamos de un sistema de riego.

Dandonos cuenta del enorme potencial agrícola que tiene nuestro país el ECUADOR podemos ver que el riego es un tema de suma importancia.

Existen varios tipos de sistemas de riego utilizados en la agricultura para diferentes cultivos.

Es importante señalar que su clasificación se debe a diferentes factores, requerimientos hídricos del cultivo,



la disponibilidad de agua en la zona del cultivo, disposición del cultivo, datos meteorológicos de la zona, etc.

Dependiendo de esto es que podemos decir que hay sistemas de riego de: bajo caudal, medio caudal, y alto caudal.

El riego de bajo caudal es el que se utiliza en sistemas por goteo y sistemas por microaspersión. El riego de medio caudal es el que se utiliza en sistemas de aspersión sub-foliar. El riego de alto caudal es el que se utiliza en sistemas de riego de aspersión sobrefollaje.

En el presente tópico el trabajo se desarrollara alrededor del sistema de riego de bajo caudal, mas específicamente el riego por microaspersión.

El motivo de seleccionar dicho sistema se debió: cultivo, costo, y consumo de agua. El cultivo a desarrollarse es el mango, que es un árbol de ciclo largo. El costo del sistema es relativamente bajo y sencillo. El consumo de agua es muy bien aprovechado sin mucho desperdicio.

El trabajo de este proyecto práctico-experimental es considerar todos los parámetros técnicos para realizar los cálculos y el diseño de la red experimental de riego, en el módulo asignado por la FIM. Se hizo todo este trabajo con la finalidad que el sistema proyectado sea lo más eficiente posible, para que de esta manera cubra las

espectativas de un incremento de producción por el riego, pero observando siempre que el costo de la inversión y operación del sistema sea el menor posible.

CAPITULO I

CONDICIONES DE DISEÑO

1.1 EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración es un término agrícola que es muy importante para la determinación del requerimiento hídrico de un cultivo.

La palabra es una fusión de dos palabras conocidas por todos nosotros, la primera, que es la evaporación, y la segunda que es la transpiración. Hablemos un poco de cada una de ellas.

Evaporación, es un fenómeno que ocurre cuando la energía solar produce en la superficie libre del agua una vibración molecular la cual hace que la energía cinética aumente. Esta vibración llega a un punto en el cual las moléculas se desprenden y salen a la atmósfera.

Por encima de la lámina de agua se van acumulando estas partículas de evaporación creando la llamada presión de vapor, que ejerce una presión parcial con los otros gases de la atmósfera.

Esta presión de vapor es directamente proporcional a la temperatura existente. Cuando la cantidad de

moléculas de agua llega a un máximo en el aire, a una temperatura determinada, se dice que está en el punto de saturación, de allí en adelante, si disminuye la temperatura, comienza el proceso de condensación de esas partículas originando un regreso hacia la superficie. Esta temperatura límite es llamada temperatura de rocío.

Existe una correlación entre el grado de saturación de la atmósfera y el grado de evaporación del agua, cuando la presión de vapor es baja en el aire, es mayor el grado de evaporación, estableciéndose estados de equilibrio, cuando hay un exceso de saturación, comienza el retorno por condensación, y cuando hay una diferencia entre la humedad del aire y la superficie acuífera, la diferencia será equilibrada con la presión de vapor del agua o que la temperatura aumente.

En la figura Nº 1 es evidente que se establecen estados de equilibrio, cuando la cantidad de moléculas de la superficie libre del agua se iguala a la cantidad que retorna por condensación. El espacio está saturado y se establece un equilibrio entre la presión de las moléculas que escapan y la presión atmosférica. Los factores que afectan a la evaporación son:

Equilibrio: evaporacion = condensacion

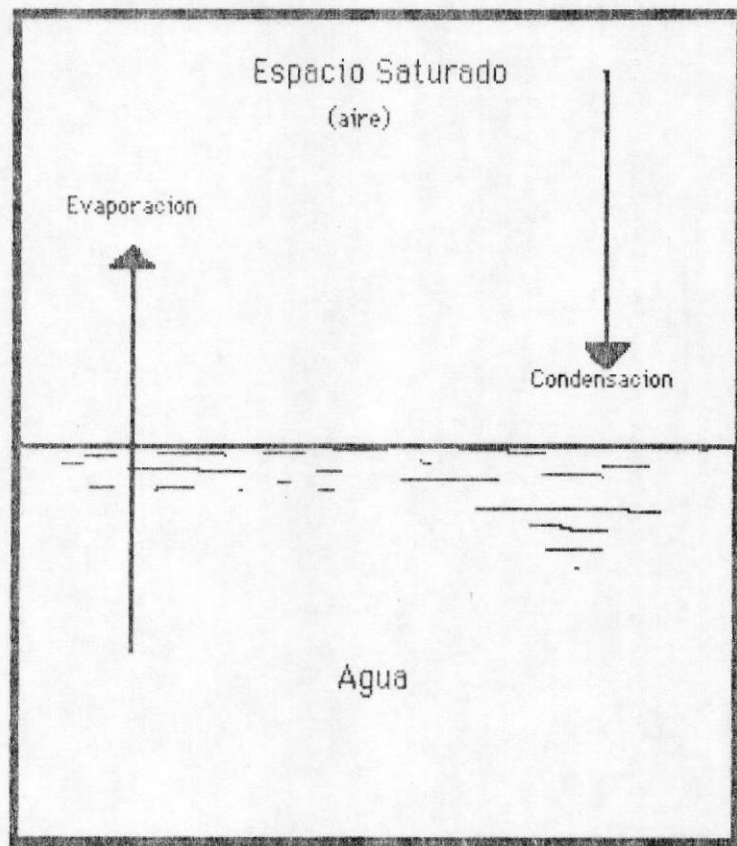


Fig. 1. Representación del equilibrio entre la condensación y la evaporación.

1. Las diferencias entre la presión de vapor de la superficie libre del agua y la del aire por encima de la masa del agua. La diferencia va a indicar un grado de evaporación en busca del equilibrio del sistema.
2. La presión atmosférica, mientras mayor es la presión atmosférica, la evaporación va a disminuir.
3. La temperatura ambiente, el aumento de la temperatura origina un aumento de la presión de vapor.
4. La velocidad y calidad del viento. El viento va a incidir en un cambio de la diferencia de presiones. Un viento cálido y seco va a aumentar la evaporación en cambio un viento húmedo y frío puede tener diferentes influencias. 5) La calidad del agua, las aguas con muchas sales tienen una menor evaporación.

Transpiración, es el proceso por medio del cual, la planta toma el agua del suelo, la cual circula a través de la planta hacia las hojas y se pierde en la atmósfera en forma de vapor.

Estas pérdidas de vapor regulan el movimiento del agua a través de las paredes de las células del mesófilo y proporcionan una buena parte de las

fuerzas requeridas para mover el agua hacia arriba, por los troncos de los árboles, contra la fuerza de gravedad.

Algunos de los factores que afectan el grado de la transpiración son la humedad disponible del suelo, la clase y densidad del crecimiento de la planta, la cantidad de luz solar, y la temperatura y humedad de la atmósfera. Pero básicamente, este fenómeno depende de la diferencias de presión de vapor entre la superficie foliar y el aire.

El proceso de absorber agua del suelo y transportarla hasta las ramas, y el movimiento de vapor de agua a la atmósfera, constituye un sistema completo unificado. Sin embargo, el sistema puede operar a su máxima capacidad, solo cuando haya suficiente agua en el suelo y la atmósfera sea lo suficientemente húmeda, para que los mecanismos encargados de disminuir la salida del agua no entren en funcionamiento.

La importancia de la transpiración para las plantas es; el efecto refrigerante, el efecto sobre el crecimiento y el desarrollo, y la absorción de sales.

Evapotranspiración, despues de haber analizado un



poco lo que es la evaporación y la transpiración, podemos decir que la evapotranspiración es la suma de la evaporación mas la transpiración, y normalmente se refiere a la evapotranspiración real.

El escurrimiento es la porción de la precipitación que se mueve por gravedad sobre la superficie del suelo o que entra en este lo suficiente como para dejar de estar disponible de la vegetación del area, o para escapar a la evaporación subsecuente, desde la superficie del suelo. Se debe distinguir una evapotranspiración actual (ETa), que es la que corresponde en condiciones reales de un cultivo, y la evapotranspiración potencial (ETp), que es el cálculo teórico de la misma para una superficie cubierta totalmente de vegetales y con agua permanente.

La evapotranspiración potencial por ser una magnitud hipotetica y aparentemente no susceptible de medición directa, merece más consideración que la dada en la simple definición. Por otra parte, si ha de usarse la evapotranspiración potencial como un punto de referencia, respecto al cual puedan compararse otros movimientos de agua, su definición debe ser suficientemente especifica para ofrecer un solo valor para cada sitio.

No hay un acuerdo en cuanto a los cálculos, si estos deben realizarse a partir de la temperatura del aire o de la energía radiante neta, pero la mayor parte de los investigadores parecen estar de acuerdo en que la evapotranspiración potencial es una función de la energía solar que llega a la superficie de la tierra. También, existe un acuerdo bastante general en que, para medir la evapotranspiración, la humedad del suelo, la vegetación deben ser ideales y óptimas, pero, por lo general en las definiciones no se menciona el carácter del suelo o del clima.

Por lo general los técnicos frecuentemente utilizan cultivos agrícolas irrigados para determinar el uso real del agua; luego comparan los resultados con los valores de evapotranspiración potencial, calculados por medio de monogramas o fórmulas basadas en la temperatura o balance energético. Por otro lado, si las especificaciones de un suelo zonal o un clima zonal se incluyen en la definición de evapotranspiración potencial, surge la posibilidad de obtener un valor preciso de la evapotranspiración potencial utilizando un monograma o fórmula basada en la temperatura únicamente. Es decir, si en la misma faja altitudinal a una misma temperatura media dada estuviera siempre disponible la humedad óptima del suelo, derivada de una precipitación distribuida

uniformemente, no habria variaciones de condiciones climaticas desde el desierto hasta el bosque pluvial, sino mas bien un clima uniforme, un único suelo zonal y un único tipo de vegetacion óptimo, todos caracteristicos de la temperatura, la humedad y la faja altitudinal. Asi, si solamente es posible un valor único de evapotranspiración potencial para una temperatura promedio dada, esta cantidad puede obtenerse multiplicando la temperatura media por un factor numérico.

Si la evapotranspiración potencial se determina de esa manera para una serie de temperaturas diferentes, cada resultado debe coincidir con la precipitación anual promedio cuando la relación de evapotranspiración potencial es igual a uno.

Holdridge en su obra titulada "ECOLOGIA, basada en zonas de vida" encontró que el factor numérico 58.93 multiplicado por una biotemperatura anual promedio cualquiera, daba un valor de la precipitación anual promedio que era igual a la evapotranspiración potencial (ref.1). Ya que las lineas de relación de evapotranspiración potencial, sirven igualmente bien cuando uno se desplaza de bajas a altas latitudes y desde el nivel del mar a elevaciones superiores, fue posible determinar la

evapotranspiración potencial por medio de la simple fórmula (ref. 1) :

$$ETp. = 58.93 * t(\text{bio}) \quad 1.1$$

y los valores obtenidos coincidieron con la distribución de la vegetación natural, de la misma manera que coincidieron cuando se determinó previamente empleando los valores de temperatura y precipitación unicamente. La temperatura biológica $t(\text{bio})$, es muy similar a la temperatura anual promedio, y para cuestión de nuestros cálculos vamos a decir que es la misma.

Basado en la hipótesis de que el valor de evapotranspiración potencial es único en cualquier isoterma de la superficie terrestre, y que los movimientos del agua atmosférica siguen un patrón regular en áreas de clima y suelos zonales, se construyó el monograma de la figura Nº 2, para extrapolar la magnitud de los movimientos de agua, de estaciones localizadas dentro de cualquier asociación climática. Para su fácil manejo, el monograma debe dibujarse en un papel cuadriculado de tamaño grande, con la línea de evapotranspiración potencial colocada a 100 unidades contadas desde la línea inferior del diagrama. Ya que todas las líneas de relación de

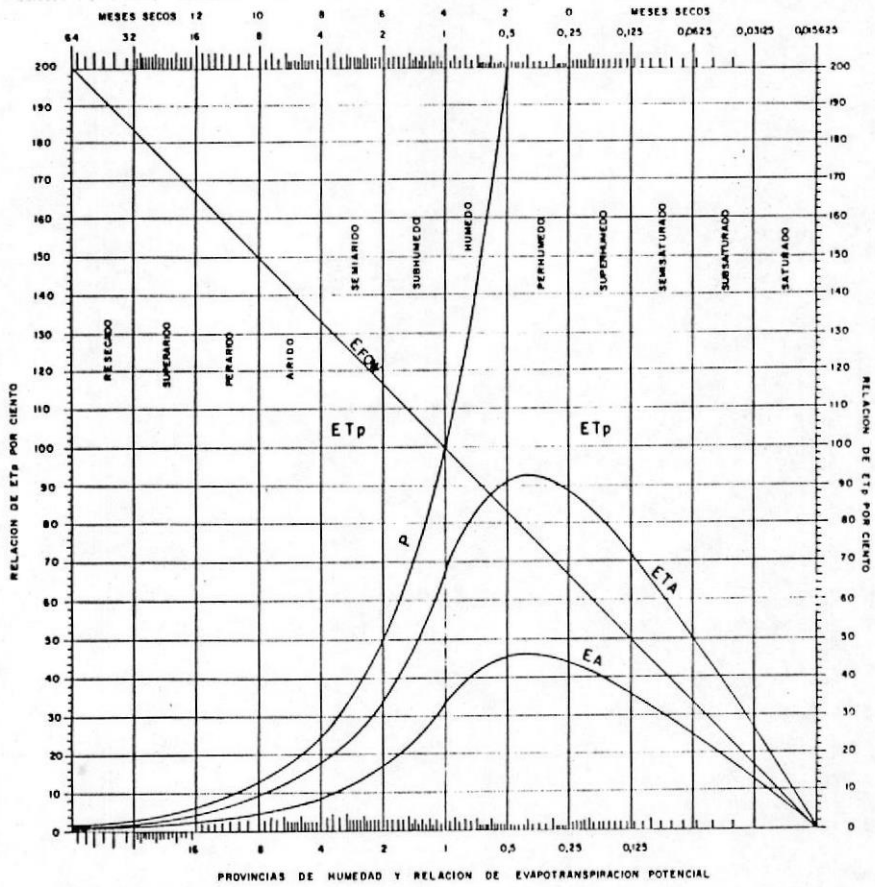


Fig. NO 2 Monograma de Holdrige (ref. 1).



evapotranspiración potencial deben ser localizadas logarítmicamente, puede dibujarse el diagrama en papel logarítmico para facilitar su localización; también pueden hacerse en papel cuadrículado regular, con las líneas de relación de evapotranspiración potencial numeradas, y colocadas en forma que corresponda a las distancias entre los mismos números de una regla de cálculo.

En el uso del monograma para un sitio dado se siguen los siguientes pasos :

1. Se calcula el valor de la evapotranspiración potencial en milímetros.
2. Se calcula la relación de evapotranspiración potencial.
3. Se localiza logarítmicamente la línea vertical correspondiente a esa relación. Si el diagrama no se ha dibujado en papel logarítmico, para localizar esta línea debe usarse una escala logarítmica, por ejemplo una regla de cálculo.
4. Se lee el valor porcentual en donde esta línea vertical de relación intercepta la línea del ítem que se va a determinar.
5. Se multiplica ese porcentaje por el valor de la evapotranspiración potencial, para obtener el valor del ítem en mm.

