

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AEREO PARA  
LA PRODUCCION DE PLANTAS ORNAMENTALES

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la Facultad de Agronomía  
de la  
Universidad Autónoma de San Carlos de Guatemala

P O R

Samuel Alexis Padilla Ferguson

en el Acto de Investidura de

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, mayo de 1971

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
BIBLIOTECA  
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

01  
T(182)  
e.3

RECTOR MAGNIFICO DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
Dr. Rafael Cuevas del Cid

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Ing. Agr. Edgar Leonel Ibarra
Vocal 1o.:	
Vocal 2o.:	Ing. Agr. Antonio A. Sandoval S.
Vocal 3o.:	Lic. Fernando Tirado Barrios
Vocal 4o.:	Br. César Augusto Molina L.
Vocal 5o.:	Br. José Manuel del Valle

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO:

Decano:	Ing. Agr. René Castañeda Paz
Examinador:	Ing. Agr. Antonio A. Sandoval S.
Examinador:	Ing. Agr. Mario Molina Llarden
Examinador:	Ing. Agr. Carlos Rodríguez
Secretario:	Ing. Agr. Carlos René Matheu

DEDICO ESTE ACTO

A: Dios Nuestro Señor

A mis padres: Samuel Padilla Natareno  
Gladys Ferguson de Padilla

A mi esposa: Annabella del Rosario Pierri de  
Padilla

A mi hija: Annabella del Rosario Padilla P.

A mis hermanos: Carlos Leopoldo  
Gladys Adelita  
América Victoria  
Amalia María  
Elsie

A mi abuelo: Carlos Padilla Flores

A mi suegra: María Alicia Zaghi de Díaz

Al Doctor: Luis Humberto Díaz

A mis tíos: Lic. Carlos Padilla N.  
Lic. Ella Ferguson de Arosemena

A mis cuñadas: Gina Lucía Pierri Zaghi  
Rossana Quiara Pierri Zaghi  
Geraldina Díaz Zaghi  
Carmina Díaz Zaghi

A mis: Compañeros de Promoción,  
parientes y amigos

DEDICO ESTA TESIS

A mis Padres: Samuel Padilla Natareno  
Gladys Ferguson de Padilla

A mi esposa: Annabella del Rosario Pierri de  
Padilla

A: El Colegio Liceo Javier

A: La Facultad de Agronomía

A: La Universidad de San Carlos de  
Guatemala

A: Mi Patria Guatemala

## RECONOCIMIENTO

Es mi anhelo en esta fecha, en que se presentan los resultados de mi trabajo de Tesis, hacer patente mi más franco y sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que me ayudaron en el desarrollo del proyecto, y en especial a mi Asesor, Ingeniero Agrónomo Oswaldo Porres Grajeda, que tan eficazmente me orientara en el desarrollo de las diferentes etapas del estudio, asimismo al Ingeniero Agrónomo Axel Rayo Méndez, por la valiosa colaboración que prestara al Autor.



Br. Samuel Alexis Padilla Ferguson

Guatemala  
28 de abril de 1971

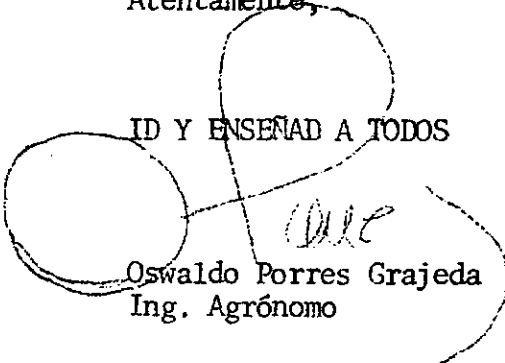
Señor Decano de la  
Facultad de Agronomía  
Ing. Agr. Edgar Leonel Ibarra  
Ciudad

Señor Decano:

De conformidad con lo dispuesto por la Junta Directiva de esta Facultad, he asesorado al Bachiller Samuel Alexis Padilla Ferguson, en su trabajo de tesis titulado "DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AEREO PARA LA PRODUCCION DE PLANTAS ORNAMENTALES", el cual, a mi criterio, reúne los requisitos para ser presentado en el examen público, previo a optar el título de INGENIERO AGRONOMO.

Atentamente,

ATENTAMENTE Y ENSEÑAD A TODOS


  
Oswaldo Porres Grajeda  
Ing. Agrónomo

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA,  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Es para mí un honor presentarles mi trabajo de tesis titulado: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AEREO PARA LA PRODUCCION DE PLANTAS ORNAMENTALES", en el cual se exponen algunas consideraciones y conceptos sobre la ciencia del riego, aplicada a plantaciones intensivas de flores y plantas ornamentales.

Al presentar a vuestra consideración este trabajo de tesis, lo hago con el objeto de cumplir con lo estipulado en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos, para optar el título de INGENIERO AGRONOMO, en el grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS.

Es mi deseo que el presente trabajo cuente con la aprobación de tan distinguida Junta Directiva, y que sea una contribución para los hombres que se dedican a este tipo de trabajos.

  
Br. Samuel Alexis Padilla Ferguson

## CONTENIDO :

<u>CAPITULO PRIMERO:</u>	PAGINA:
Introducción .....	1
<u>CAPITULO SEGUNDO:</u>	
Antecedentes del Problema .....	3
<u>CAPITULO TERCERO:</u>	
Objetivos .....	5
<u>CAPITULO CUARTO:</u>	
Descripción del Vivero Tipo .....	6
Consideraciones Generales del Suelo Usado .....	8
<u>CAPITULO QUINTO:</u>	
Riego Aéreo .....	9
<u>CAPITULO SEXTO:</u>	
Cálculo y Diseño Práctico de un Sistema de Riego Aéreo .....	11
Cuadro de Datos Preliminares para Uso Consuntivo .....	13
Datos Obtenidos del Observatio Metereológico Nacional .....	14



II

<u>Tabla Número 1:</u>	PAGINA:
Horas de Insolación .....	15
<u>Tabla Número 2:</u>	
Número Total de Horas Luz .....	16
<u>Cuadro Número 1:</u>	
Datos para Encontrar el Uso Consuntivo .....	17
<u>Tabla Número 3:</u>	
Valores Medios Mensuales de la Radiación Solar .....	18
<u>Ejemplo Número Uno:</u>	
Cálculos Matemáticos .....	19
<u>Tabla Número 4:</u>	
Altura Equivalente de Agua Evaporada .....	22
<u>Figura Número 1:</u>	
Presión de Vapor Saturado .....	23
<u>Figura Número 2:</u>	
Tensión Vapor Saturado .....	24
<u>Figura Número 3:</u>	
Temperatura en °C .....	25
Lámina de Agua .....	26
Intervalo de Riego .....	27

III

<u>CONTENIDO:</u>	<u>PAGINA:</u>
Cómo Seleccionar un Sistema de Riego .....	30
Diseño y Cálculo de un Riego Aéreo por Aspersión .....	31
<u>CAPITULO SEPTIMO:</u>	
Análisis de Costos del Sistema .....	38
Proyecto del Diagrama del Riego Aéreo .....	40
Costo Total del Sistema .....	41
<u>CAPITULO OCTAVO:</u>	
Ventajas y Desventajas de la Aspersión .....	43
<u>CAPITULO NOVENO:</u>	
Resumen .....	46
<u>CAPITULO DECIMO:</u>	
Conclusiones .....	48
Bibliografía Citada y Consultada .....	51
<u>APENDICES:</u>	
Apendice No. 1 - Examen Químico Sanitario del Agua .....	54
Apendice No. 2 - Análisis de Laboratorio de una Muestra Tipo de Suelo .....	56

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

El riego es una práctica agrícola que se realiza en muchas partes del mundo. Es una técnica muy antigua, que a través del transcurso del tiempo ha venido evolucionando; muchas civilizaciones florecieron y se lograron mantener en pie por el empleo racional del riego.