También se puede hacer uso de una fórmula la cual toma en cuenta las alturas de los árboles dominantes de las mismas asociaciones climáticas (ref.1).

EVAPOTRANSPIRACION REAL	EN	mm.=ETR
ETR = ALTURA EN m. * 29.47 * 4, si son		1.2
arbustos, u 8, si son herbáceas.		

1.2 DISPOSICION DEL CULTIVO

El Mango es quizás el frutal que exige menos en cuanto a suelos ya que se produce bien en suelos pesados o arenosos, ácidos o alcalinos, siendo muy eficiente para extraer agua y nutrientes del suelo. Tolera sequías por largos periodos, pero de todas maneras son preferibles los suelos sueltos y bien drenados, con un pH. entre 6.0 a 7.0, profundos y con un nivel freático mínimo de 4 a 6 mts. para estimular un buen anclaje y duración del árbol (ref.8), además que para una excelente producción es imprescindible un sistema de riego, en este caso es generalmente más ventajosa la irrigación directa al suelo que las asperciones sobre-follaje, pues estas últimas aumentan los problemas foliares y son más costosas que el sistema por microaspersión. Los climas cálidos, con una temperatura media no inferior a los 25°C y con periodos bien definidos de lluvia y sequía, como en nuestro país (Ecuador), son

ideales para el Mango. Los árboles tienen excelente desarrollo a alturas entre los 0 - 600 m.s.n.m., aunque se pueden producir hasta los 1200 m.s.n.m..

Dependiendo de la topografía, el mango se puede plantar asociado con cultivos anuales o semiperennes, sobre todo en terrenos planos o de poca pendiente. Algunos cultivos que se pueden asociar con el Mango son: el frijol, maíz, papaya, hortalizas, melón y sandía.

Las distancias y sistemas recomendables para la siembra del Mango son (ref.9) :

- 6 * 6mts. en cuadrado
- 8 * 8mts. en cuadrado
- 10 * 10mts. en cuadrado
- 12 * 12mts. en cuadrado
- 10 * 5mts. en cuadrado

En terrenos donde existe una pendiente mayor a los 15 grados, es preferible utilizar el sistema de triangulo o bolillo, teniendo en cuenta que la densidad final en estos casos no sea mayor a 100 árboles/hectárea, ver figura N^o 3 y 4.

Se deben utilizar las densidades y los sistemas de siembra mas apropiados para las condiciones

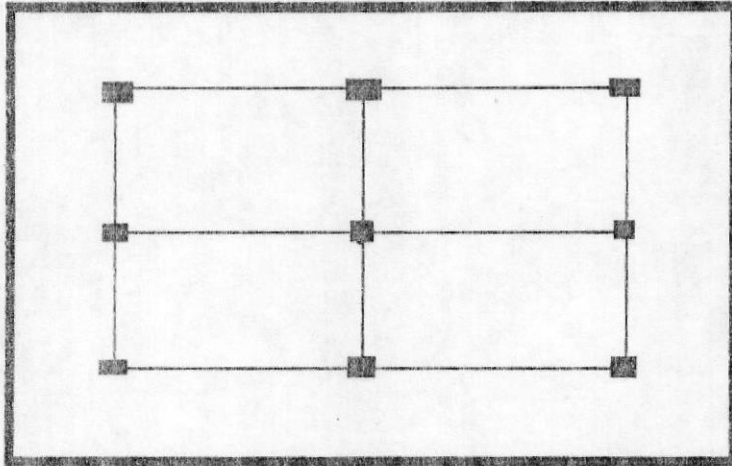


Fig. № 3 Sistema Cuadrado

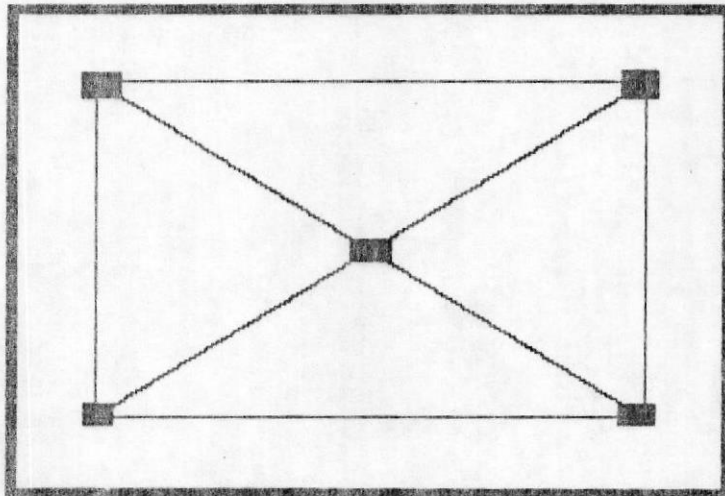


Fig. № 4. Sistema de Bolillo

ecológicas de la zona, es posible utilizar densidades mayores en climas secos que en zonas húmedas.

En nuestro caso por ser un area muy pequeña y por ser un estudio experimental, la distancia entre árboles es de 6mts., y la distancia entre líneas también es de 6mts., entonces tenemos un sistema de cuadrado de 6 * 6 mts., que en nuestro módulo experimental de 1/20 Ha. nos da 14 plantas de Mango.

En la figura Nº 5, podemos ver el plano planimétrico del terreno utilizado, con la respectiva disposición del cultivo.

1.3 REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL MANGO

El objetivo básico de instalar un sistema de riego, es proporcionar a la planta la cantidad suficiente de agua para que su crecimiento sea normal y óptimo. Por lo tanto, es indudable que un cultivo de mango con irrigación es mucho mas productivo, mas fuerte y de mayor calidad que un cultivo sin irrigación.

Las cantidades de agua o dosis diarias que deben administrarse a las plantas se las determina conociendo el valor de la ETP.

Como sabemos la ETP., no es sino, la cantidad de agua que puede evaporar el conjunto suelo-planta en las

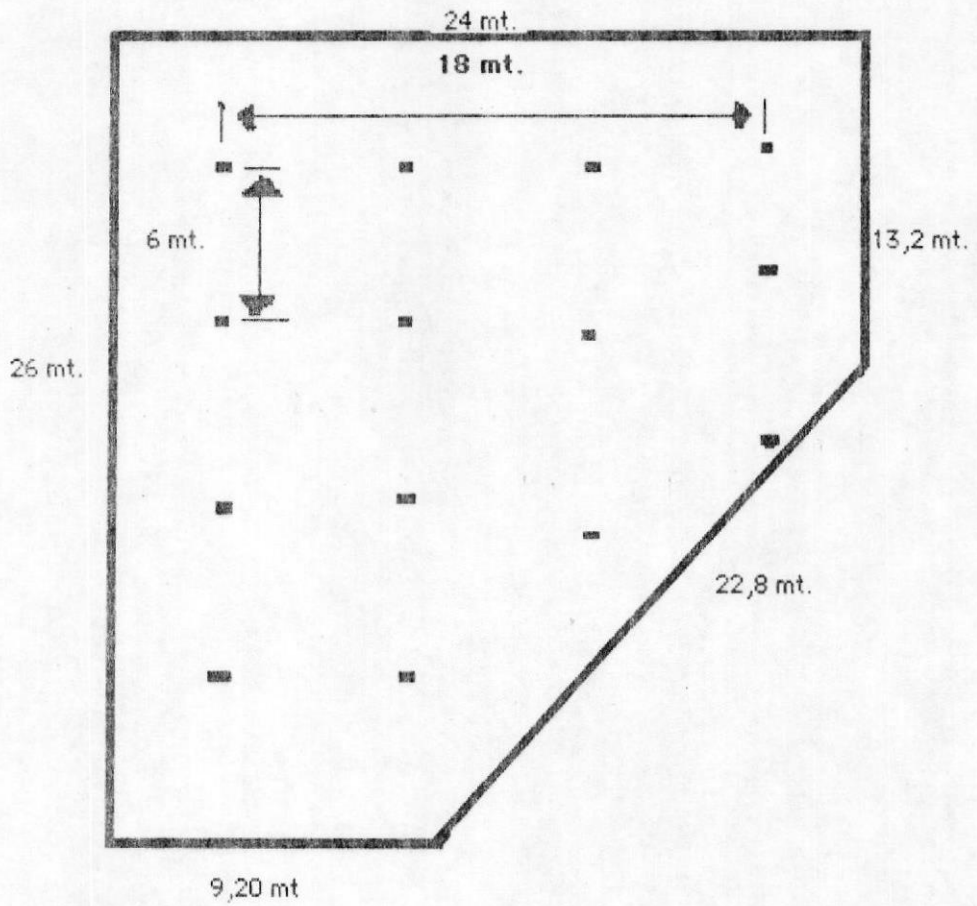


fig. Nº 5 Representación gráfica del área de cultivo y su respectiva disposición.

mejores condiciones de absorción de agua y en un tiempo determinado.

Para nuestro caso el cultivo es de mango, y los factores que determinan los valores de la ETP. son, la temperatura, precipitación, humedad ambiental, entre otros, por lo tanto, cada sitio o lugar donde se vaya a cultivar, tiene su particular valor de ETP.

Estos valores de ETP. y más información metereologica se los puede obtener de las estaciones metereológicas ubicadas lo mas cerca posible del sitio donde se va a implantar un cultivo.

En nuestro caso los datos metereológicos fueron obtenidos del laboratorio de Energia Solar de la ESPOL y datos de la D.A.C., Aeropuerto Simon Bolivar de Guayaquil, ambas estaciones metereológicas estan ubicadas en la zona de nuestro cultivo (ref.10 y 11).

En las siguientes tablas mostramos esta información.

Tabla Nº 1 Temperatura, Tabla Nº 2 Pluviometria.

En nuestro trabajo el cálculo se lo realizará teniendo en cuenta que el cultivo ya será adulto, o sea, en plena producción. Esto se lo hace porque los requerimientos hídricos del cultivo aumentan con la

PROMEDIO DE TEMPERATURAS MIN. Y MAX ENTRE 1980 Y 1985		
MESES	Máxima	Mínima
ENERO	32.52	23.05
FEBRERO	32.31	21.73
MARZO	32.60	22.18
ABRIL	33.12	22.17
MAYO	32.62	21.57
JUNIO	31.03	20.60
JULIO	30.57	19.75
AGOSTO	31.10	19.83
SEPTIEMBRE	32.33	20.21
OCTUBRE	31.93	20.8
NOVIEMBRE	32.03	20.82
DICIEMBRE	32.03	21.10

TABLA # 1 : TEMPERATURA (REF. # 11)

PLUVIOMETRIA PROMEDIO 1961 - 1988 (D.A.C.)			
MESES	PROMEDIO	CANTIDAD TOTAL EN (mm.)	
		MAX. ABSOLUTA EN 24h.	# DE DIAS PROMEDIO
ENERO	200.7	117.1	18
FEBRERO	274.9	126.0	22
MARZO	216.3	149.3	17
ABRIL	202.4	156.2	18
MAYO	69.5	164.4	19
JUNIO	53.0	111.6	4
JULIO	24.5	51.3	3
AGOSTO	1.8	12.2	2
SEPTIEMBRE	1.7	6.2	2
OCTUBRE	1.4	4.8	4
NOVIEMBRE	12.9	30.4	3
DICIEMBRE	49.3	55.8	8

TABLA # 2 : PLUVIOMETRIA (REF. # 10)

edad, desde el primer año, hasta el cuarto año.

Entonces lo que primero necesitamos es el valor de la ETp., y esto lo obtenemos con la formula 1.1 mas el monograma de la figura N^o 2, y los datos metereológicos de las tablas anteriores.

1. Formula de HOLDRIDGE

$$ETp. = 58.93 * T(\text{bio.})$$

2. Pluviometria Promedio Anual

$$P.P.A. = 1108.4 \text{ mm}$$

3. Temperatura Promedio Anual

$$T.P.A. = T(\text{bio.}) = 27^{\circ}\text{C}$$

4. $ETp. = 58.93 * 27^{\circ}\text{C}$

$$ETp. = 1591.11 \text{ mm/año}$$

5. Entonces el valor de la relación de evapotranspiración potencial es:

$$1591.11/1108.4=1.4355$$

6. Con el valor de 1.4355 nos vamos al monograma de la fig.N^o 2, y en la escala logarítmica ubicamos nuestro valor y subimos hasta encontrar la curva ETÁ., en cuya intersección nos dirigimos a la

escala de relacion de Etp. por ciento y encontramos una relación de Etp. = 48%

7. Luego con este valor calculamos la evapotranspiración anual promedio para la zona de nuestro cultivo, que sería:

$$\text{ETp.} = 1591.11 * 0.48$$

$$\text{ETp.} = 763.733 \text{ mm / año}$$

8. Como sabemos nuestro país está ubicado sobre la línea Ecuatorial, por lo tanto, tenemos dos estaciones bien definidas, una de sequía y otra de precipitaciones. Para nuestro estudio, y por ser bien aproximado en un periodo normal, la estación lluviosa es de 5 meses mas o menos, entonces, el valor de la Etp. anual lo dividimos para 5 y obtenemos el valor de la Etp. mensual, que es el valor que utilizaremos para los cálculos del sistema de riego.

$$763.733/5$$

$$\text{ETp.} = 152.75 \text{ mm/mes}$$

9. Este es el valor del requerimiento hídrico del mango, con el cual haremos el diseño hidráulico del sistema de riego por microaspersión.

$$\text{R.H.M.} = 152.75 \text{ mm/mes}$$

10. Hay que aclarar que este requerimiento hídrico del cultivo es exclusivamente para la zona de Guayaquil, además para los cálculos posteriores tomaremos el valor inmediato superior para de esta manera asegurarnos las dosis de agua que suministraremos al cultivo.

$$R.H.M. = 153 \text{ mm./mes}$$

Entonces tenemos que el valor de la $ET_p = 5.1 \text{ mm/día}$, que comparado con los datos que obtuvo el sr. Jorge Mora en su proyecto de grado, son muy similares, esto lo podemos ver en la tabla N^o 3 (ref.10).



E T o (mm./dia)		
MESES	CALCULO	C. D. E.
ENERO	4.33	4.16
FEBRERO	4.29	4.00
MARZO	4.70	4.07
ABRIL	4.54	4.39
MAYO	4.05	4.32
JUNIO	3.67	3.79
JULIO	3.99	4.37
AGOSTO	4.48	4.66
SEPTIEMBRE	4.83	4.99
OCTUBRE	4.65	5.14
NOVIEMBRE	4.72	4.84
DICIEMBRE	4.51	5.26

TABLA # 3 : EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (REF. # 10)

CAPITULO II

DISEÑO E INSTALACION DEL SISTEMA

2.1 DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA PARA UN MODULO EXPERIMENTAL

Para poder realizar el diseño hidráulico del sistema, necesitamos los datos obtenidos en el capítulo anterior como son: area del cultivo, disposición del cultivo y el requerimiento hídrico del cultivo. Además el plano de la ubicación del cultivo, en el que se indique el lugar de captación del agua para el riego del cultivo.

Con todo esto, estamos ya en capacidad de comenzar con nuestro diseño. Entonces procedemos a realizar la siguiente ficha técnica:

Ubicación del cultivo :	Campus Politecnico Prosperina Guayaquil, Ecuador.
Superficie del Cultivo para Módulo Experimental :	510 mt. ² = 1/20 Ha.
Distancia entre líneas:	6 mt.
Distancia entre plantas:	6 mt.
Número de plantas:	14 plantas.
El valor de ETP.:	153 mm./mes

Esto significa que el conjunto suelo-planta evaporó 153 litros de agua por cada m^2 . de superficie y este es el valor que deberíamos reponer para que la planta tenga a su disposición el agua que requiere.

Para objeto del cálculo asumimos que con el riego por microaspersión no mojaremos toda la superficie, sino solamente un 50% de ella, tomando en cuenta las distancias de siembra, el valor de la ETP. sería:

$$ETp=153 \text{ mm.} * 0.5 = 76.5 \text{ aproximando a } 77 \text{ mm./m}^2.$$

Entonces 77 mm. es la lámina de agua que debemos reponer al suelo por cada m^2 ., es decir, aplicaremos 77 litros/ m^2 . considerando que 1 mm. equivale a un litro por m^2 .

Tomemos 1 Ha. de superficie, que tiene 10000 m^2 ., por lo tanto, el valor de la ETP. para una Ha. es:

$$10000 \text{ m}^2 * 77 \text{ lts.} = 770000 \text{ lts./Ha.}$$

Entonces 770000 lts. es la cantidad de agua que debemos suministrar por medio del riego a 1 Ha. de cultivo en 1 mes.

Ahora necesitamos conocer el caudal continuo, que no

es sino, la cantidad de agua que debemos suministrar diariamente en litros por segundo, considerando que cada mes regaremos 26 días, ya que los domingos no regaremos.

Entonces;

$$Cc = \text{Caudal Continuo} = \frac{770000 \text{ lts./Ha.}}{26 \text{ días} * 24 \text{ h.} * 3600 \text{ seg.}}$$

$$Cc = 0.343 \text{ lts./seg.}$$

Por lo tanto, diariamente (24 h.) debemos suministrar:

$$0.343 \text{ lts./seg.} * 24 \text{ h.} * 3600 \text{ seg.} = 29615.4 \\ \text{lts/Ha por día}$$

Esta es la cantidad total de agua o caudal que requiere una hectárea de cultivo, y que debemos aplicar con el riego.

Nuestro módulo experimental tiene una superficie equivalente a 1/20 de hectárea, entonces la cantidad de agua requerida en nuestro módulo es:

$$29615.4/20 = 1480.77 \text{ lts./día}$$

Ahora, teniendo este caudal continuo procedemos a

tabular las características del equipo de riego por microaspersión. Los datos del microaspersor están dados por la tabla A1 (ref.5).

1. Micro Aspersor Marca **RAIN-BIRD**, Micro Bird II Sprinklers, modelo Micro-Bird II Down-Spray DS-24, boquilla roja.
2. Diámetro Nominal de la boquilla 1.45 mm.
3. Presión de trabajo, desde 10 hasta 30 P.S.I.
Para nuestro diseño trabajaremos a 25 P.S.I.
4. Caudal que suministra un microaspersor 26.9 G.P.H ó, 102.22 L.P.H.
5. Número de microaspersores por planta: 1
6. Número de plantas: 14
7. Número de microaspersores: 14
8. El caudal que suministra el equipo en el módulo experimental de 1/20 Ha. es:

$$Q = 14 * 102.22 \text{ LPH}$$

$$Q = 1431.1 \text{ lts. en } 1/20 \text{ Ha. en } 1 \text{ hora}$$

El cultivo requiere una aplicación diaria de 1480.77 litros por 1/20 Ha. Con el equipo de riego proyectado, el tiempo de riego en que podríamos aplicar este caudal sería :

$$T_r = \frac{1480.77 \text{ lts.}}{1431.10 \text{ lts./hora}} = 1.0347 \text{ Horas}$$

Para regar una superficie de 1/20 Ha., necesitamos que la fuente de agua nos provea un caudal de:

$$14 * 26.9 \text{ GPM.} = 376.6 \text{ GPM.}$$

$$376.6 \text{ GPM} * 1/60 = 6.3 \text{ GPM.}$$

Este valor de 6.3 GPM. sería el caudal si no existieran pérdidas, pero en la práctica todo sistema tiene pérdidas, y para que el sistema en funcionamiento nos satisfaga el requerimiento hídrico del cultivo sin causarnos problemas luego por la falta de agua, procedemos a sobredimensionar este valor de 6.3 GPM. en un 10%, que nos daría:

$$6.3 \text{ GPM.} + 0.63 = 6.93 \text{ GPM.}$$

$$Q \approx 7 \text{ GPM.}$$

Entonces realizaremos los cálculos con el valor de 7 GPM. y buscaremos una bomba que nos suministre este caudal y además nos proporcione más de 25 PSI.

Este sistema servira para aplicar el riego mediante un equipo de microaspersión, que suministrara el agua al cultivo, de acuerdo con la edad del mismo. Se iniciara el cultivo con un caudal, y luego, cada año se aumentara este caudal por planta, hasta el cuarto año. Esto se lo hace porque los requerimientos del cultivo aumentan con la edad, lo que significa que los 29615.4 lts./Ha./dia que debemos suministrar al cultivo, han sido calculados para la etapa de madurez de la planta, es decir, se calculó el requerimiento máximo a partir de 4to año.

Luego de los cálculos realizados, y habiendo obtenido el caudal continuo para el cultivo en la etapa de madurez, calculamos la cantidad requerida de agua por planta. Entonces 29615.4 lts/Ha/Dia lo redondeamos a 30000 lts/Ha/Día por lo tanto, para nuestro trabajo y por recomendaciones de la mayoría de los autores de las diversas obras revisadas sobre este tema, la densidad mas recomendable para este cultivo es 200 plantas por hectárea, entonces :

$$\frac{30000 \text{ lts/Ha/Día}}{200 \text{ plantas/Ha}} = 150 \text{ Lts/Planta/Día}$$

Esta es la cantidad de agua por planta al día que necesita el cultivo al cuarto año o sea en la etapa de madurez. Para la distribución por años, desde el

primer año, hasta el cuarto año, tenemos la tabla 4, la cual es la más recomendable para nuestra zona de cultivo.

REQUERIMIENTOS HIDRICOS ANUALES		
AÑO	REQUERIMIENTO/PLANTA Litros/Día	REQUERIMIENTO/Ha. Litros/Día
1	30	6.000
2	70	14.000
3	110	22.000
4	150	30.000

Tabla Nº 4 DISTRIBUCION DE AGUA POR AÑOS (ref.9)

Con estos datos obtenidos, el area bien definida y el plano planimétrico, procedemos a trazar el diseño de la red de tuberías principales, secundarias y terciarias, bomba, válvulas, accesorios y los elementos de riego (microaspersores). El cual esta representado en la figura Nº 6.

2.2 CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERIAS Y ACCESORIOS

Para el estudio de este punto tan importante en la realización de este tópico, es imprescindible el conocimiento de la mecánica de los Fluidos, que no es otra cosa que el estudio de los fluidos en reposo o en movimiento y los efectos consiguientes sobre los contornos, que pueden ser una superficie sólida u

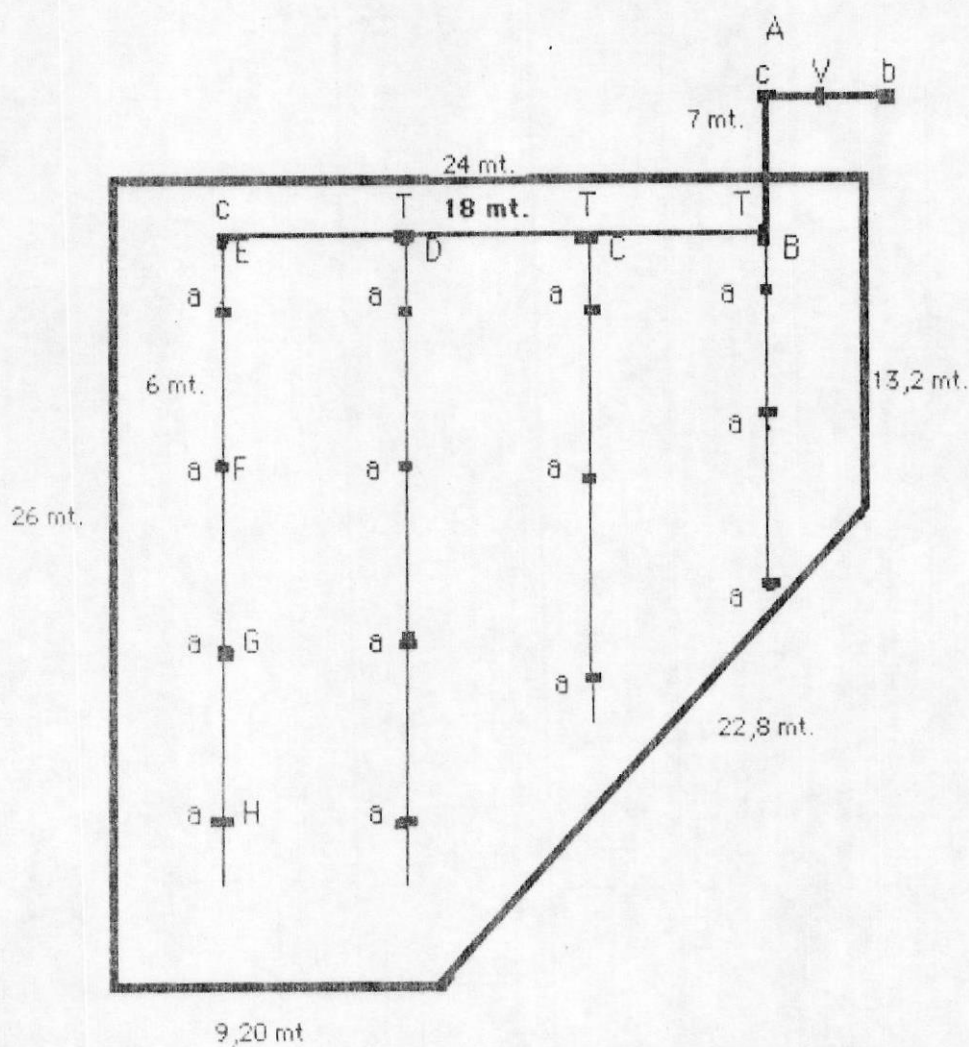


Fig. Nº 6 Diseño gráfico del área experimental



otro fluido.

Como ciencia, está basada en un compromiso adecuado entre teoría y experimentación. Por ser la mecánica de los fluidos una rama de la Mecánica, dispone de un conjunto de leyes de conservación bien documentadas y es posible, por tanto, un tratamiento teórico riguroso. Sin embargo, la teoría es a veces frustrante, porque se refiere principalmente a ciertas situaciones idealizadas que pueden no ser válidas en los casos prácticos, como lo va a ser en nuestro caso de estudio.

Para el estudio de las pérdidas en tuberías y accesorios tenemos que tomar en cuenta el comportamiento del fluido, que en nuestro caso es el agua, existen dos tipos de flujos, los cuales son; el laminar o suave y el turbulento o agitado. Estos regímenes dependen del número de Reynolds, que no es otra cosa que un parámetro adimensional que toma en cuenta los efectos viscosos de un determinado fluido. Además existe una zona en la cual el movimiento deja de ser suave y se convierte en agitado, esta zona se la denomina zona de transición. En esta zona el número de Re . tiene un valor moderado. En la transición influyen muchos efectos, por ejemplo, el de la rugosidad de la pared ó el de las fluctuaciones en

la corriente libre, pero el parámetro básico es el número de Re . Existe muy poca teoría y muchos datos experimentales sobre la transición.

DIAGRAMA DE MOODY.- Para la realización de los cálculos necesitamos de este diagrama que es probablemente la figura más útil y conocida de la mecánica de los fluidos. Es fiable si se aceptan errores inferiores al 15% en cálculos de diseño sobre el rango completo mostrado en la figura N^o 7 (ref.6).

La zona sombreada del diagrama de Moody indica el rango de transición de flujo laminar a flujo turbulento. No existen coeficientes de fricción fiables en este rango, $2000 < Re_d < 4000$. Nótese que las curvas de rugosidad constante son horizontales en el régimen dominado por la rugosidad.

En nuestro caso, la teoría sobre sistemas de riego de bajo caudal, como es el de microaspersión, nos dice que lo ideal sería que el flujo dentro de los ductos del sistema sea laminar, pero en la práctica esto no se cumple ya que los sistemas de riego gran parte del flujo es turbulento.

Además tenemos que tener en cuenta que cuando el agua

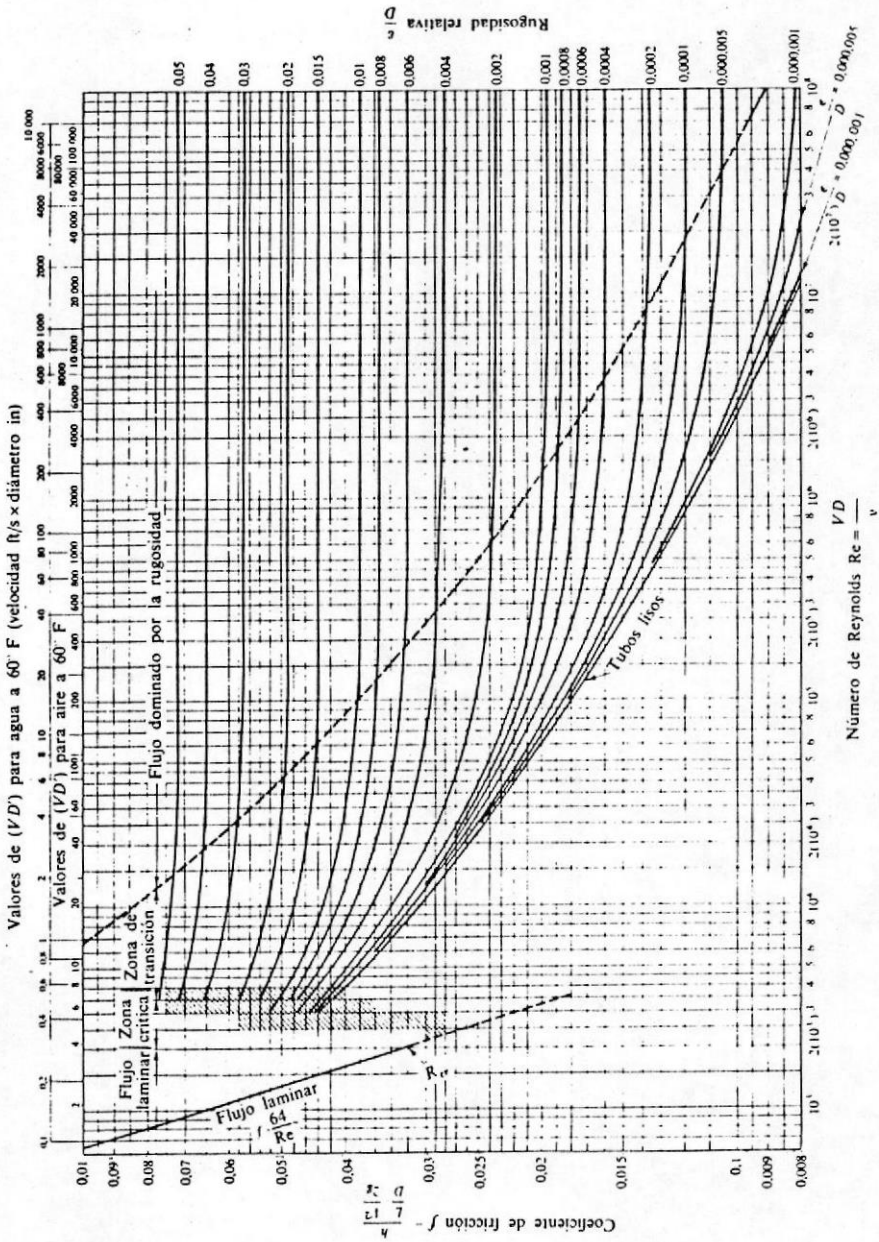


Fig. Nº 7 Diagrama de Moody (ref. 6).

o cualquier otro fluido fluye por un sistema de tuberías se producen pérdidas de energía o de carga por las siguientes razones:

- 1.- Por Fricción
- 2.- Por Entrada
- 3.- Por Salida
- 4.- Por Ensanchamiento Repentino
- 5.- Por Contracciones Repentinias
- 6.- Por Obstrucciones del Flujo
(válvulas, accesorios, etc.)
- 7.- Por Cambio de Dirección

Pero en este conjunto, las pérdidas más importantes son usualmente aquellas debidas a la fricción. Ya que cuando las tuberías son muy largas, las pérdidas por fricción son de gran magnitud en relación con las otras, las cuales pueden llegar a ser sólo una pequeña fracción del total.