El riego se ha utilizado como un medio de complementar o sustituir las lluvias y tiene como objeto proporcionar la humedad necesaria a las plantas para un desarrollo fisiológico normal. Una humedad adecuada en el suelo, es un factor importante para el desarrollo de una agricultura productiva.

Algunas instituciones como el Ministerio de Agricultura, ANACAFE, FAO, y otros organismos nacionales e internacionales están realizando una serie de esfuerzos y destinando recursos considerables a fin de lograr una mayor productividad en el renglón correspondiente a Plantas Ornamentales, tanto para el mercado interno como para la exportación. Tal es el caso que un gran número de floricultores y viveristas se encuentra actualmente produciendo plantas y flores en escala comercial; sin embargo,

es necesario hacer notar que el mercado internacional es amplio y que la oferta nacional es limitada.

Actualmente existe una preocupación, por parte de los técnicos en esta materia en cuanto a un mejor aprovechamiento de áreas pequeñas, mediante la aplicación de técnicas adecuadas e instalación de cultivos intensivos referentes a la propagación de plantas ornamentales, flores cortadas y otros.

En Guatemala hasta hace muy poco tiempo, se ha empezado a dar la importancia que merece la tecnificación de sistemas de riego aplicados a pequeños y grandes viveros, con el uso de técnicas y prácticas que se ajusten a la ubicación de los mismos, ya que en la mayoría de los casos se trata de áreas urbanas que requieren sistemas mecanizados modernos y prácticos, que permitan bajar los costos de mano de obra.

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES DEL PROBLEMA:

Actualmente se está dando considerable importancia a la diversificación de explotaciones agrícolas, como un medio de contrarrestar el monocultivismo y fomentar los cultivos económicos.

Como ejemplos que corroboran el incremento obtenido últimamente, en la producción de flores y plantas ornamentales, podemos citar las siguientes empresas que se dedican a esta actividad:

Greenberg y Cía., en Santa Lucía Milpas Altas, José Carlos, Finca La Pradera en Mixco, Collier y Cía., Plantaciones en La Florida, Mariano Pacheco Herrarte, Hugo Cragg, Viveros Pomona, Jardín Tres Flores, Tempixque, y Viveros Tio Sam, propiedad del autor.

Algunas de las limitaciones que se confrontan en este tipo de explotaciones son:

- a. Escaséz de mano de obra especializada
- b, Alto costo de áreas urbanas, destinadas a viveros
- c. Limitaciones en la disponibilidad del recurso agua.

- d. Pérdidas excesivas de agua, debido a su mal uso en el riego; pérdidas de fertilizantes, insecticidas y suelo de cultivo, como consecuencia de una sobre dosificación de agua.

CAPITULO III

OBJETIVOS

- A. Aplicación técnica del riego, de acuerdo con los principios tecnológicos de la irrigación moderna para incrementar la productividad en la explotación de viveros.
  
- B. Aprovechamiento óptimo de los insumos agrícolas en el aspecto económico, por medio del riego tecnificado.
  
- C. Investigar, proyectar y calcular un modelo de sistema de riego adaptable a las condiciones del medio agrícola de Guatemala.

### DESCRIPCION DEL VIVERO TIPO

Considerando que los viveros están situados en su mayoría en el límite urbano de la ciudad de Guatemala, se presenta la descripción del vivero que se pretende convertir en tipo:

#### ELEVACION:

1,568 metros sobre el nivel del mar.

#### CLIMA:

Templado

El clima es el resultado de la combinación de la posición geográfica, movimiento de las masas de aire, temperatura, humedad, luz solar y algunos otros fenómenos naturales. En el presente caso, se considera apto para la producción de plantas ornamentales.

Los factores climáticos pueden controlarse dentro de cierta técnica científica y experimental, dando como resultado un medio ecológico más adecuado, para que las plantas puedan desarrollar su ciclo biológico, sin alteraciones de su fisiología.



FUENTE DE AGUA:

El agua del vivero pertenece a la red municipal de abastecimiento de agua potable para la ciudad capital.

Se efectuaron análisis de agua para establecer la conveniencia o inconveniencia de su utilización con fines de riego; habiéndose obtenido resultados satisfactorios que indican la posibilidad de su aprovechamiento en forma favorable.

TIPO DE SUELO USADO:

De acuerdo con los análisis de suelos, efectuados en la muestra que se utiliza se obtuvieron datos que indican corresponder a un suelo franco arenoso, con un alto porcentaje de materia orgánica, Ph de 7.2, por lo que se asume que es un suelo que está en buenas condiciones para el desarrollo de las plantas, con las cuales se está trabajando.

Siendo el suelo uno de los principales factores, debe darse especial atención a su manejo y conservación a fin de obtener el éxito deseado.

Sirve de medio favorable para el crecimiento y normal desarrollo de las plantas, es una fuente de abastecimiento alimenticio y soporte de los vegetales, es también el principal medio donde se reproducen las bacterias

transformadoras de los elementos orgánicos y minerales y depósito del agua necesaria para la vida de los vegetales.

### CONSIDERACIONES GENERALES DEL SUELO UTILIZADO

1. La tierra con la cual se trabaja para la reproducción de las plantas, generalmente no es la original de los propios viveros, debiéndose seleccionar y traer de los lugares en donde se encuentran suelos adecuados.
2. La arena se trae de diferentes lugares, utilizándose como un medio para mejorar la textura del suelo.
3. La materia orgánica es de origen vegetal, y es traída de bosques donde predomina el encino.
4. Con los elementos antes mencionados, más fertilizantes químicos, se procede a efectuar la mezcla que nos da los resultados que indicamos anteriormente en el análisis del suelo.

## CAPITULO V

### RIEGO AEREO:

Es un sistema de irrigación que no es más que la aplicación del agua al suelo en forma de lluvia. Tiene como finalidad suministrar a las plantas humedad para su normal desarrollo; este sistema es práctico ya que puede usarse cuando se desee, en la cantidad que mejor convenga.

En un sentido general el riego aéreo es bueno, para lugares donde no se permite otro sistema, por ejemplo: suelos poco profundos, de topografía irregular. Es utilizable en aquellos lugares donde la disponibilidad del agua es escasa y se busque una máxima eficiencia del riego.

Las pérdidas de agua son bajas con este sistema, por lo que hay un óptimo rendimiento del caudal disponible, el que se traduce en una mayor superficie regada.

El sistema de riego por aspersión, generalmente está formado por:

1. Tuberías principales de conducción,
2. Grupo motor o conjunto motor,
3. Tuberías de servicio,
4. Rociadores o implementos de acople, y
5. Elevadores y fijadores.

ROCIADORES:

Para nuestro caso nos interesan los giratorios de boquilla fina, que son los que generalmente se utilizan para regar jardines y plantaciones de flores.

PLANTA DE BOMBEO:

Generalmente formada por la bomba y una unidad motriz. Hay diferentes clases de bombas, pero en nuestro caso utilizaremos las de tipo centrífugo.

TUBERIAS DE PRESION:

Se considera como el medio más eficiente para distribuir, conducir y controlar el agua de riego.

Los costos iniciales de instalación de este sistema, son relativamente elevados, pero a la larga, debido a los bajos gastos de mantenimiento son muy económicos. Las líneas principales de los sistemas de alta presión, están formados por tubos metálicos, al igual que los ramales; las tuberías principales y laterales son las que llevan los rociadores.

CAPITULO VI

CALCULO Y DISEÑO PRACTICO DE UN SISTEMA DE RIEGO AEREO

1. Uso Consuntivo o Evapotranspiración:

Las demandas de riego, así como los usos consuntivos varían de acuerdo a los tipos de cultivo, en relación con los suelos, condiciones de clima y prácticas culturales.

La evapotranspiración se puede definir como la cantidad de agua que pasa a la atmósfera desde el suelo, durante el ciclo vegetativo y por medio de transpiración efectuada por las plantas junto con la evaporación que se lleva a cabo en la superficie del suelo.

El cálculo del uso consuntivo está en relación directa con el rendimiento del cultivo, dependiendo básicamente del clima y del riego en sí, ya que los niveles de humedad que se mantengan durante su completo desarrollo son determinantes para el máximo rendimiento. Para la determinación correcta del uso consuntivo, media vez no se disponga de datos locales, que sean producto de la

experimentación tenemos que utilizar métodos indirectos de cálculo, todos ellos son técnicamente aproximados, que se basan en las condiciones meteorológicas existentes y en la fisiología de las plantas. Uno de los métodos que se emplean para estos cálculos es el de Penmann, que entraremos a definir con un ejemplo práctico (CUADRO NUMERO 1).

DATOS PRELIMINARI'S PARA USO CONSUNTIVO

M E S	n	N	n/N	F. INSOLACION
Noviembre	7.15	11.6	7.15/11.6	0.615
Diciembre	8.42	11.3	8.42/11.3	0.745
Enero	8.83	11.3	8.83/11.3	0.781
Febrero	7.65	11.5	7.65/11.5	0.665
Marzo	7.38	12.3	7.38/12.3	0.600
	VER TABLA 1	VER TABLA 2		

n= Número de Horas de Sol  
N= Número Total de Horas Luz  
n/N= Fracción de Insolación  
r= Coeficiente de Reflexión

DATOS OBTENIDOS DEL OBSERVATORIO METEREOLÓGICO NACIONAL

PROMEDIOS DE 10 AÑOS

T°C = Temperatura media sacada

Humedad Relativa

Velocidad del Viento



TABLA NUMERO 1

HORAS DE INSOLACION, PROMEDIO DE 10 AÑOS (n)

ENERO	8.83
FEBRERO	7.65
MARZO	8.32
ABRIL	7.38
MAYO	7.27
JUNIO	4.68
JULIO	6.20
AGOSTO	6.16
SEPTIEMBRE	4.76
OCTUBRE	5.77
NOVIEMBRE	7.15
DICIEMBRE	8.42

TABLA NUMERO 2

NUMERO TOTAL DE HORAS LUZ (N)

(Promedio 10 Años)

ENERO	11.30
FEBRERO	11.50
MARZO	11.90
ABRIL	12.30
MAYO	12.70
JUNIO	12.90
JULIO	13.00
AGOSTO	12.80
SEPTIEMBRE	12.40
OCTUBRE	12.00
NOVIEMBRE	11.60
DICIEMBRE	11.30

DATOS PARA ENCONTRAR  
USO CONSUNTIVO POR PENMANN

CUADRO 1

	T°C MEDIA	HUMEDAD RELATIVA%	FRACCION INSOLACION n/N %	VELOCIDAD VIENTO Km/h.	RADIACION TEORICA mm/día	r %	EVAP. P.
Noviembre	17.0	79	0.615	18.2	12.14	26	1.69
Diciembre	16.5	77	0.745	18.2	11.56	26	1.54
Enero	16.5	74	0.781	19.3	12.00	26	1.70
Febrero	17.4	72	0.665	16.7	11.16	26	1.48
Marzo	18.5	71	0.682	18.3	13.44	26	1.93
Abril	19.6	72	0.600	15.4	15.20	26	2.37

RT = Radiación teórica mm/día

Tabla Número 3

'R'

VALORES MEDIOS MENSUALES DE LA RADIACION SOLAR EN  
 AUSENCIA DE ATMOSFERA EXPRESADA EN ALTURA EQUIVALENTE  
 DE AGUA EVAPORADA EN mm/día

TABLA NUMERO 3

HEMISFERIO NORTE					
	50°	40°	30°	20°	10°
Enero	3.6	6.0	8.5	<u>10.8</u>	<u>12.8</u>
Febrero	5.9	8.3	10.5	<u>12.3</u>	<u>13.9</u>
Marzo	9.1	11.0	12.7	<u>13.9</u>	<u>14.8</u>
Abril	12.7	13.9	14.8	<u>15.2</u>	<u>15.2</u>
Mayo	15.4	15.9	16.0	15.7	15.0
Junio	16.7	16.7	16.5	15.8	14.8
Julio	16.1	16.3	16.2	15.7	14.8
Agosto	13.9	14.8	15.3	15.3	15.0
Septiembre	10.5	12.2	13.5	14.4	14.9
Octubre	7.1	9.3	11.3	12.9	14.1
Noviembre	4.3	6.7	9.1	<u>11.2</u>	<u>13.1</u>
Diciembre	3.0	5.5	7.9	<u>10.3</u>	<u>12.4</u>

El vivero está situado entre los 20°y 10°

Longitud Norte

Ejemplo: Noviembre

$$\begin{array}{r}
 20^\circ \underline{\hspace{1cm}} 11.2 \\
 10^\circ \underline{\hspace{1cm}} 13.1 \\
 \hline
 10^\circ \underline{\hspace{1cm}} 1.9 \\
 4^\circ \underline{\hspace{1cm}} X \\
 \hline
 \phantom{10^\circ} = 0.76
 \end{array}$$

Resta del Valor Medio de Radiación Solar Menor

$$13.1 - 0.76 = 12.14 = R$$

EJEMPLO 1

CALCULOS MATEMATICOS

Cálculos del Uso Consuntivo con el método de Penmann:

Diciembre:

A. Datos:

1. Temperatura Media:  
16.5°C
2. Humedad Relativa ed/ea:  
77%
3. Fracción de Insolación n/N:  
74.5%
4. Velocidad del Viento a 2 m de Altura:  
18.2 Km/hora
5. Radiación Teórica:  
11.56 mm/día
6. Coeficiente de Reflexión:  
26%

B. Radiación Recibida:

- Rr-R (1-r) (0.18+0.55 n/N)
7. (1-r) = 1 - 0.26 : 0.74
  8. (0.18 + 0.55 n/N) = 0.18 + 0.41: 0.589
  9. Item 5 x Item 7 x Item 8 = 11.56 x 0.74 x 0.58:  
4.961

C. Radiación Emitida:

$$Re = \sigma T_a^4 (0.56 - 0.92 \sqrt{ed}) (0.10 + 0.90 n/N)$$

10. Presión de Vapor:

A) Saturado  $e_a$  16.5°C  $e_a$  : 14 (Ver Fig. 1)