En tales circunstancias el cálculo de la tubería puede realizarse con base en las pérdidas por fricción solamente, despreciando las pérdidas de origen diferente.

Para el cálculo de las pérdidas en tuberías en un sistema de riego, debemos calcular la mayor pérdida

que se producira en el sistema, la cual será experimentada en el tramo mas largo o alejado, desde la bomba hasta el implemento de riego.

En nuestro caso el tramo mas largo es el siguiente, 7 mt. de tubería primaria, 18 mt. de tubería secundaria y 18 mt. de tubería terciaria. Los diámetros internos son los siguientes: 25 mm., 25 mm., y 16 mm., respectivamente.

Para calcular las pérdidas por fricción en una tubería usaremos la ecuación de Darcy-Weisbach, válida tanto para flujos laminares como para turbulentos, que es la siguiente (ref.6) :

$$H_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \quad 2.1$$

Donde:

H_f = Pérdidas de Carga Por Fricción

f = Coeficiente de Fricción de Darcy (Parámetro adimensional)

L = Longitud De La Tubería

D = Diámetro de la Tubería

V = Velocidad Media Del Fluido (agua)

g = Aceleración de La Gravedad

Como podemos darnos cuenta la incognita es f lo cual calcularemos de la siguiente manera:

$$V = \frac{Q}{\pi * R^2} ; \quad \begin{array}{l} (Q=\text{Caudal}) \\ (\pi=3.1416) \\ (R=\text{Radio}) \end{array} \quad 2.2$$

$$Re_d = \frac{V * D}{\nu} \quad 2.3$$

$$\nu = 1,005 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg. a } 25 \text{ C.}$$

$$e/D = \frac{RAM}{\text{diámetro}} = \text{rugosidad relativa} \quad 2.4$$

$$e = RAM = \text{rugosidad absoluta del material}$$

Diagrama de Moody

El valor de la rugosidad absoluta (e) para el plástico está dada por (ref.6) :

$$e = 0,00001 \text{ mt.}$$

Otro modo de calcular f es el dado por la ecuación que dice (ref.6) :

$$f \approx 1.02 * (\text{Log } Re_d)^{-2.5} \quad 2.5$$

Este método es el que utilizaremos para nuestros cálculos ya que es mas rápido y confiable, además que no se presta para confusiones en el Diagrama de Moody.

Para la determinación de los diámetros utilizados hemos recurrido al diagrama de Moody modificado, ver figura N^o 8, y a las fórmulas siguientes (ref.6) :

$$e * v / Q \quad 2.6$$

$$B = \frac{(128 * g * H_f * Q^3)}{(\text{Pi}^3 * L * v^5)} \quad 2.7$$

$$\text{ó, } B = (f * \text{Re}_d^5)^{-5} \quad 2.8$$

Con estas fórmulas haremos los cálculos teóricos para encontrar las pérdidas por fricción y comprobar los diámetros en el módulo experimental.

Usando el diagrama de MOODY:

RAMAL MAS LARGO DE RECORRIDO ES ABCDEF (fig.N^o 6).

Tuberías primarias

Tramo AB asumimos un diámetro D=25 mm.

D=0.025 mt.

L=7 mt.

Q=7 GPM = $4.43 * 10^{-4}$ mt.³/seg.

g=9.81 mt./seg.²

Calculamos V por medio de la fórmula 2.2

$$V = \frac{4.43 * 10^{-4} \text{ mt.}^3/\text{seg.}}{\text{Pi} * (0.025 \text{ mt.}/2)^2}$$

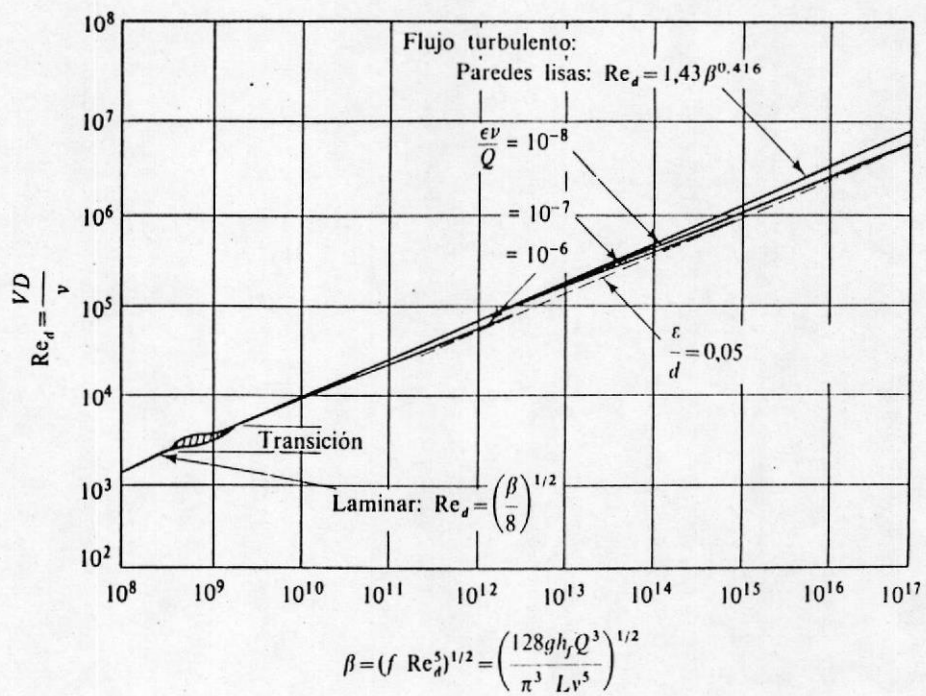


Fig. N.º 8 Diagrama de Moody Modificado para cálculo de diámetros

$$V = 0.9025 \text{ mt./seg.}$$

Calculamos Re_d por medio de la fórmula 2.3

$$Re_d = \frac{0.9025 \text{ mt./seg.} * 0.025 \text{ mt.}}{1.005 * 10^{-6} \text{ mt.}^2/\text{seg.}}$$

$$Re_d = 22450.25$$

Calculamos la relación e/D con 2.4

$$e/D = \frac{0.00001 \text{ mt.}}{0.025 \text{ mt.}}$$

$$e/D = 0.00040$$

Luego con Re_d y e/D obtenemos el valor de f en el diagrama de MOODY que en nuestro caso fue:

$$f = 0.026$$

Otro metodo de calcular f es con la fórmula 2.5

$$f \approx 1.02 * (\text{Log } 22450.25)^{-2.5}$$

$$f \approx 0.02578$$

Como podemos observar el f obtenido por el diagrama de MOODY es practicamente igual al obtenido por la fórmula 2.5.

Con estos datos procedemos a calcular las perdidas por fricción en dicho tramo con la formula 2.1.

$$H_{r1} = 0.026 * \frac{7 \text{ mt.} * (0.9025 \text{ mt./seg.})^2}{0.025 \text{ mt.} * 2 * 9.81 \text{ mt./seg}^2}$$

$$H_{r1} = 0.302 \text{ mt.}$$

Tuberías secundarias**Tramo BC**

Utilizando las mismas fórmulas y aplicando el mismo procedimiento anterior obtenemos:

$$D = 0.025 \text{ mt.}$$

$$L = 6 \text{ mt.}$$

$$Q = 0.000348 \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$g = 9.81 \text{ mt./seg.}^2$$

$$V = 0.709 \text{ mt./seg.}$$

$$Re_d = 17640.38$$

$$f = 0.027$$

$$H_{r2} = 0.168 \text{ mt.}$$

Tramo CD

$$D = 0.025 \text{ mt.}$$

$$L = 6 \text{ mt.}$$

$$Q = 0.0002531 \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$V = 0.5158 \text{ mt./seg.}$$

$$Re_d = 12826.15$$

$$f = 0.0298$$

$$H_{r3} = 0.0969 \text{ mt.}$$

Tramo DE

$$D = 0.025 \text{ mt.}$$

$$L = 6 \text{ mt.}$$

$$Q = 0.0001272 \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$V = 0.259 \text{ mt./seg.}$$

$$Re_d = 6446.0127$$

$$f = 0.036$$

$$H_{r4} = 0.02955 \text{ mt.}$$

Tuberías terciarias

Tramo EF

$$D = 0.016 \text{ mt.}$$

$$L = 6 \text{ mt.}$$

$$Q = 0.0000956 \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$V = 0.4754 \text{ mt./seg.}$$

$$Re_d = 7569.76$$

$$f = 0.0344$$

$$H_{r5} = 0.149 \text{ mt.}$$

Tramo FG

$$D = 0.016 \text{ mt.}$$

$$L = 6 \text{ mt.}$$

$$Q = 0.000064 \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$V = 0.3183 \text{ mt./seg.}$$

$$Re_d = 5067.62$$

$$f = 0.0386$$

$$H_{r6} = 0.0748 \text{ mt.}$$

Tramo GH

$$D = 0.016 \text{ mt.}$$

$$L = 6 \text{ mt.}$$

$$Q = 0.0000324 \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$V = 0.161 \text{ mt./seg.}$$

$$Re_d = 2565.5$$

$$f = 0.048$$

$$H_{r7} = 0.024 \text{ mt.}$$

Pérdida por fricción total.

$$H_{rT} = H_{r1} + H_{r2} + H_{r3} + H_{r4} + H_{r5} + H_{r6} + H_{r7}$$

$$H_{rT} = 0.85 \text{ mt.}$$

Pérdidas en accesorios.-

Para el cálculo de las pérdidas en accesorios tenemos que tomar en cuenta que en un sistema de riego vamos a tener los siguientes casos, los cuales deben siempre ser respetados; la secuencia de las tuberías desde el grupo de bombeo en adelante hasta la plantación siempre tienen que ir en disminución los diámetros, jamás se debe hacer lo contrario, los desniveles en el terreno no deben ser mayores a los 5 mt. para que un terreno sea considerado plano, de lo contrario se tendran que usar accesorios especiales para controlar el sistema.

Los accesorios que se utilizaran en nuestro sistema de riego seran los siguientes:

- 1). Válvula solenoide de 25 mm.
- 2). Codos de 90° * 25 mm.

3). Tees de 25 mm.

4). Reductores de 25 mm. a 16 mm.

Pérdidas por contracción repentina:

Las pérdidas de carga por contracción repentina pueden calcularse con la siguiente fórmula: (ref.4)

$$h_r = K_r \frac{V^2}{2g} \quad 2.9$$

Donde #

V = Velocidad del agua en el tubo de menor diámetro.

El valor de K_r puede estimarse en función de la relación entre el área menor A_2 y el área mayor A_1 de las tuberías, por medio de la tabla Nº 5.

A_2/A_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
K_r	0.47	0.43	0.39	0.34	0.30	0.26	0.21	0.16	0.08

Tabla Nº 5 COEFICIENTE K_r DE PERDIDAS PARA CONTRACCION REPENTINA (ref.4)

Pérdidas por obstrucción

Estas pérdidas son debidas a la turbulencia que se produce cuando dentro de la tubería se presentan obstáculos tales como las válvulas, codos, tees y otros aditamentos para tuberías. Estas pérdidas

pueden estimarse por medio de la fórmula siguiente :

$$h = K \frac{V^2}{2g} \quad 2.10$$

A continuación señalamos unas tablas en que se dan los valores de "K".

Codos y Válvulas.

ELEMENTO	K	
	INFERIOR	SUPERIOR
Válvula de compuerta abierta	0.05	0.19
Codo 90 ° roscado	0.60	0.90
Codo 45 ° roscado	0.30	0.42

Tabla Nº 6 COEFICIENTE K DE PERDIDAS EN VALVULAS Y CODOS (ref.4).

Tees.

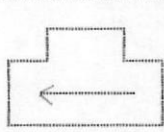
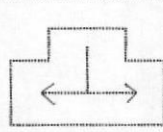
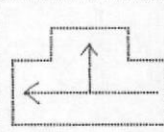
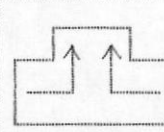
FIGURA				
K	0.1	2	1.5	3

Tabla Nº 7 COEFICIENTE Kr DE PERDIDAS EN TEES (ref. 4).

Las pérdidas a través de la válvula solenoide vienen expresadas en caídas de presión, y éstas han sido tomadas de la (ref. 5), las mismas que se muestran a continuación.

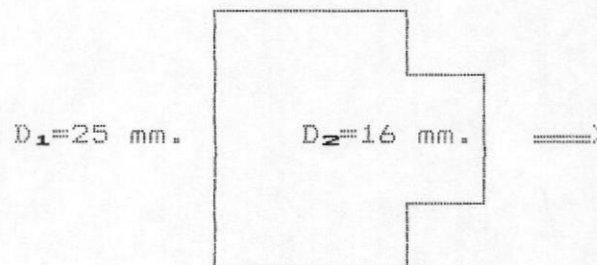
Válvula solenoide 100 - DV (1")

FLUJO [GPM]	P [psi]
3	0.5
5	1.0
10	2.6
20	3.6
30	6.5
40	9.0

Tabla Nº 8 CAIDA DE PRESION A TRAVES DE UNA VALVULA SOLENOIDE (ref.5).

Cálculo de pérdidas en accesorios

a) **Reductor**, al acoplar un reductor con un tramo de tubería se producen pérdidas debido a la contracción repentina, éstas se calculan a continuación :



Reductor de 25 mm. a 16 mm.

$$Q = 0.000127 \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$d_1 = 0.025 \text{ mt.} \quad A_1 = 4.91 \cdot 10^{-4} \text{ mt.}^2$$

$$d_2 = 0.016 \text{ mt.} \quad A_2 = 2.01 \cdot 10^{-4} \text{ mt.}^2$$

$$\text{Nº Reductores} = 1$$

Aplicando la fórmula 2.9, se obtiene :

$$h_r = K_r \frac{V^2}{2g}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 0.41$$

El valor de K_r , se lo obtiene de la tabla
Nº 5 con A_2/A_1 .

$$K_r = 0.34$$

$$h_r = \frac{(0.34)(0.475 \text{ mt./seg.})^2}{(2)(9.81 \text{ mt./seg.}^2)} = 0.039 \text{ mt.}$$

$$h_r = 0.039 \text{ mt.}$$

c) Codo de 90° (25 mm.)

$$Q = 4.43 \times 10^{-4} \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$d = 0.025 \text{ mt.}$$

$$K = 0.9 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 6$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Codos} = 3$$

$$V = 0.903 \text{ mt./seg.}$$

$$h_{c1} = \frac{(0.9)(0.903 \text{ mt./seg.})^2}{(2)(9.81 \text{ mt./seg.}^2)} = 3.74 \times 10^{-2} \text{ mt.}$$

$$h_{c1} = 3 \times (3.74 \times 10^{-2} \text{ mt.}) = 1.122 \times 10^{-1} \text{ mt.}$$

Codo 90° (25 mm.)

$$Q = 0.000127 \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$d = 0.025 \text{ mt.}$$

$$K = 0.9 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 6$$

Nº de Codos = 1

V = 0.259 mt./seg.

$$hc_2 = \frac{(0.9)(0.259 \text{ mt./seg.})^2}{(2)(9.81 \text{ mt./seg.}^2)} = 3.1 \cdot 10^{-3} \text{ mt.}$$

$$hc_2 = 3.1 \cdot 10^{-3} \text{ mt.}$$

Tee de 25 mm.