B) Actual  $e_d = 0.44 \times 14$  : 6.16 (Ver Fig. 2)

C)  $\sqrt{ed}$  : 2.48

11.  $\sigma T_a^4$ , en tabla para 16.5°C : 14.4 (Tabla # 4)

12.  $(0.56 - 0.092 \times 2.48)$  : 0.332

13.  $(0.10 + 0.90 n/N)$  : 0.771

14. Item 11 x Item 12 x Item 13 : 3.62

D. Radiación Neta:

$$R_n = R_r - R_e$$

15. Item 9 - Item 14 : 1.342

E. Poder Evaporante de la Atmósfera:

$$E = 0.35 (e_a - e_d) (2.5 - 0.155 U_2)$$

16.  $0.35 (e_a - e_d)$  : 2.74

17.  $(1 + 0.0061 \times 18.2)$  : 1.11

18. Item 16 - Item 17 : 3.06

F. Evaporación:

$$E_o = \Delta \frac{R_n - \gamma E}{\Delta - \gamma}$$

19.  $\Delta$  en fig 3 mm/hg°C : 0.87

20.  $\Delta R_n$ , Item 19 x Item 15 : 1.167

21.  $\gamma E = 0.49 \times$  Item 18 : 1.499

$$E_o = \frac{1.167 + 1.499}{0.87 + 0.49} = 1.93$$

$$0.87 + 0.49$$

G. Evapotranspiración Potencial:

$$E_p - E_o \cdot f$$

$$22. \quad E_p - 1.93 \times 0.80$$

$$E.p. = 1.54 \text{ mm agua evaporada por día}$$

TABLA 4

VALORES DE  $T_a^4$  EN ALTURA EQUIVALENTE DE AGUA  
EVAPORADA, en mm/día

Temperatura °C	Temperatura Absoluta $T_a$ °K	$T_a^4$ mm/día
2	275	11.6
4	277	12.0
6	279	12.4
8	281	12.8
10	283	13.1
12	285	13.5
14	287	13.9
16	289	<u>14.3</u>
18	291	14.7
20	293	15.1
22	295	15.5
24	297	15.9
26	299	16.4
28	301	16.8
30	303	17.1

Calculada con :

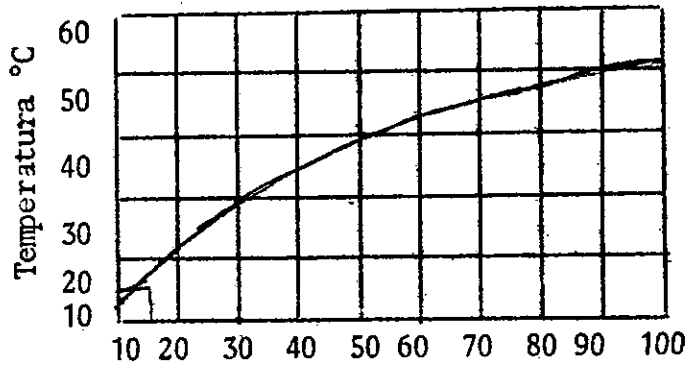
$$= 1,371 \cdot 10^{-12} \text{ cal/s/cm}^2/\text{°K}^4$$

Calor latente de Vaporización = 580 cal/g



PRESION DE VAPOR SATURADO ( $e_a$ ) EN mm. DE Hg

FIGURA No. 1j



Presión de vapor saturado ( $e_a$ ) en mm. de Hg

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
BIBLIOTECA  
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

FIGURA No. 2

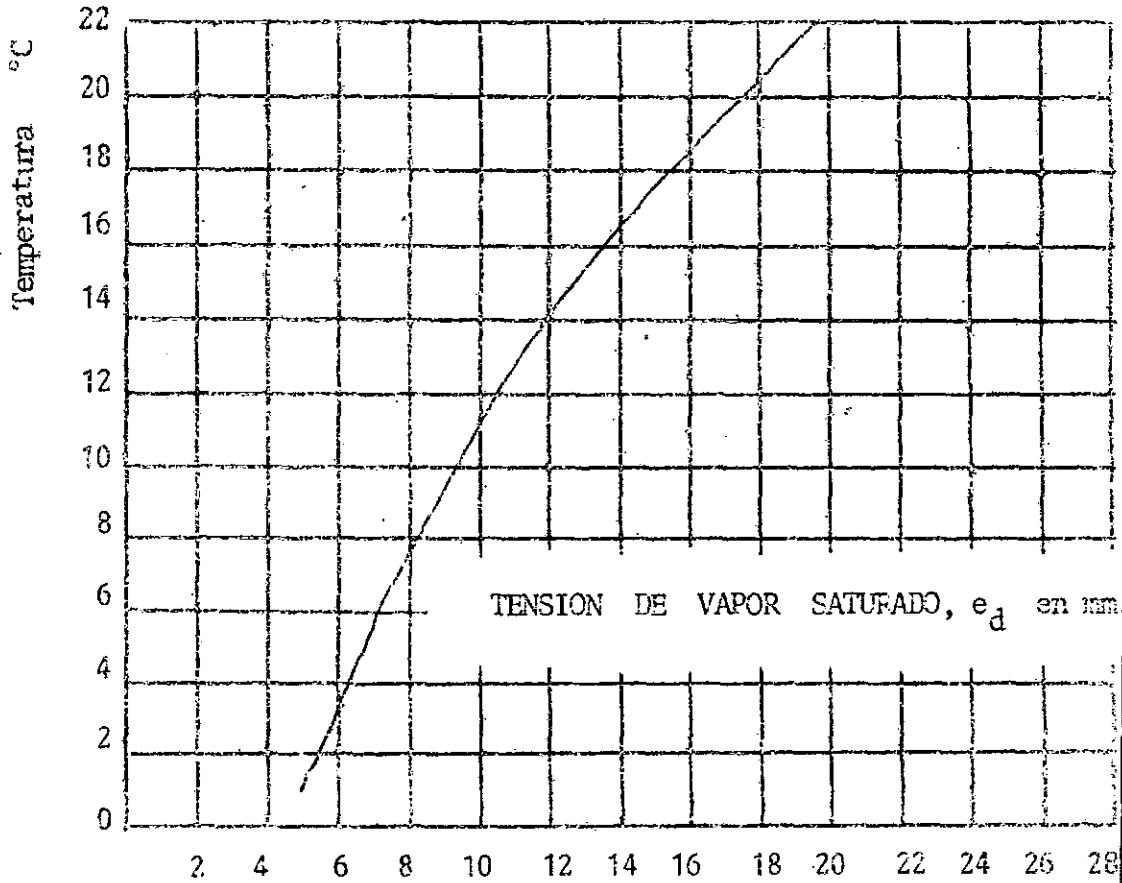
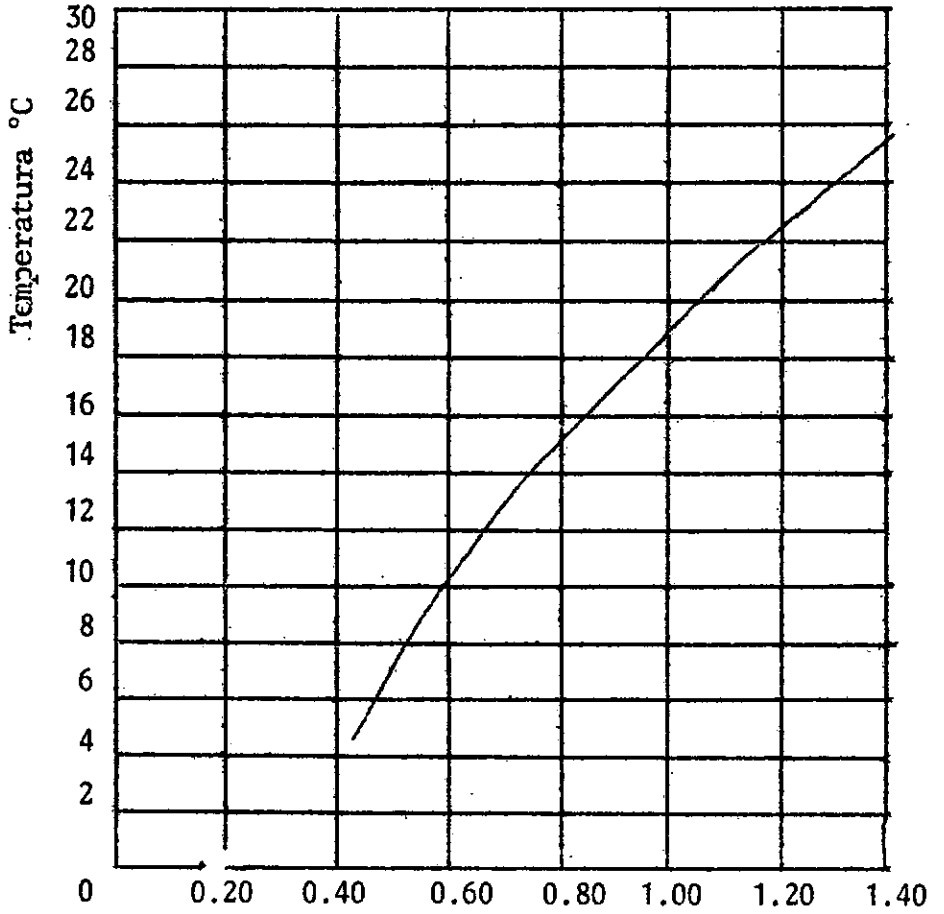