Q = $4.43 \cdot 10^{-4}$ mt.³/seg.

d = 0.025 mt.

K = 1.5 ———> Tomado de la tabla Nº 7

Nº de Tees = 1

V = 0.9023 mt./seg.

$$Ht_2 = \frac{(1.5)(0.9023 \text{ mt./seg.})^2}{(2)(9.81 \text{ mt./seg.}^2)} = 6.2 \cdot 10^{-2} \text{ mt.}$$

$$Ht_2 = 6.2 \cdot 10^{-2} \text{ mt.}$$

Tee de 25 mm.

Q = 0.000348 mt.³/seg.

d = 0.025 mt.

K = 1.5 ———> Tomado de tabla Nº 7

Nº tee = 1

V = 0.709 mt./seg.

$$ht_3 = \frac{(1.5)(0.709 \text{ mt./seg.})^2}{(2)(9.81 \text{ mt./s.}^2)} = 3.84 \cdot 10^{-2} \text{ mt.}$$

$$ht_3 = 3.84 \cdot 10^{-2} \text{ mt.}$$

Tee de 25 mm.

$$Q = 0.000253 \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$d = 0.025 \text{ mt.}$$

$$K = 1.5 \longrightarrow \text{Tomado de tabla N}^\circ 7$$

$$N^\circ \text{ tee} = 1$$

$$V = 0.516 \text{ mt./seg.}$$

$$ht_4 = \frac{(1.5)(0.516 \text{ mt./seg.})^2}{(2)(9.80 \text{ mt./seg.}^2)} = 2.03 \cdot 10^{-2} \text{ mt.}$$

$$ht_4 = 2.03 \cdot 10^{-2} \text{ mt.}$$

Válvula Solenoide 26 mm.

$$Q = 7 \text{ GPM}$$

De la tabla N^o 8, se obtiene que :

$$p = 2.0 \text{ psi}$$

$$hvs = 0.703 (p)$$

$$hvs = 0.703 (2.0)$$

$$hvs = 1.41 \text{ mt.}$$

Para realizar el cálculo de las pérdidas en tuberías y accesorios se ha considerado el tramo ABCDEFGH, que es el de mayor longitud. Del cual se obtiene :

$$H_{lp} = 0.302 \text{ mt.}$$

$$H_{ls} = 0.295 \text{ mt.}$$

$$H_{lt} = 0.24 \text{ mt.}$$

$$H_{at} = 1.7 \text{ mt.}$$

$$H_{ma} = 18 \text{ mt.}$$



La pérdida de carga total sera :

$$H_t = H_{lp} + H_{ls} + H_{lt} + H_{a_e} + H_{m_e}$$

$$H_t = 20.54 \text{ mt.}$$

$$H_t \approx 29 \text{ PSI.}$$

Comprobación de los diámetros.

Para calcular los diámetros recurrimos a las fórmulas 2.6, 2.7, 2.8 y a la figura N° 8.

$$ev/Q = \frac{0.00001 \text{ mt.} * 1.005 * 10^{-6} \text{ mt.}^2/\text{seg.}}{4.43 * 10^{-4} \text{ mt.}^3/\text{seg.}}$$

$$ev/Q = 2.2686 * 10^{-8}$$

$$B = (0.026 * 2244.75)^{0.5}$$

$$B = 3.8496 * 10^{10}$$

$$d = \frac{4 * 4.43 * 10^{-4}}{\pi * 1.005 * 10^{-6} * 22447.7}$$

$$d = 0.0244 \text{ mt.}$$

Lo cual si cumple con lo que asumimos anteriormente para los cálculos, además siempre en la práctica se seleccionan los diámetros en base al costo de la tubería existente en el mercado local, ya que mientras más crecen los diámetros más son los costos para la ejecución de un sistema de riego.

2.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LA BOMBA

La capacidad de la bomba viene dada por el caudal que suministra el equipo de riego por microaspersión, y

el cual fué calculado en base al número de microaspersores existentes dentro del área experimental.

$$Q = (14 \text{ microaspersores})(102.22 \text{ l./h})$$

$$Q = 1431.1 \text{ l./h} = 4.43 \times 10^{-4} \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

2.4 CALCULO DE POTENCIA DEL MOTOR

La potencia de la bomba viene dada por la siguiente fórmula (ref. 6) :

$$P = \frac{Q \text{ Ht } P_w}{N_b \cdot 75} \quad 2.11$$

Donde :

Q = Caudal del sistema expresado en $\text{m}^3/\text{seg.}$

H_t = Altura manométrica o pérdida de carga totales expresada en m. (Cabezal Total)

N_b = Eficiencia de la bomba.

P_w = Peso específico del agua expresado en Kg/m^3 .

P = Potencia en CV.

La potencia requerida la procedemos a encontrar de la siguiente manera:

Aplicando la fórmula 2.11 y considerando una eficiencia del 70%, obtenemos :

$$Q = 4.43 \times 10^{-4} \text{ mt.}^3/\text{seg.}$$

$$\tau = 996.81 \text{ Kg/m}^3$$

$$Ht = 20.54 \text{ mt.}$$

$$P = \frac{(4.43 \times 10^{-4} \text{ mt.}^3/\text{seg.})(996.81 \text{ Kg/m}^3)(20.54 \text{ mt.})}{75 (0.70)}$$

$$P = 0.173 \text{ CV}$$

La selección e instalación, de la bomba y del motor, de este sistema es parte del proyecto de grado del Ing. Raul Chum.

2.5 INSTALACION DEL SISTEMA

En la instalación del sistema se procedió a demarcar bién el área la cual queriamos regar, luego se realizó la siembra de las plantitas de Mango. Posteriormente se hicieron las zanjas para la colocación de las tuberías primarias y secundarias, las líneas terciarias no son enterradas y estas están a la vista sobre la superficie del terreno.

Luego con los datos obtenidos anteriormente en lo que respecta al grupo de bombeo, el señor Raul Chum procedió en su proyecto de grado a instalar una bomba de 10 GPM y de 1 Hp. con un tanque de presión, el cual tiene una válvula reguladora de presión la que nos garantiza que siempre tengamos el caudal

necesario, y la presión requerida para el funcionamiento de los microaspersores que en nuestro caso deben siempre trabajar a 25 PSI para de esta manera obtener los 102.2 LPH./microaspor. Estos datos y mas información sobre los microaspersores los podemos observar en la tabla A1.

Es importante señalar que se hicieron pequeñas modificaciones ya en el terreno de instalación con respecto al plano original, debido a irregularidades y pequeños obstaculos que, ya en la práctica siempre se hacen presentes. Luego se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento del sistema, para comprobar que los caudales y presiones en los microaspersores, cumplan con las características que la casa fabricante señala. Y ademas para observar si nuestro diseño teórico esta bién realizado. Lo cual asi sucedió, por los datos obtenidos practicamente en el sistema.

Para la relización de las pruebas, se seleccionaron 4 puntos cualesquiera en la red experimental los cuales estan representados en la fig. 9.

En dichos puntos se relizaron las pruebas para, comprobar caudales y presiones. Las primeras pruebas fueron las de comprobar caudales, lo cual se procedió

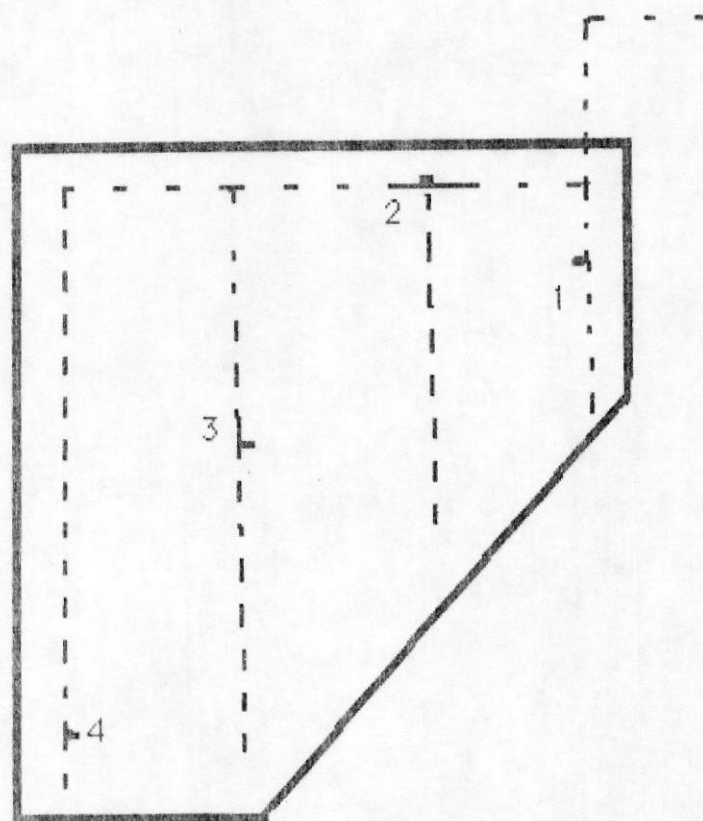


Fig. Nº 9 Puntos de Pruebas

de la siguiente manera: Primero, se procedió a cronometrar el tiempo de llenado de un recipiente de 500 cc., en cada uno de los puntos previamente señalados, se realizaron en cada punto 5 tomas, las cuales estan tabuladas en la tabla N^o 9. Con estos datos se procedió a calcular el caudal en cada punto (microaspersor), con lo que se obtubieron los siguientes resultados.

$$Q1 = \frac{500 \text{ cc.}}{17.77 \text{ seg.}} = 28.137 \text{ cc./seg.}$$

$$Q1 = 101.3 \text{ LPH.}$$

$$Q2 = 102.1 \text{ LPH.}$$

$$Q3 = 101.75 \text{ LPH.}$$

$$Q4 = 100.5 \text{ LPH}$$

Pruebas experimentales (caudales)

CAPACIDAD = 500 cc.				
PRESION DE TRABAJO = 25 PSI				
PRUEBA	TIEMPO EN SEGUNDOS			
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
1	17.3	17.5	17.6	17.7
2	17.7	17.85	17.8	17.9
3	17.9	17.9	17.3	17.85
4	17.85	17.4	17.9	18.1
5	18.1	17.5	17.85	18.0
PROMEDIO	17.77	17.63	17.69	17.91

Tabla N^o 9. RESULTADOS EXPERIMENTALES, CAUDALES.

Calculo del % de error:

$$(102.2-100.5)/102.2 = 0.016$$

error = 1.6 %

Estos resultados prueban que el diseño está bien realizado ya que la diferencia es pequeña.

Como podemos ver, el punto 4 es el mas alejado de la fuente, y es logicamente el que mas perdidas sufrira. La relación de error de dicho punto o sea lo que se debe obtener con lo que se obtuvo es apenas de 1.6 % lo que ralmente es excelente.

Se puede acotar que el % de error es muy bajo ya que el sistema en si es pequeño y por lo tanto hidraulicamente muy eficiente, por las pocas distancias que tiene que recorrer el fluido, y ademas los pocos accesorios que se oponen a dicho recorrido.

Con relación a las perdidas de presión se tomaron las mediciones en los mismos puntos y se obtuvieron los siguientes resultados que se encuentran tabulados en la tabla Nº 10.

Igual que el caso anterior el punto 4 es el mas desfavorable, y este punto nos arroja un error del 1.92 %, que como podemos ver es pequeñisimo, lo que

nos garantiza una vez mas el diseño teórico realizado en este proyecto de grado, además que el terreno es practicamente plano.

Pruebas Experimentales (presiones)

PRUEBA	PRESION EN PSI			
	1	2	3	4
1	24.8	24.8	24.7	24.4
2	24.9	24.85	24.8	24.5
3	25.0	24.9	24.85	24.6
4	25.0	25.0	24.78	24.6
PROMEDIO	24.93	24.88	24.78	24.52

Tabla Nº 10 DATOS EXPERIMENTALES DE PRESION.

El área experimental y la instalación del sistema se puede apreciar en las siguientes figuras que a continuación se detallan :

Vista del área experimental



fig. 10 Área experimental considerada.



fig. 11 Area y equipo funcionando.

Materiales utilizados.