FIGURA No. 3



$$\Delta = d e_{d/d_1}$$

2. Lámina de Agua:

El grado de ramificación de las raíces, la profundidad efectiva de las mismas y la cantidad de humedad retenida en el suelo puede ser aprovechable, va en función directa sobre la cantidad de agua que debe aplicarse en el riego. En la primera fase del crecimiento de las plantas, las necesidades de agua son mínimas, al ir alcanzando las plantas su máximo desarrollo, sus raíces también crecen al mismo tiempo lateralmente y hacía abajo. Las ramificaciones ocupan en mayor o menos medida casi todo el suelo entre las plantas.

La parte superior de un sistema de raíces, extrae con más rapidez la humedad que las raíces más profundas. Esta es una de las muchas razones de que la humedad del suelo se agote primero en la parte superior, en proporción a la inferior.

Las necesidades de agua de un cultivo, son más exigentes cuando va llegando a su período de maduración.

3. Intervalo de Riego:

Es el tiempo que debe transcurrir para que un cultivo reduzca la humedad del suelo en la parte de las raíces superficiales, hasta un nivel que se ha determinado previamente sin que se agote la humedad del mismo; sería mejor fijarla en función de la succión que las raíces de las plantas deben ejercer para extraer tal humedad, suponiendo que en determinada área de cultivo no se registren lluvias, el intervalo de días a regar es simplemente el volumen neto de agua aplicado en el riego, dividido por el coeficiente de evapotranspiración, expresado en las mismas unidades de volumen por día, generalmente transcurren algunos días entre el comienzo y el fin del período de riego. Suponiendo que los riegos se ajustan a un mismo procedimiento, el intervalo es el mismo en cada porción de cada campo. En algunas ocasiones cuando se registran lluvias intermedias entre los riegos, los mismos se prolongarán en los intervalos.

Hay algunos lugares en que el riego por aspersión no es más que un suplente de las lluvias, por este motivo, no es necesario evaluar la proporción de las mismas, si ha sido efectivo para reponer la humedad del suelo por evapotranspiración.

Toda aquella lluvia que se infiltra por debajo de las raíces se considera como lluvia efectiva. La escorrentía superficial que se produce en los suelos depende de muchos factores, entre los cuales podemos enumerar algunos de ellos como son: La cantidad y la intensidad de las precipitaciones, inclinación y saturación; también es un factor de mucha importancia por el cual se produce la escorrentía, como lo es la clase de suelo por la oposición que presenta contra el agua para que se infiltre, por este motivo es muy difícil evaluar la proporción de lluvias efectivas. El momento de riego puede fijarse con bastante aproximación, sumando la cantidad de agua aplicada por aspersión y deducirse del total de las pérdidas acumuladas por evapotranspiración.

4. Selección de los Rociadores:

Para escoger el tipo de rociadores es necesario tomar en cuenta la cantidad de agua que se va a aplicar. A continuación se enumeran varios tipos de aspersores:

1. Aspersores de Tipo Lento:

Son los que más se utilizan en los trabajos agrícolas, varían entre pequeños aspersores

de boquilla sencilla y aspersores gigantes, de boquilla grande y múltiple, que funcionan a alta presión. Se utilizarán los de tipo lento, de boquilla sencilla porque el agua a regar sale en forma más pulverizada y no lastima las plantas.

2. Aspersores de Giro por Reacción:

Estos tienen la boquilla orientada de tal forma, que la fuerza del agua los hace girar.

3. Canalizaciones con Boquillas:

Son tubos de regular tamaño, con una sola hilera de boquillas pequeñas, espaciadas uniformemente a cierta distancia'

5. Cómo Seleccionar un Sistema de Riego:

Hay varios sistemas de riego y equipos para las diferentes necesidades y extensiones a regarse, estos sistemas han sido clasificados generalmente como:

Portátiles

Semifijos y

Fijos.

En nuestro caso sólo interesa el sistema de riego fijo, ya que evita gran parte de mano de obra por estar instalados en el mismo lugar, su costo de instalación por área no es mayor al de cualquier otro sistema. Este tipo de riego se adapta especialmente a los cultivos de larga vida, que requieren riego durante toda la temporada; como las plantas ornamentales, flores de corte y almácigos.

Diseños del Sistema de Riego:

Escogido el sistema más apropiado para el riego, debe determinarse las medidas de sus partes, selección del tamaño apropiado de los rociadores, tuberías, planta de bombeo; de acuerdo a las necesidades del riego. Para el diseño de un sistema de riego por aspersión debe conocerse los principios fundamentales a fin de que se pueda obtener un buen sistema.



DISEÑO Y CALCULO DE UN SISTEMA DE RIEGO AEREO POR ASPERSION

DATOS BASICOS:

1. Disponibilidad de agua y calidad
2. Tipo de suelo y profundidad
3. Cultivo
4. Cantidad y frecuencia del riego
5. Posición del terreno a regar, en relación con la fuente de agua, longitud y diferencia de nivel
6. Presión requerida en la boquilla de los aspersores
7. Velocidad del viento para la determinación del espaciamiento de aspersores.

DATOS DISPONIBLES:

1. Disponibilidad de agua que proviene de la red municipal, de acuerdo a los análisis realizados, es clasificada como:  
 $C_1$   $S_1$  o sea que en cuanto a su conductividad  $C_1$  es un agua de baja salinidad y puede ser usada en riego, sin ningún riesgo, en cualquier cultivo; en cuanto a su contenido de sodio  $S_1$  puede ser usada en la mayoría de suelos con muy pequeño daño, sin embargo, cultivos sensitivos al sodio, como ciertos frutales podrán sufrir algún daño si hay acumulación de sal de sodio.

2. Tipo de Suelo:

Textura media, como se ha indicado se trata de un suelo fabricado exprofeso para los propósitos del vivero.

- a) La profundidad es de 0.3 mts. o sea 1', que es el alto de las bolsas.
- b) Cantidad máxima de la precipitación es de 0.75" a 0.50"/hora
- c) Pendiente 0%
- d) Capacidad de retención 2.25"/pie con un 75% de agua aprovechable hasta punto de marchitez = 0.56"/pie
- e) Cantidad de agua a añadir por riego = 1.69"/pie.

Humedad disponible para las plantas.

- 3. Humedad máxima para la profundidad del cultivo = 0.2"/día = 3.8 G.P.M./Acre
- 4. Evapotranspiración calculada = 1.54 mm/día.

1. CAUDAL REQUERIDO

FÓRMULA:

$$Q = \frac{27154 \times I \times A}{H \times D \times 60}$$

27154 = Galones en un acre pulgada

I = Cantidad de agua a ser aplicada, expresada en pulgadas

A = Area a regar, expresada en acres

H = Tiempo de aplicación o tiempo de operación por día

D = Tiempo requerido para cubrir el terreno, frecuencia

60 = 60 minutos/hora

$$Q = \frac{27154 \times 2.25'' \times 0.44}{5 \times 4 \times 60}$$

$$Q = 22 \text{ G.P.M.}$$

$$I = \frac{1.69}{0.75} = 2.25''$$

$$A = 1800 \text{ M}^2$$

$$D = \frac{2.25''}{1.540} = 5.625$$

$$D = 3.6 \text{ días} \approx 4 \text{ días}$$

2. SELECCION DEL TIPO DE ASPERSOR:

- a) Se considera que en el vivero no habrá prácticamente una velocidad considerable de viento, puesto que está cubierto de partes altas, por lo que el espaciamiento debe ser de 65% del diámetro.

$$1-5\text{mts.} \times 3.28 = 49.20 = 50 \text{ pies}$$

- b) Buscamos en un catálogo y encontramos el Aspersor:

25 A con boquilla de 1/8"

el cual tiene las siguientes especificaciones de trabajo:

- a) Presión de trabajo = 25 #/0"  
b) Radio = 23 pies  
c) Descarga = 2.21 G.P.M.

3. CHEQUEO DE LA DESCARGA TOTAL DE LOS ROCIADORES

- a) Del diagrama vemos el número de rociadores  
= 8
- b)  $Q = 2.21$  G.P.M.  
 $QT = 2.21 \times 8 = 17.68$  G.P.M.  
 $QT = 18$  G.P.M.

4. TIEMPO DE APLICACION

Precipitación en pulgadas/hora

$$= \frac{96.3 \times \text{G.P.M.}}{\Delta}$$

$$= \frac{96.3 \times 2.21}{50 \times 50}$$

$$= \frac{96.3 \times 2.21}{2500}$$

Precipitación = 0.2 pulgadas/hora.

Como nuestra aplicación total debe ser de 2.25 pulgadas tenemos:

$$T = \frac{2.25}{0.2} = 11 \text{ horas más o menos tiempo aplicación}$$

De el dato anterior podemos deducir lo siguiente:

- a) Habiendo determinado que nuestra frecuencia de riego es de más o menos 4 días, podemos regar solamente de 1 1/4 horas día y estaremos cubriendo las necesidades de las plantas.
- b) Puede utilizarse todo el sistema al mismo tiempo.

5.

SELECCION DEL DIAMETRO DE TUBERIA:

Q = 22 G.P.M.	Con $\emptyset$ 1" tenemos
L = 394	50.2' por c/100 pies de tubería
H = 6 pies	Con $\emptyset$ 1 1/4" tenemos 13.2' por c/100 pies tubería
	Con $\emptyset$ 1 1/2" tenemos 6.25' por 100 pies de tubería
con diámetros de 1 1/4" y 1 1/2" determinaremos pérdidas totales por fricción	
$\emptyset$ 1 1/4"	1 1/2"
Hf=3.94x13.2=52"	Hf = 6.2" x 3.94 = 24.62'

6. CAPACIDAD DEL MOTOR:

$\emptyset$ 1 1/4"	$\emptyset$ 1 1/2"
Hf total = 52'	Hf total = 25
H = 6'	H = 6
Carga trabajo aspersores 25 = <u>59</u>	H trabajo aspersores <u>59</u>
Carga dinámica 117	Carga dinámica 90

$$Hp = \frac{G.P.M. \times HT}{3960 \times Ef} =$$

$$Hp = \frac{22 \times 90}{3960 \times 0.75} = \frac{1980}{2860}$$

$$Hp = \frac{22 \times 117}{3960 \times 0.75} = \frac{2574}{2860}$$

$$Hp = 0.69$$

$$Hp = 0.9 = 1 Hp$$

$$= 3/4 Hp$$

7. Cálculo dimensiones del Depósito y Número de

Pajas de Agua necesarias:

$$Q = 22 \text{ GPM} = 83.16 \text{ litros por segundo}$$

$$T = 11/4$$

$$V \text{ Agua} = 83.16 \times 60 \times 11/4$$

$$V \text{ Agua} = 13.72 = 14m^3$$

$$\text{Pajas de Agua} = \frac{13.7214 \times 3 \emptyset}{6 \emptyset}$$

$$\text{Pajas de Agua} = 6.8 \approx 7$$

$$\text{Tamaño Pila} = 4 \text{ mts.} \times 3 \text{ mts.} \times 1.20 \text{ mts.}$$

CAPITULO VII

ANALISIS DE COSTOS DEL SISTEMA

En un sistema de riego, son muchos los accesorios y partes del equipo que integran el costo del sistema; el costo inicial incluye:

1. Tubería y conexiones
2. Bomba y sus accesorios
3. Unidad de fuerza motor
4. Instalación.

Es necesario calcular el probable costo anual en el que figura:

1. Interés y depreciaciones de la inversión
2. Impuestos y contribuciones
3. Reparaciones y mantenimiento anuales
4. Costo de combustibles
5. Aceite y electricidad
6. Atención y cuidado del grupo motor
7. Mano de obra en las labores de riego
8. Pagos por consumo de agua
9. Gastos diversos, generales y misceláneos.

Con frecuencia estos gastos son omitidos del presupuesto final y de ello posteriormente resulta el desencanto o desilusión.