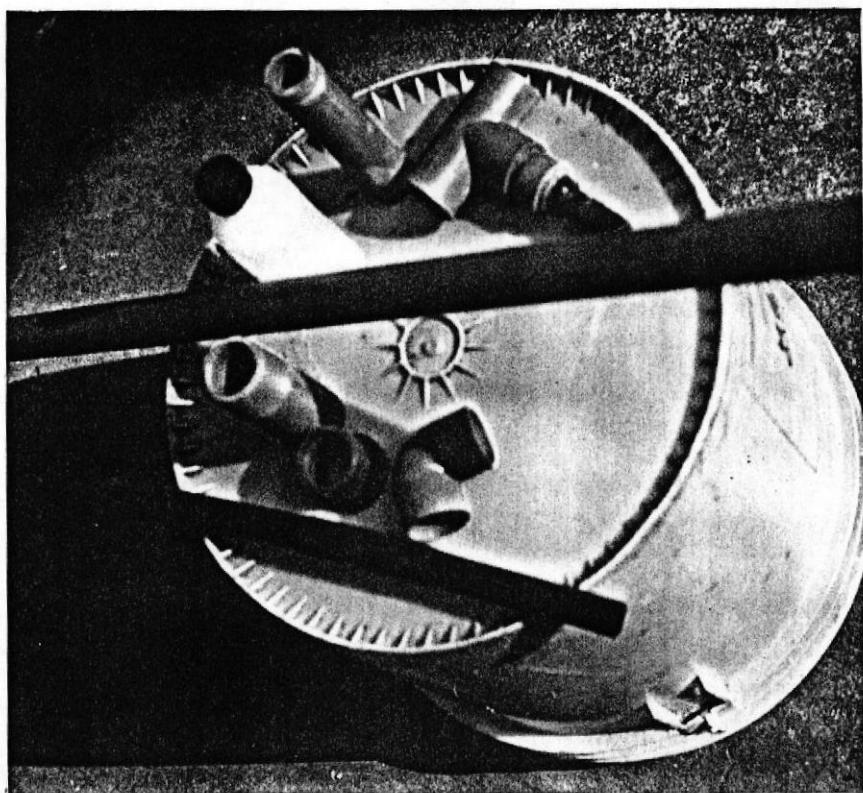


fig. 12 Accesorios utilizados en la red experimental

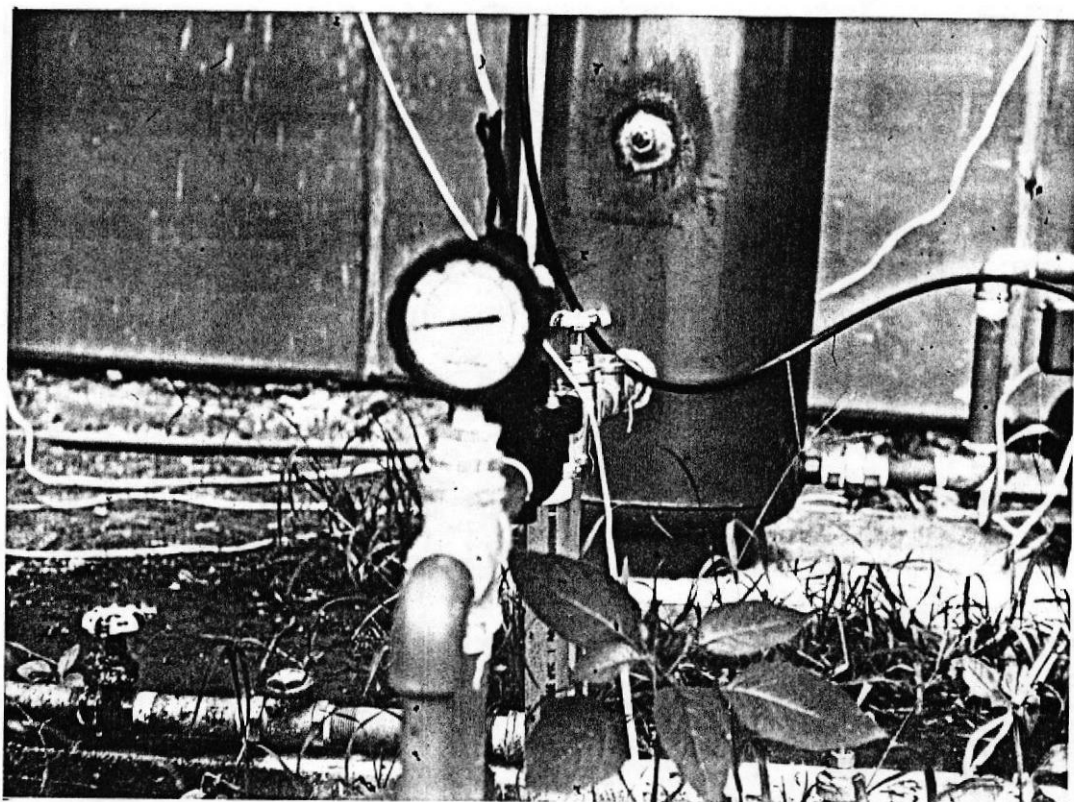


fig. 13 Instalación de manómetro.



fig. 14 Instalación de Válvula solenoide.



fig. 15 Instalación de estaca porta microaspersor y microaspersor.

Tendido de la tubería.



fig. 16 Instalación de tubería primaria y válvula solenoide

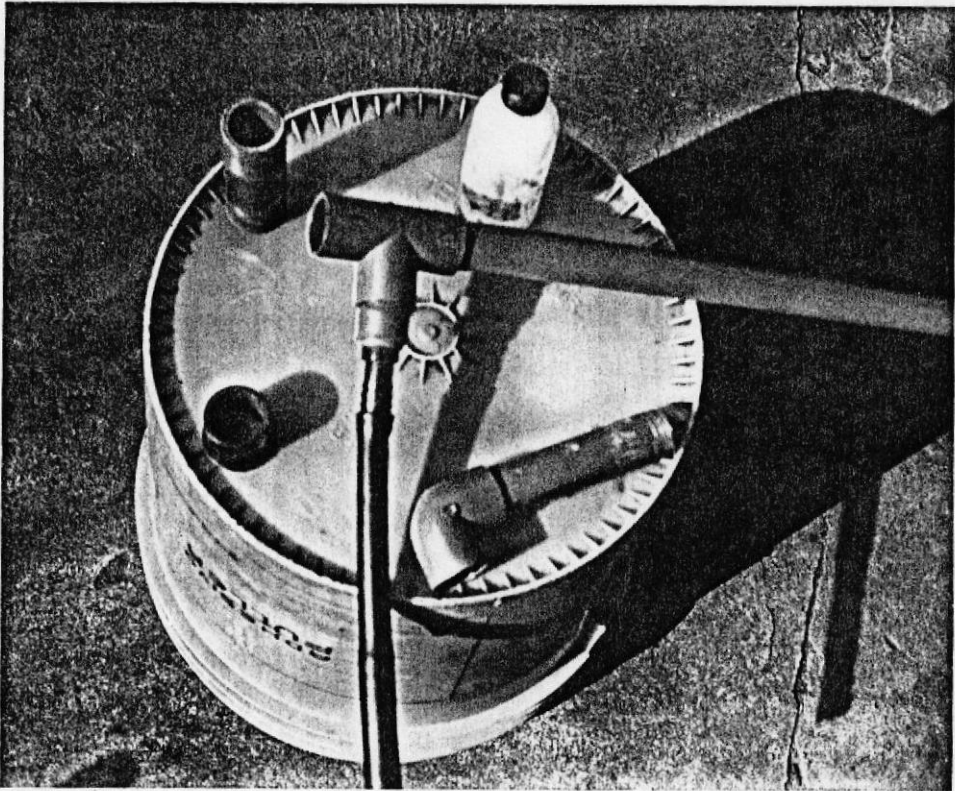


fig. 17 Instalación de tubería secundaria y terciaria, codo, reductor, tee y pegamento.

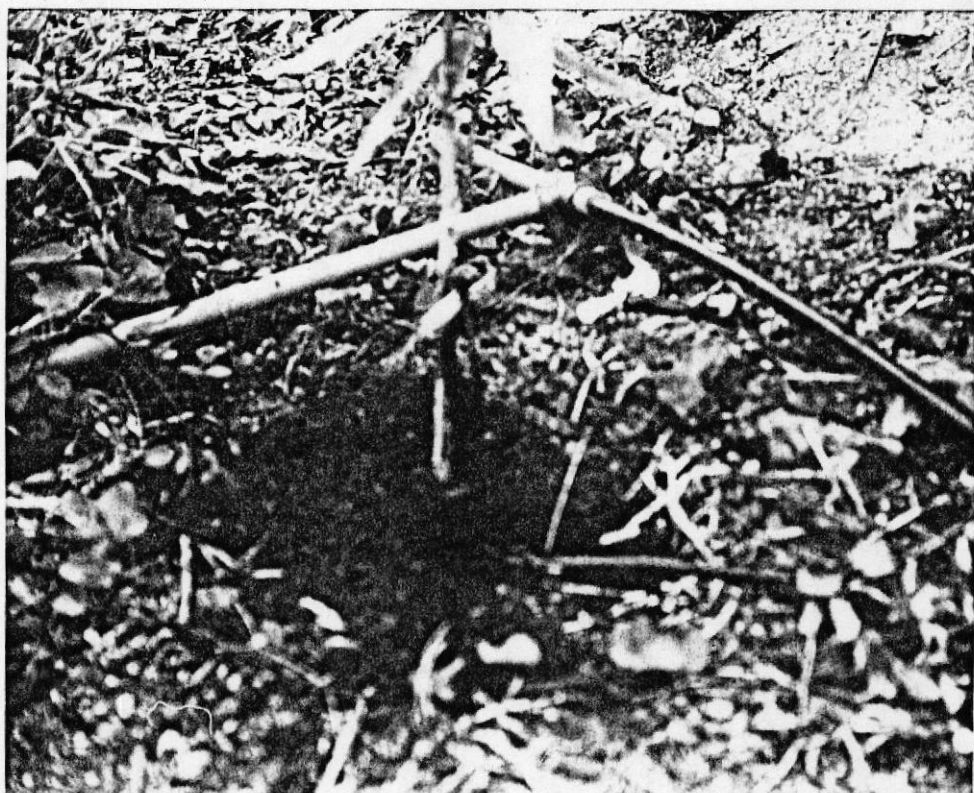


fig. 18 Tendido de tuberías primarias, secundarias, terciarias y microaspersor.

CAPITULO III

PROYECCION PARA UN CULTIVO DE 50 HAS.

3.1 CONDICIONES DE DISEÑO.

De los resultados obtenidos en los capítulos anteriores sobre el área experimental se van a considerar para la proyección a 50 has. los siguientes :

Evapotranspiración
Requerimiento Hídrico del Mango
Caudal Continuo
Porcentaje de pérdidas por fricción
Porcentaje de pérdidas por accesorios
Caudal del microaspersor
Presión de trabajo
Días de riego

Además de la ficha técnica que se requiere para poder realizar el diseño.

Ficha técnica

Cultivo	:	Mango
Suelo	:	Franco arcilloso
Superficie	:	50 ha.
Topografía	:	Regular plana

Distancia de siembra:	10 m. entre líneas y 5 m. entre plantas.
Evapotranspiración:	ETp = 153 mm./mes
Días de riego :	Lunes a Sábados
Plantas por Ha.:	200
Número de Microaspersores por planta:	1
Caudal del Microaspersor:	102.2 l./h.
Caudal que suministra el equipo:	20440 L/Ha./Hora
Presión de trabajo:	25 PSI
Fuente de Agua:	2 Pozos de 500 GPM cada uno

También es necesario realizar las siguientes consideraciones para poder realizar con éxito nuestro diseño proyectado.

El cultivo requiere una aplicación diaria de 30000 LPH/Ha. con el equipo de riego proyectado, el tiempo en que podríamos aplicar este caudal sería:

$$\frac{30000 \text{ LPH/Ha.}}{20440 \text{ L/Ha./H.}} = 1.47 \approx 1 \text{ Hora } 30 \text{ Minutos}$$

Para regar una superficie de 50 Ha. necesitamos que la fuente de agua nos provea un caudal de 4482.5 GPM, lo cual puede ser posible encontrar, pero en nuestro caso el limitante es la capacidad del pozo por lo que tenemos dos posibilidades, una es regar con un solo

pozo y hacer diez módulos de 5 Ha. cada uno, y regar un modulo a la vez, el tiempo de riego seria:

$$Tr=10*1.47$$

$$Tr=14.7 \text{ Horas}$$

Y otra es que la superficie del proyecto a regar es de 50 Ha. y lo que se procede a hacer es dividir la superficie en 2 de 25 Ha. cada una, y realizar 5 módulos de 5 Ha. en cada parcela de 25 Ha. Con esto conseguimos que el caudal para cada parcela sea de 2241.25 GPM. además a esto lo dividimos para 5 módulos y obtenemos el caudal necesario para regar un módulo.

$$Q_m = 2241.25 \text{ GPM} / 5$$

$$Q_m = 448.3 \text{ GPM.}$$

Para regar las 50 Ha., se han dividido en 10 módulos de cinco hectáreas cada uno, del cual para nuestros cálculos vamos a regar 2 módulos, uno en cada parcela de 25 Ha. es decir, un sector de 10 hectáreas.

Si las 50 Ha. las dividimos en dos parcelas de 25 Ha. las cuales serán regadas individualmente con un grupo de bombeo por parcela, el tiempo de riego sería la mitad como se puede ver :

$$5 * 1.47 \text{ Hr.} = 7.35 \text{ Hr.}$$

Lo cual es lo mas conveniente para la vida util del grupo de bombeo, ya que son menos horas de trabajo para la maquina, y de control para el personal de operaci3n del sistema.

La secuencia de los 5 sectores a regar es :

- M3dulo 3 - 1
- M3dulo 9 - 7
- M3dulo 8 - 3
- M3dulo 5 - 10
- M3dulo 4 - 7

3.2 DISEÑO DE LA RED

El 3rea del proyecto es de 50 Ha. con la siguiente distribuci3n, un 3rea rectangular de 500 mt. de lado menor por 1000 mt. de lado mayor.

10 m3dulos de 5 Ha. cada uno, con una distribuci3n rectangular de 250 mt. por 200 mt. como se puede ver en la figura N3 19.

La fuente de captaci3n de agua para objeto de nuestro diseo se encontrara en la mitad del terreno, en ambos casos para cada parcela de 25 Ha.

Cálculos de la Red.

Los cálculos realizados para el área experimental fueron comparados con los que se obtubieron con la regla de cálculo para riego de **RAIN - BIRD**, la cual se puede apreciar en la figura A.3, y se puede decir que los valores si son los correctos, pero en la práctica no se pueden proyectar esos resultados, por cuanto las pérdidas por fricción por longitud de tuberías principales van a ser mucho mayores que las pérdidas en accesorios. Para los cálculos en esta proyección utilizaremos la regla de cálculo de la famosa marca **RAIN - BIRD** (ref. 6).

Datos para el diseño:

Caudal:	$Q = 448.3$ GPM
Longitud de tubería Primaria :	$L=750$ mt.
Longitud de tubería secundaria:	$L=250$ mt.
Longitud de tubería terciaria:	$L=200$ mt.
Salidas en la tubería sec.:	25
Espaciamiento entre salidas:	30 pies
Caudal por salida en tub. sec.:	$Q=18$ GPM
Microaspersores por linea:	40
Distancia entre Microaspersores:	20 pies
Caudal del Microaspersor:	$Q_{MA} = 0.45$ GPM
Pérdida de carga por succión:	$H_{fs}=7.5$ PSI
Presión de Trabajo del Microaspersor:	$H_{MA} = 25$ PSI

Cálculo de pérdidas por fricción:

Tubería primaria

Tramo AB

$Q=448.3$ GPM

$D=160$ mm.

$L=350$ mt.

$Hf_1 = 5.4$ PSI

Tramo BC

$Q=448.3$ GPM

$D=160$ mm.

$L=200$ mt.

$Hf_2 = 3.3$ PSI

Tramo CD

$Q=448.3$ GPM

$D=110$ mm.

$L=200$ mt.

$Hf_3 = 7$ PSI

Tubería secundaria

Tramo DE

$Q=448.3$ GPM

$D=90$ mm.

$L=250$ mt.

$Hf_4 = 8$ PSI

Tubería Terciaria

Tramo EF

$Q=18$ GPM

$D=33$ mm.

$L=200$ mt.

$Hf_5 = 2$ PSI

La pérdida de carga total está dada por la suma de las pérdidas por fricción, mas un 15% que equivalen a las pérdidas en accesorios, o puede ser como factor de seguridad ya que la tabla de cálculo si toma en cuenta estas pérdidas. Entonces tenemos los siguientes resultados :

$$Hf_T = Hf_1 + Hf_2 + Hf_3 + Hf_4 + Hf_5 + Hf_s + H_{MA}$$

$$Hf_T = 5.4 + 3.3 + 7 + 8 + 2 + 7.5 + 25$$

$$Hf_T = 58.2 \text{ PSI} + 15\%$$

$$Hf_T = 58.2 + (58.2 * 0.15)$$

$$Hf_T = 67 \text{ PSI}$$

Estos resultados obtenidos nos proporcionan los datos que necesitamos para calcular capacidad y potencia requerida.



BIBLIOTECA

3.3 CAPACIDAD DE LA BOMBA.

Para determinar la capacidad de la bomba recurrimos a la ficha técnica y observamos cual es la presión de trabajo del elemento de riego y de esta manera obtenemos el caudal que emite un microaspersor.

Luego procedemos a calcular cuantos microaspersores

por módulo tenemos en nuestro diseño y con estos datos obtenemos el caudal por módulo, como vamos a regar un módulo a la vez por cada 25 Ha., entonces:

$$H_{ma} = 25 \text{ PSI}$$

$$Q_{ma} = 0.45 \text{ GPM}$$

$$MA/\text{módulo} = 1000$$

$$Q/\text{módulo} = 0.45 * 1000$$

$$Q/\text{módulo} = 450 \text{ GPM}$$

Esta es la capacidad de la bomba a seleccionar en el mercado.