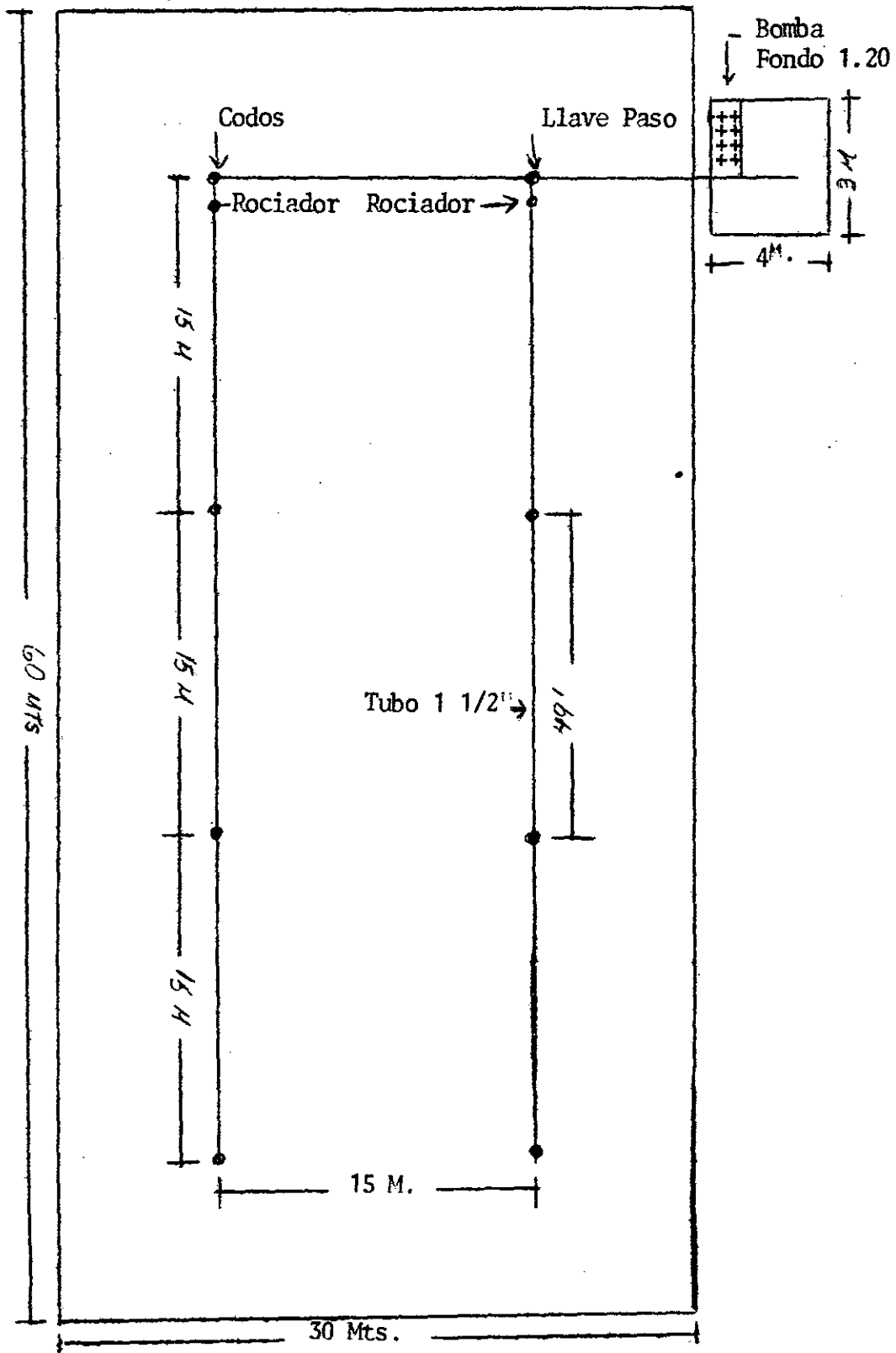


Puesto que la adopción de un sistema de irrigación con aspersores constituye una inversión de capital relativamente grande, es de vital importancia considerar el valor real y el dinero efectivo de los beneficios y ventajas que compensa alguno de esos costos.

Entre aquellos dignos de tomarse en cuenta, podemos enumerar los siguientes:

1. Costo de nivelación del terreno, al que puede asignársele un valor casi exacto, para nuestro caso, el costo de nivelación es relativamente bajo, ya que se trata de cultivos intensivos en áreas pequeñas.

### PROYECTO DIAGRAMA DEL RIEGO AEREO



COSTO TOTAL DEL SISTEMA

1. MATERIALES

Bomba de:

3/4 - 110 - 220 Volt.                      Q.    175.00

Rociadores:

8 de 1/8" de boquilla  
Q7.00 cada uno    56.00

Tubos:

20 de 6 mts. cada uno  
Q8.00 cada uno    160.00

Llave de Paso:

1 de 1"    2.50

Elevadores:

8 de 2 mts.  
Q2.00 cada uno    16.00

Reductores:

8 de 1" a 3/4"  
Q.0.40 cada uno    3.20

Tes para Elevadores:

8 de 1"  
Q.0.50 cada uno    4.00

Coplas:

8 de 1"  
Q.0.40 cada una Q. 3.20

Tubo de Succión con Pichacha:

1 de 1.5' 7.00

Tapones de Tubería:

2 de 1"  
Q0.20 cada uno 0.40

Llave de Globo:

1 de 1" 2.50

Accesorios Varios: 12.00

MANO DE OBRA :

Colocación de motor, con  
su base y partes eléctricas 60.00

Colocación de tuberías y  
accesorios 95.00

Varios 10.00

T O T A L Q. 606.80

CAPITULO VIII

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ASPERSION

A) VENTAJAS DE LA ASPERSION:

1. La explotación de plantas ornamentales y flores está sujeta a muchos factores variables, sobre los cuales el hombre no ejerce dominio alguno, pero que en todos los casos dichos factores son favorables, las labores de fertilización, control de enfermedades y de insectos, calidad de la semilla y humedad del suelo, influyen en gran parte para el logro del éxito deseado.
2. El ahorro y manejo del agua que se obtiene al regar con este método es significativo y reduce los costos de producción.
3. Disminución de mano de obra y de algunas labores innecesarias.
4. Al aplicar este sistema tendremos una mejor tecnificación en las explotaciones económicas de viveros, dedicados a la producción de plantas ornamentales.

5. Correcta aplicación de la mezcla del agua a utilizar con los insumos que sean necesarios, tales como: Insecticidas, fertilizantes, fungicidas, y otros.
6. Eliminación de las pérdidas de agua por filtración y escurrimiento.
7. Mayores rendimientos y mejor calidad de plantas debido a la uniformidad en la aplicación del riego.
8. Fácil control para la cantidad del agua requerida.

B) DESVENTAJAS DE LA ASPERSION:

1. El viento afecta la distribución del agua y la eficiencia del riego.
2. Aumento de los costos por el viento, el cual disminuye el espacio entre aspersores, aumenta la presión y funcionamiento y afecta la dirección en que deben colocarse los ramales.

3. El mantenimiento del equipo es relativamente caro
  
4. Fuerte inversión que se necesita para su instalación y operación, que exige un óptimo de funcionamiento, para evitar un fracaso al no obtener los rendimientos esperados.

CAPITULO IX

RESUMEN :

Siendo el riego una de las técnicas más necesarias para complementar o sustituir las precipitaciones naturales a efecto de proporcionar la humedad necesaria a las plantas, se hace necesario el diseño de un sistema tipo, que vuelque una serie de esfuerzos y recursos con el objeto de lograr mayor productividad en cuanto a plantas ornamentales se refiere.