3.4 POTENCIA DEL MOTOR.

Para calcular la potencia requerida para este sistema de riego necesitamos los siguientes datos que ya fueron obtenidos anteriormente :

$$Q = 450 \text{ GPM}$$

Cabezal Total ó TDH

$$TDH = 67 \text{ PSI}$$

Entonces para el cálculo asumiremos una eficiencia de la bomba del 70%, que es la que la mayoría de los fabricantes de bombas recomiendan, además que es una manera de seguridad para nuestro diseño no asumir una eficiencia mayor.

La potencia requerida será calculada por medio de la regla de cálculo para diseños de sistemas de riego de RAIN - BIRD, la cual es una herramienta valiosísima y práctica para la elaboración de este tipo de trabajos.

$$Q = 450 \text{ GPM}$$

$$\text{TDH} = 67 \text{ PSI}$$

$$N_e = 70 \%$$

$$P = 25 \text{ Hp.} \longrightarrow \text{ de regla RAIN BIRD}$$

Esta es la potencia requerida por la bomba, a la cual tenemos que acoplarle un motor que nos proporcione esta potencia.

Selección del grupo de Bombeo.

Para la selección del grupo de bombeo se tendrán dos alternativas, la primera, será accionado por un motor eléctrico. La segunda, será accionado por un motor de combustión interna a Diesel.

Descartamos la primera alternativa ya que en el campo o zonas rurales donde es que se realizan estos proyectos la energía eléctrica no está disponible para su fácil utilización. Cabe destacar que de utilizarse este tipo de energía los costos de operación serían sumamente bajos ya que esta energía

es mas económica que el Diesel. Por lo tanto seleccionamos la segunda alternativa, que es la utilización de un motor de combustión interna a Diesel en nuestro grupo de bombeo.

Con los datos de caudal, carga total y el conocimiento de las curvas características de la bomba se debe escoger aquella que se adapte mejor a estas condiciones, es decir, que se tenga un alto rendimiento, lo que observamos en las fig.Nº.20 y 21.

Características del grupo de bombeo seleccionado para ser activado por un motor de combustión interna.

Marca de la Bomba:	HIDROSTAL
Modelo:	65 - 200
Succión:	110 mm.
Descarga :	110 mm.
Velocidad:	1745 RPM.
Caudal:	500 GPM.
TDH:	67 PSI.
Eficiencia:	74 %
Motor :	Combustión Interna a Diesel.
Marca del motor :	LISTER PETER.
Modelo:	TX-2.
Velocidad:	2500 RPM.

CARACTERISTICAS DEL GRUPO DE BOMBEO

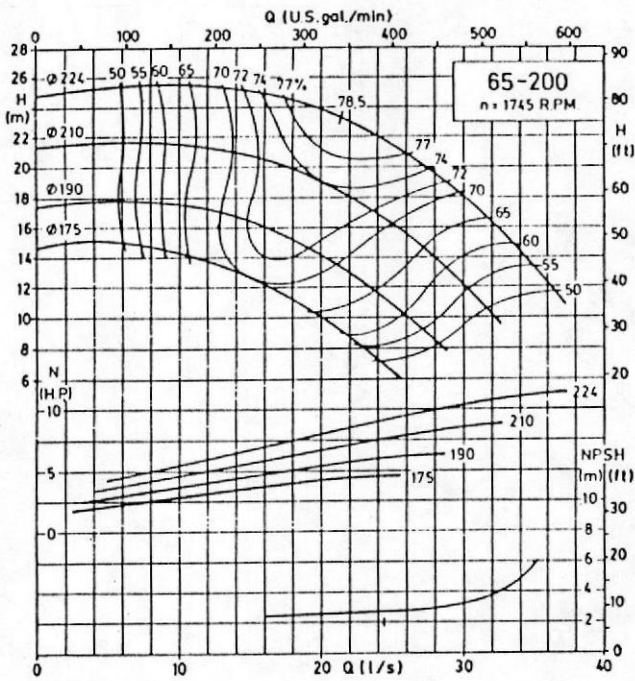
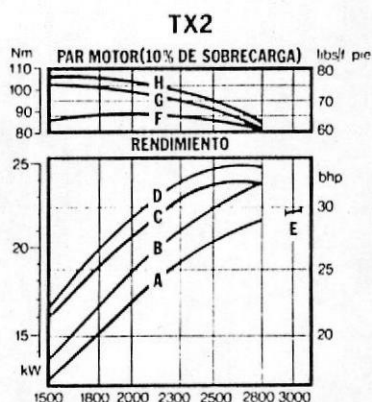


Fig. Nº 20 Características de la Bomba



- A bhp continuos según la BS5514
- B bhp intermitentes según DIN 6271
- C Potencia de compresor - factor de servicio 70%
- D Potencia automotriz - DIN 70020, factor de servicio 50%
- E Potencia normal según ISO 3046
- F Par intermitente
- G Par de compresor
- H Par automotriz

Estas cifras se entienden para motores completamente asentados sin merma de potencia y desnudos sin extras, cajas de engranajes, etc. consumidores de potencia, construidos, ajustados y probados para cada una de las velocidades mostradas, si están dotados de pistones de expansión controlada.

DATOS TECNICOS: Rendimiento

Velocidad de motor r.p.m.	Potencia continua BS5514		Potencia intermitente DIN 6271		Potencia normal ISO 3046		Potencia automotriz DIN 70020 Factor de servicio 50%		Potencia de compresor Factor de servicio 70%	
	TX2	TX3	TX2	TX3	TX2	TX3	TX2	TX3	TX2	TX3
3000 kW	-	-	-	-	22,1	33,1	-	-	-	-
(bhp)	-	-	-	-	(29,6)	(44,4)	-	-	-	-
2800 kW	21,6	32,4	23,8	35,6	-	-	24,8	37,2	23,8	35,6
(bhp)	(29,0)	(43,5)	(32,3)	(48,4)	-	-	(33,3)	(49,9)	(31,9)	(47,7)
2500 kW	20,3	30,4	22,3	33,4	-	-	24,7	37,0	23,7	35,5
(bhp)	(27,2)	(40,8)	(30,4)	(45,4)	-	-	(33,1)	(49,6)	(31,8)	(47,6)
2300 kW	19,1	30,2	21,0	32,9	-	-	23,9	35,8	22,8	34,3
(bhp)	(25,6)	(40,4)	(28,1)	(44,1)	-	-	(32,0)	(47,1)	(30,6)	(45,9)
2000 kW	16,8	25,2	18,5	27,7	-	-	21,6	32,4	20,5	30,7
(bhp)	(22,5)	(33,8)	(25,1)	(37,7)	-	-	(29,0)	(43,4)	(27,5)	(41,2)
1800 kW	15,0	22,5	16,5	24,7	-	-	19,8	29,7	18,8	28,2
(bhp)	(20,1)	(30,2)	(22,4)	(33,6)	-	-	(26,6)	(39,8)	(25,2)	(37,8)
1500 kW	12,3	18,4	13,5	20,2	-	-	16,6	24,9	16,0	24,0
(bhp)	(16,5)	(24,7)	(18,4)	(27,6)	-	-	(22,3)	(33,4)	(21,5)	(32,2)

Fig. Nº 21 Características del Motor

Potência :	27.2 Hp.
Aranque:	Eléctrico

3.5 ANALISIS ECONOMICO.

En un proyecto de riego un factor muy importante es que el equipo a instalarse sea lo más económico posible para su adquisición, eso si, sin disminuir su capacidad y funcionabilidad.

Esto quiere decir que la parte técnica de un proyecto siempre tiene que contemplar el lado económico del mismo, para que de esta manera la inversión sea lo mas rentable posible.

En nuestro caso la parte técnico-práctica nos señala que las pérdidas máximas en una línea primaria no deben ser mas de 25 PSI., en las secundarias no mas de 8 PSI. y por ultimo en las terciarias máximo 6 PSI. Estas pérdidas nos limitan técnicamente los diámetros que usaremos para el diseño de un sistema, ya que a menor diámetro mayor es la pérdida y, por el contrario a mayor diámetro menor es la pérdida. Mientras por otro lado, a mayor diámetro mayor es el costo de la tubería y a menor diámetro menor es el costo, este viene a ser nuestro limitante económico.

Entonces podemos darnos cuenta que tenemos que jugar

con los diámetros para poder obtener un equilibrio entre la parte técnica y la parte económica.

Con los resultados del proyecto para las 50 Ha. se realizó el siguiente presupuesto.

Costo de los Materiales.

Los costos de los materiales que se emplearían para la proyección a 50 has. se muestran a continuación.

DESCRIPCION	UNID	LONG [m.]	COSTO S/.	COSTO TOTAL S/.
TUBERIA DE PE DE d 33 mm.	-	50.000	63.960	31'980.000
TUBERIA uPVC d 160 mm.	184	1100	65.000	11'916.000
TUBERIA uPVC d 110 mm.	134	800	35.000	4'690.000
TUBERIA PVC 90 mm.	417	2500	33.000	13'750.000
TAPONES d 90 mm	25	-	2.700	67.500
CONECTORES DE 33mm	20	-	6.000	120.000
MICROASPESORES R-B	10000	-	2000	20'000.000
TEE REDUCTORA uPVC DE 110 X 90 mm.	4	-	70.000	280.000
TEE REDUCTORA uPVC DE 160 x 110 mm.	2	-	250.000	500.000
TEE uPVC d 110 mm	4	-	55.000	220.000
CODO 90° uPVC d 110 mm	4	-	1.200	48.000
ADAPTADOR MACHO 90 X 3	8	-	16.500	132.000

ADAPTADOR MACHO 110 X 4	2	-	28.000	56.000
VALVULA COMPUERTA d 90 mm.	8	-	135.000	1'080.000
VALVULA COMPUERTA d 160 mm.	3	-	565.000	1'695.000
MANOMETRO	12	-	150.000	1'800.000

Tabla Nº 11 PRESUPUESTO PARA LA PROYECCION A 50 Ha.
JULIO/93.

El costo de los materiales para la proyección a 50 Ha. será aproximado a 88'334.500 sucres, sin instalación y mano de obra.

El costo del grupo de bombeo es el siguiente sin instalación y mano de obra:

Bomba:	2'586.000 sucres
Motor:	9'989.850 sucres
Montaje y acople:	1'170.000 sucres

El costo por instalación y mano de obra es variable según la zona de cultivo y tipo del terreno.

Otro rubro que hay que tener presente es el de las plantas que se van a sembrar. Este costo es también variable, y depende de la variedad, tipo de injerto y procedencia.

Como podemos ver son valores de inversión sumamente grandes, que en el caso del mango no son recuperados a corto plazo, ya que el mango produce a partir del cuarto año.

Por este motivo es que en estos sistemas se realizan cultivos paralelos de ciclo corto, es decir se aprovecha que el sistema los tres primeros años esta sobredimensionado y se procede a cultivar hortalizas o frutos como, melon, sandía, maracuya etc.

Como podemos ver es un metodo eficaz para que la recuperación de la inversión sea mucho mas rápida, y además obtenemos que el sistema sea mas eficiente, esto lo podemos observar en la figura Nº 22.



Figura Nº 22 Cultivo de melón asociado con un cultivo de Mango

ANALISIS DE RESULTADOS

Haciendo las pruebas de funcionamiento del sistema experimental pudimos observar que las variaciones en cuanto a presión en las tuberías son sumamente pequeñas, y lo mismo ocurrió con los caudales que proporcionaron los microaspersores en los distintos puntos de pruebas.

Esta pruebas nos dieron los siguientes resultados porcentuales :

TDH :	29 PSI	—————>	100 %
Pérdidas en tuberías primarias:	0.43 PSI	—————>	1.5 %
Pérdidas en tuberías secundarias:	0.41 PSI	———>	1.4 %
Pérdidas en tuberías terciarias:	0.35 PSI	———>	1.2 %
Pérdidas en accesorios :	29-25-0.43-0.41-0.35=2.81 PSI		
	$H_{ra} = 2.81$	—————>	8.3 %
Pérdida de presión en microaspersor mas alejado del grupo de bombeo :	0.48 PSI	—————>	1.9 %

Por lo que la presión de trabajo del microaspersor mas alejado está en su margen de funcionamiento, por lo tanto el caudal del microaspersor esta garantizado.

Comparando estos resultados con los que se obtubieron en el diseño de la proyección a 50 Ha. podemos darnos cuenta que el tamaño de del área de la parcela a ser regada influye muchisimo, ya que en las 50 Ha. la longitud de las

tuberías va a ser inmensamente mas grandes, por lo que, las pérdidas por fricción en tuberías son las que predominaran sobre las demás.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término del presente proyecto se ha llegado a establecer las siguientes conclusiones :

- 1.- El sistema de riego por Microaspersión instalado en el Campus Politécnico resulta sumamente atractivo para su aplicación, en lugares donde existe escasez de agua.
- 2.- Con Microaspersores se obtiene una distribución regular de la lámina de riego, además que solo se humedece la pata de la planta. Esto nos asegura tener un control fácil sobre las malezas.
- 3.- El tiempo de riego es importante tomar en cuenta en este sistema para el cultivo de mango, ya que el requerimiento hídrico de este varía con los años, desde el primer año hasta el cuarto, en cuyo periodo el riego suministrado debe cumplir con los requerimientos hídricos del mango en cada año. Para de esta manera obtener una plantación sana y altamente productiva.
- 4.- La producción de un cultivo paralelo es prácticamente una necesidad ya que podemos darnos cuenta que los costos del equipo son sumamente elevados, y tener que

esperar cuatro años, que es lo que tarda una planta de mango en producir, para recuperar la inversión no es negocio. Estos cultivos paralelos pueden ser maracuyá, sandía o melón, entre otros de ciclo corto.

- 5.- El sistema es de fácil mantenimiento y operación, lo que representa una ventaja económica ya que el número de personas para dicha operación es mínima. Lo que representa más ganancias y ahorro de recursos.
- 6.- En cuanto al módulo experimental y al diseño para 50 Ha. los resultados hidráulicos del primero no deben tomarse como patrón para el proyecto de las 50 Ha. ya que como pudimos ver en los resultados de este último las longitudes de tubería influyen mucho en el diseño económico del sistema. Esto nos hace escoger los diámetros de tuberías, y como sabemos a mayor diámetro mayor es el costo de la tubería, y a mayor longitud mayores son las pérdidas, también vemos que a mayor diámetro, menor es la pérdida por fricción y cuando menor es el diámetro ésta se incrementa.
- 7.- Vemos que la funcionabilidad de la regla de cálculo de la marca RAIN - BIRD es muy buena, y se constituye en una herramienta sumamente útil para el ahorro de tiempo al momento del diseño hidráulico de un sistema de riego.

8.- Y por último se concluye que el terreno del Campus Politécnico se considera un sitio apto para el cultivo del mango y otro paralelo, lo que si molestaría un poco desarrollar este tipo de proyecto en el Campus es la irregularidad del terreno.

De lo expuesto se recomienda lo siguiente :

- 1.- Que el área experimental tenga un cuidado básico en el futuro, para que no se pierdan los trabajos ahí realizados, además que el cultivo de mango está en pleno crecimiento.
- 2.- Después de la instalación se deben drenar las tuberías abriendo los tapones de las líneas terciarias, con el propósito de sacar cualquier partícula extraña, la cual puede obstruir los microaspersores y alterar el régimen de riego establecido anteriormente.
- 3.- Se recomienda la utilización de la regla de cálculo de la firma RAIN BIRD para sistemas de riego, por ser altamente fiable en los datos que allí se obtienen, además como ya lo dijimos anteriormente, es economizadora de tiempo.
- 4.- Aumentar la cantidad de microaspersores con el

tiempo, esto nos proporciona mayor área de mojado cuando la planta ya es un árbol, además que nos disminuye el tiempo de riego.