Actualmente en Guatemala, se está dando una mayor importancia a este renglón, como un medio de contrarrestar el monocultivismo y fomentar los cultivos económicamente rentables, como una consecuencia de la creciente demanda local e internacional. El presente trabajo de TESIS pretende servir de guía para ejecutar un sistema de riego mecanizado, por medio de controles automáticos, con aplicación de hormonas, fungicidas, fertilizantes e insecticidas y otros insumos que deben dosificarse y diluirse en el agua de riego. Así mismo tiene como propósito principal llevar a la práctica dicho esquema en un vivero tipo.



La aplicación del riego aéreo, como un sistema de irrigación está íntimamente ligado a las condiciones geográficas, topográficas, climatéricas y a otros factores del suelo y el agua.

Condiciones que en nuestro medio generalmente no son tomadas en cuenta para la formación de viveros adecuados, lo cual viene a generar el alto costo de mantenimiento de los mismos.

En la actualidad muchos agricultores tienen ideas respecto a los sistemas de riego aplicados a viveros, pero desafortunadamente no se han logrado llevar a la práctica, como tampoco se ha encontrado una fórmula adecuada para la formación de un vivero con sistema de riego aéreo que pueda servir de modelo.

Con frecuencia se observa que los costos en el manejo de viveros son relativamente altos a causa de la falta de capacitación de mano de obra y del alto costo de terrenos urbanos, que puedan dedicarse a estas explotaciones; mediante el sistema aéreo que en esta ocasión se presenta, se demuestra que dichos costos pueden ser reducidos y que a su vez las ventajas superan en alto grado a las desventajas, considerando como una de las más importantes el hecho de que se obtienen mayores rendimientos y mejor calidad de plantas, debido a la uniformidad y fácil control de la cantidad de agua aplicada.

CAPITULO X

CONCLUSIONES :

1. Es de vital importancia que se efectúe un estudio minucioso por parte del Departamento de Floricultura de la Dirección de Desarrollo Agrícola, del Ministerio de Agricultura, respecto a los sistemas de riego que actualmente se aplican en Guatemala y de los sistemas adecuados y eficaces que puedan adaptarse a las condiciones geográficas y económicas del país, en los distintos niveles empresariales, correspondientes a la explotación de flores y plantas ornamentales.
  
2. Es urgente la necesidad de crear un organismo por parte del gobierno, dedicado a la capacitación técnica del personal que se dedica a actividades florícolas, con miras a estudios de adaptación de sistemas de riego, económicamente rentables, mediante planes de inversión con metas definidas.

Así mismo es indispensable el apoyo financiero por parte de la banca nacional, a efecto de facilitar la adquisición de créditos para la

aplicación de riegos aéreos, en viveros de tamaño promedio.

3. Para la ejecución del sistema tipo de riego, deberá considerarse principalmente la función producción, aprovechando en un alto grado los recursos agua y suelo; igualmente deberá analizarse tanto el mercado correspondiente a este renglón, como las condiciones y características geográficas y económicas de las localidades y de la empresa; puesto que en la actualidad los costos para la aplicación de los sistemas de riego en viveros son relativamente altos, por tratarse de terrenos pequeños, ubicados en su mayoría en áreas urbanas.
  
4. Para una buena selección de sistemas de riego se hace necesaria la realización de un inventario de las empresas agrícolas que actualmente se dedican a la explotación de plantas ornamentales y flores, a efecto de contar con estadísticas referidas a este sector.

En igual forma, se hace indispensable la formación de un organismo que asocie a los productores de plantas ornamentales y floricultores, a efecto de ir tecnificando los actuales sistemas de explotación, de obtener los

beneficios del crédito y otros objetivos comunes.

5. El bajo ingreso agrícola y la falta de créditos disponibles hacen que los actuales sistemas de riego en viveros sean limitados en el área guatemalteca, al igual que la oferta de plantas ornamentales y flores, lo cual genera la necesidad de contar con el apoyo gubernamental, para la explotación de este sector agrícola, a efecto de desarrollar sistemas de riego como el que se presenta, en forma tipo, con el fin de obtener elementos favorables para personas y técnicos dedicados a este tipo de cultivos.

BIBLIOGRAFIA CITADA Y CONSULTADA

- I. Core, J. D., Riego por Bordos - México; Centro Regional de Ayuda Técnica - A.I.D. 1961
- II. De la Loma, José Luis, Planificación de los Sistemas Agrícolas de Riego - México; Secretaría de Recursos Hidráulicos - Memorandum Técnico Número 256 - Abril de 1968, 204 p.
- III. Gyzueta, Eduardo; Copias del Curso Irrigación y Drenajes - Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía 1969
- IV. Israelsen, Orson, Principios y Aplicaciones del Riego - Barcelona; Editorial Riverté, S. A. 1965, 223 p.
- V. Lozano, M. J., Guía Práctica para el Riego - Estados Unidos de Norte América, Kansas City. Agricultura de las Américas - 1964, 178 p.
- VI. Molina Sierra, Rodolfo René - Estudios sobre Riego de los Llanos de la Fragua, desde el punto de vista Agronómico y Algunas consideraciones Hidráulicas - Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, agosto de 1957. (Tesis Ing. Agrónomo).
- VII. Molinaar, Albert - Mecanismos Elevadores de Agua para Riego - FAO, ROMA 1956
- VIII. Pillsbury, Arthur - Empleo del Riego por Aspersión - FAO, California 1968, 163 p.

- IX. Pair, C. H. - Riego por Aspersión - México Centro Regional de Ayuda Técnica - A.I.D. mayo de 1968, 11 p.
- X. Quan, Rufino - Consideraciones Teóricas y Prácticas para Determinar las Características de los Surcos Usados en Riego - Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1961 (Tesis Ingeniero Agrónomo).
- XI. Simmons, Charles S.; Táranó, T.; José Manuel y Pinto, E.; José Humberto - Clasificación del Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala - Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional (I.A.N.), 1959 pp. 175-201
- XII. Trueba Coronel, Samuel - Hidráulica, 5a. Ed. México, Norges Editores 1961.

Vo.Bo.: Palmira R. de Quan  
Bibliotecaria

APPENDICES

APENDICE I

EXAMEN QUIMICO SANITARIO DEL AGUA

EXAMEN:

Temperatura -----	15°C
Turbidez -----	25 Unidades
Olor -----	a tierra
Color -----	45 Unidades
P. H. -----	7.00
N. (Amoníaco Libre) -----	0.058
N. (Nitratos) -----	0.06
N. (Amoníaco Alburinoídeo) -----	0.123
N. (Nitratos) -----	0.06
Cloruros (NaCl) -----	(9.00)
Fluor -----	0.3
Hierro Total -----	0.75
Dureza Total -----	48.0 Mg/lit.



Substancia Mineral Fija		110
Pérdidas por Ignición del Residuo		
Substancia en Suspensión		94.00
Alcalinidad -----	Bicarbonatos	58
Sulfatos	No hay	
Sodios en Solución	No hay	

APENDICE 2

ANÁLISIS DE LABORATORIO DE UNA MUESTRA TIPO DE SUELO

Análisis Mecánico:

% Arena : 11.71  
% Limo : 24.48  
% Arcilla : 63.81

Humedad Equivalente:

20.23 %

Densidad Aparente:

2.27 %

PH del Suelo:

6.15

Materia Orgánica:

5.51 %

Coefficiente Higroscópico:

5.55

Humedad en Base Seca:

2.91 %