- 5.- Se pueden incorporar tanques dosificadores de fertilizantes, tanto en el área experimental como en cualquier otro lugar, esto es para mejorar el rendimiento de un sistema de riego.
- 6.- Continuar el proyecto para la automatización de la red experimental, y demás mejoras que se le puedan hacer a dicho trabajo.

A P E N D I C E



BIBLIOTECA

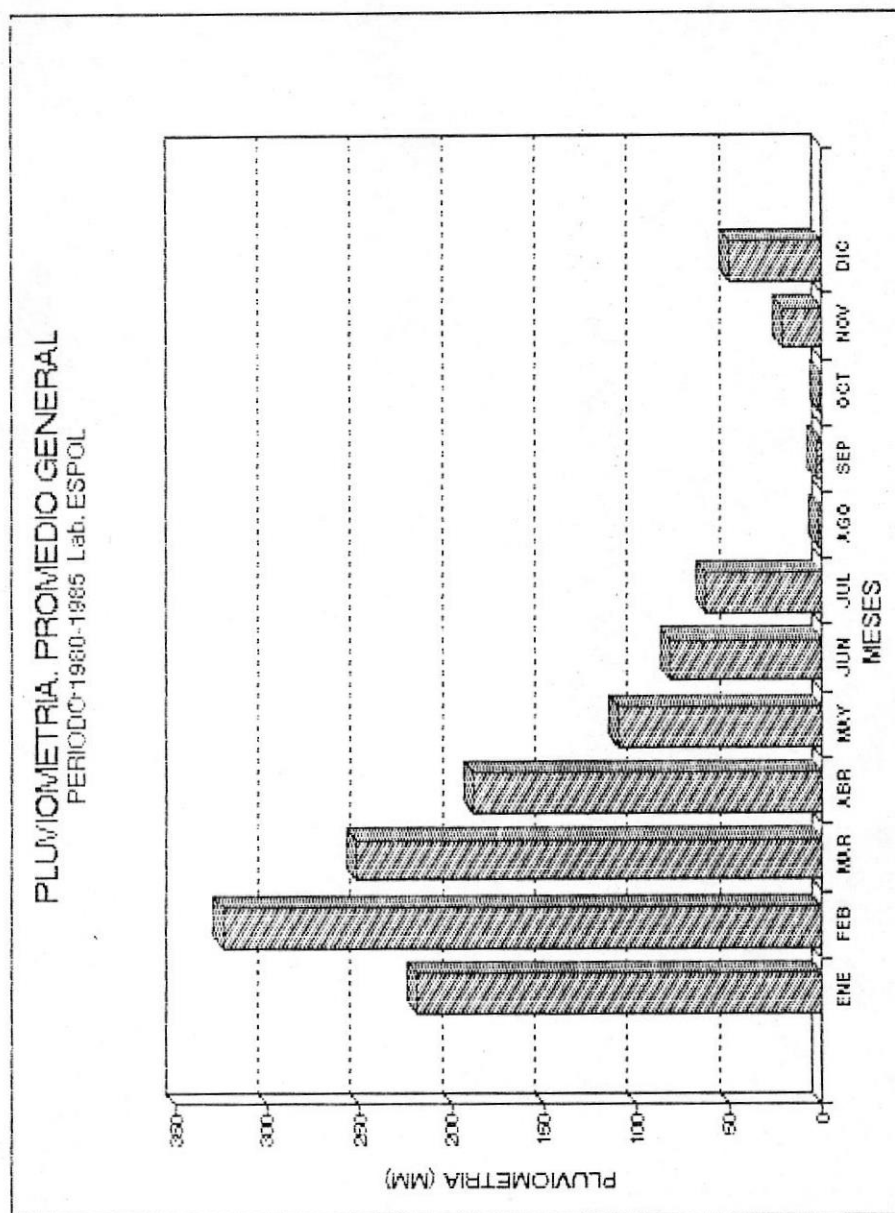


Fig. A1 Pluviometría Promedio



Fig. A2 Microaspensor RAIN BIRD

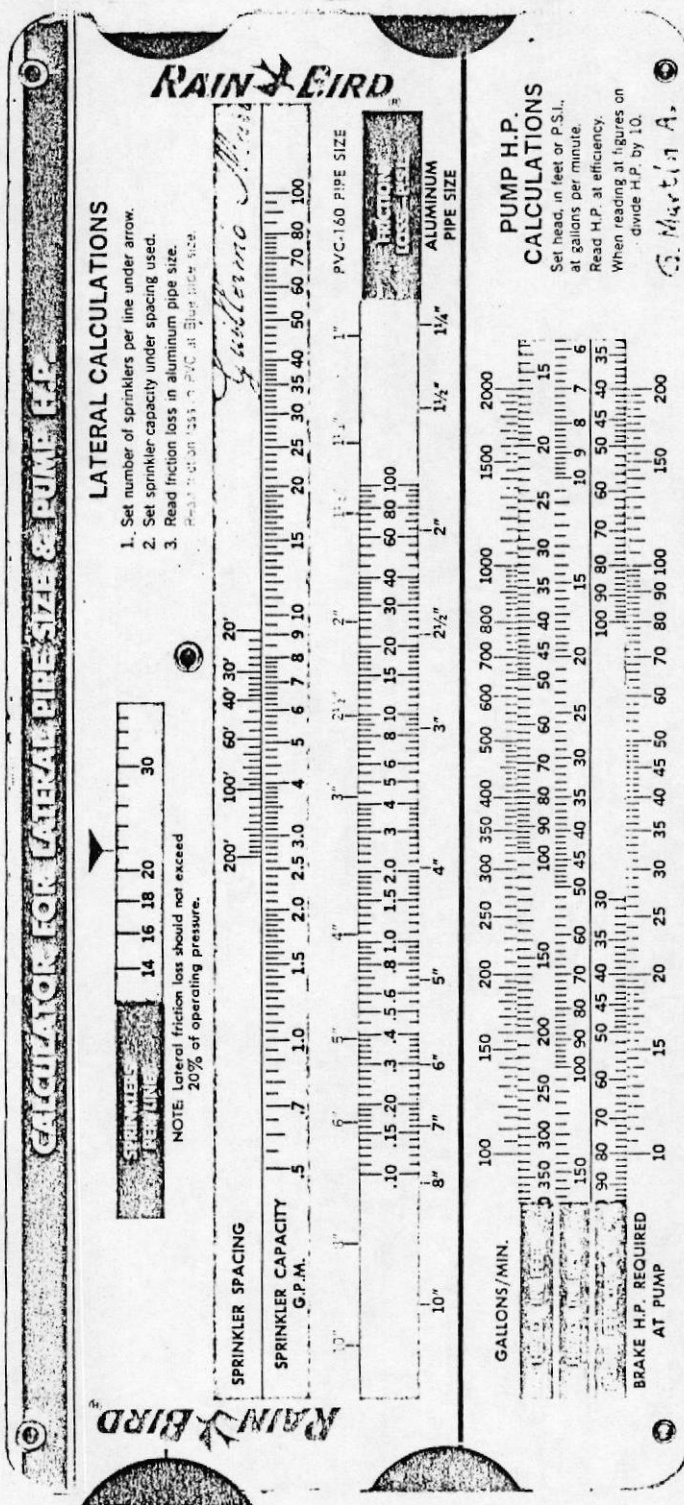


Fig. A3 Regla de cálculo RAIN BIRD

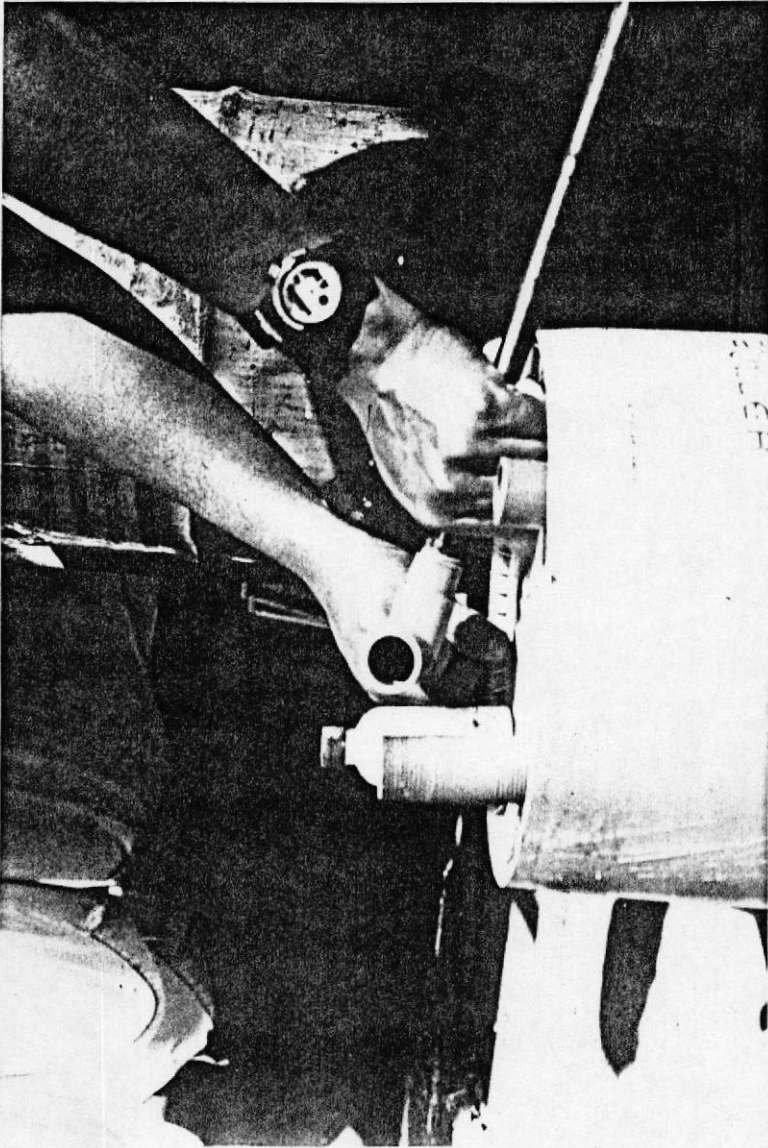


Fig. A4 Instalacion



Fig. A5 Cultivo Solo



Fig. A6 Cultivo asociado

PERFORMANCE DATA*					U.S. UNITS		
Model	Required Filtration Mesh (Microns)	Nominal Nozzle Diameter (Color)	Pressure (PSI)	Flow Rate (GPH)	Standard		
					300°	180°	90°
					Approximate		
					Diameter (feet)	Radius (feet)	
MS05	(111)	.027* (black)	10	3.9	3	5	5
			15	4.7	4	7	6
			20	5.5	5	8	7
			25	6.1	6	10	8
			30	6.7	7	11	9
MS12	(111)	.039* (blue)	10	8.3	6	9	7
			15	10.1	9	12	9
			20	11.6	11	15	11
			25	12.9	13	17	12
			30	14.1	15	19	13
MS16	(150)	.048* (green)	10	12.4	9	12	8
			15	15.1	12	16	10
			20	17.4	14	19	12
			25	19.4	17	21	13
			30	21.2	19	23	15
MS24	(150)	.057* (red)	10	17.0	12	15	10
			15	20.9	15	19	12
			20	24.1	18	21	13
			25	26.9	20	23	15
			30	29.3	23	25	16

PERFORMANCE DATA*					METRIC UNITS		
Model	Required Filtration Mesh (Microns)	Nominal Nozzle Diameter (Color)	Pressure (Bars)	Flow Rate (LPH)	Standard		
					300°	180°	90°
					Approximate		
					Diameter (meters)	Radius (meters)	
MS05	(111)	0.69mm (black)	0.75	15.0	0.5	0.7	1.6
			1.00	18.0	0.6	1.0	1.9
			1.50	22.0	0.8	1.3	2.2
			1.75	22.5	1.0	1.5	2.4
			2.00	25.0	1.1	1.7	2.8
MS12	(111)	0.99mm (blue)	0.75	31.0	1.0	1.4	2.1
			1.00	36.0	1.3	1.8	2.9
			1.50	43.0	1.7	2.3	3.5
			1.75	47.5	2.0	2.6	3.7
			2.00	52.0	2.3	2.9	4.0
MS16	(150)	1.22mm (green)	0.75	44.5	1.4	1.9	2.4
			1.00	55.0	1.8	2.4	3.2
			1.50	64.0	2.2	2.9	3.8
			1.75	73.5	2.6	3.3	4.1
			2.00	80.2	2.9	3.5	4.6
MS24	(150)	1.45mm (red)	0.75	63.5	1.8	2.3	3.0
			1.00	79.1	2.3	2.9	3.6
			1.50	91.0	2.7	3.2	3.8
			1.75	101.8	3.1	3.5	4.7
			2.00	111.0	3.4	3.8	5.0

Tabla A1: DATOS DEL MICROASPERSOR RAIN BIRD

PARA OBTENER BUENOS RESULTADOS EN LA
COSECHA SE RECOMIENDA SEGUIR LOS
SIGUIENTES PASOS:



ENERO	<p>PODAR , FERTILIZAR Y SUPRIMIR RIEGO</p> 
FEBRERO	<p>FUMIGAR Y CONTROLAR MALEZAS</p> 
MARZO	
ABRIL	<p>TIEMPO DE STRESS PARA LA PLANTA</p> 
MAYO	
JUNIO	
JULIO	<p>FLORACION Y CRECIMIENTO DEL FRUTO</p> <p>COMIENZE IRRIGACION</p> <p>AGUA MAXIMA</p> 
AGOSTO	<p>TIEMPO APROPIADO PARA MUESTREO DE HOJAS (CONTROL DE PLAGAS)</p>  
SEPTIEMBRE	
OCTUBRE	<p>CRECIMIENTO DEL FRUTO</p> <p>AGUA MAXIMA</p> 
NOVIEMBRE	<p>FUMIGAR 7 DIAS ANTES DE LA COSECHA PARA EVITAR LA MOSCA COSECHA</p> 
DICIEMBRE	<p>COSECHA</p> 

Tabla A2 CRONOGRAMA PARA
CULTIVO DEL MANGO

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- LESLIE R. HOLDRIDGE, Ecología basada en zonas de vida. (Costa Rica, 1982 IICA).
- 2.- ISRAELSEN-HANSEN, Principios y Aplicaciones del Riego. (España, 1986 Reverts).
- 3.- CURSO INTERNACIONAL DE LIMA SOBRE REGADIO, 1979
- 4.- CLAUDIO MATAIX, Mecánica de fluido y Máquina hidráulicas (Mexico D.F. 1972 Harla).
- 5.- CATALOGO DE LA RAIN-BIRD, TURF IRRIGATION, EQUIPMENT, 1991 - 1992.
- 6.- FRANK M. WHITE, Mecánica de Fluidos (España, 1983 McGRAW-HILL).
- 7.- R. EDE Y OTROS, Sistema de Riego (Editorial Acribia).
- 8.- MANUAL DEL CULTIVO Y COMERCIALIZACION DEL MANGO (CEDOPEX, 1981).
- 9.- MANGO CULTURE, (Queensland Department of Primary Industries).
- 10.- JORGE MORA, Proyecto de Grado (ESPOL, 1993).
- 11.- FOLLETO METEREOLÓGICO, Laboratorio de Energía Solar de la Espol (ESPOL, 1985).