



D-14833



T
631.7
V434
p. 2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica

"CALCULO E INSTALACION DE UNA RED DE
RIEGO AUTOMATIZADO PARA UN VIVERO"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Realizado por:

KLEBER IVAN VELASTEGUI SILVERA

Guayaquil - Ecuador

1.994





DR. ALFREDO BARRIGA

DECANO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA EN MECANICA



DR. WOLFGANG GARSKE

DIRECTOR DE TESIS



ING. MANUEL HELGUERO G.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. MARCO MEJIA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Wolfgang Garske e
Ing. Victor H. Gonzalez,
por su apoyo y
coloraboración en la
culminación de este
trabajo.

DEDICATORIA

A MI MADRE.
POR SU DEDICACION,
POR SU COMPRENSION,
A QUIEN TODO LE
DEBO Y SIN QUIEN
NADA SERIA.

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

KLEBER VELASTEGUI SILVERA

RESUMEN

El proyecto: "CALCULO E INSTALACION DE UNA RED DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA UN VIVERO" , responde a la necesidad de utilizar métodos modernos y sencillos con una inversión rentable para un sector prioritario si se quiere mejorar la calidad y la producción agrícola.

En este vivero se procedió a dividir la diferentes etapas de crecimiento de las plantas, desde su etapa de semilla a la de presembrado, tenemos cuatro módulos de los cuales dos son para el crecimiento primario en pequeños módulos internos de crecimiento en donde permanecen dependiendo del tipo de planta (árboles) entre 3-4 semanas. Un tercer módulo es para la etapa secundaria de trasplante definitivo al lugar de crecimiento y un cuarto módulo igualmente de presembrado que no se ha instalado pero esta considerado en el diseño.

Para cubrir el riego de estos cuatro módulos se procedió a instalar un sistema hidroneumático de bombeo que consta de Motor-Bomba Centrífuga, un tanque hidroneumático con precarga y un manómetro llenado con glicerina para minimizar errores de lectura, válvulas solenoides colocadas en el ingreso en cada uno de los

módulos.

En el capítulo 1, se hace una introducción al desarrollo agrícola en zonas irrigadas, y la importancia de los viveros en este proceso. En el capítulo 2, se estudian los fundamentos básicos de hidrología de las plantas. Luego en el capítulo 3, se realiza un estudio de las generalidades de las diferentes técnicas de riego. En el capítulo 4 se hace el cálculo y selección de los equipos y componentes de la instalación de bombeo hasta el tipo de aspersores a utilizarse, y se procede a la automatización del sistema. En el capítulo 5 se realizó la instalación del sistema de bombeo. En el capítulo 6 las pruebas experimentales y en el capítulo 7 los análisis de resultados.

INDICE GENERAL

RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS	XI
INDICE DE TABLAS	XII
INDICE DE FIGURAS	XIII
ANTECEDENTES	1
CAPITULO I	
INTRODUCCION E IMPORTANCIA.	3
CAPITULO II	
AGRICULTURA-PRODUCCION VEGETAL.	
2.1 GENERALIDADES DE LAS PLANTAS.	6
2.2 HIDROLOGIA DE LAS PLANTAS.	7
2.3 PLANTAS EN VIVEROS.	12
2.4 PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS (RELACION PLANTA-SUELO).	13
2.5 CONCLUSIONES PARCIALES.	16
CAPITULO III	
TECNICAS Y SISTEMAS DE RIEGO.	
3.1 SISTEMAS DE RIEGO. GENERALIDADES.	17
3.2 RIEGO POR ASPERSION.	19
3.3 MICRO-RIEGO.	23

3.4 CONCLUSIONES PARCIALES.	26
----------------------------------	----

CAPITULO IV

DISEÑO Y CALCULO DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA UN VIVERO

4.1 ESPECIES DEL VIVERO.	28
4.2 SISTEMAS DE RIEGO.	29
4.2.1 DESCRIPCION DE LA RED DE RIEGO.	29
4.2.2 CALCULO DE DISEÑO DE LA RED DE RIEGO. ...	30
4.3 AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE RIEGO.	48
4.3.1 FUNDAMENTOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACION.	48
4.3.2 ACCESORIOS DE CONTROL.	51

CAPITULO V

INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO

5.1 ESTACION DE BOMBEO.	61
5.2 INSTALACION DE TUBERIAS Y ASPERSORES.	63

CAPITULO VI

PLAN DE PRUEBAS, PRUEBAS Y RESULTADOS OBTENIDOS.

6.1 PARAMETROS A COMPROBAR.	66
6.2 MEDICION DE PRESION Y CAUDAL.	67
6.3 ANALISIS DE PRECIPITACION POR RIEGO.	69

CAPITULO VII

7.1 ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.	73
7.2 ANALISIS ECONOMICO.	75

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 79
BIBLIOGRAFIA.

INDICE DE FIGURAS

- Figura 2.1 TRIANGULO DE CONSTITUCION. TIPOS DE SUELO.
- Figura 2.2 RELACION ENTRE EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS Y EL PORCENTAJE DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO.
- Figura 3.1 ESQUEMA DE LAS DIFERENTES TECNICAS DE RIEGO.
- Figura 4.1a ESQUEMA DE SUBMODULOS.
- Figura 4.1b SUBMODULOS. INSTALADO.
- Figura 4.2 PERDIDAS DE DIFERENTES ACCESORIOS Y SU EQUIVALENCIAS EN TUBERIA RECTA.
- Figura 4.3 ALTURA ESTATICA DE SUCCION H_{ss} Y ALTURA ESTATICA DE DESCARGA H_{sd} EN LA INSTALACION.
- Figura 4.4 VISCOSIDAD CINEMATICA DE DIVERSOS FLUIDOS.
- Figura 4.5 ESQUEMA DEL PROCESO DE MANDO AUTOMATIZADO.
- Figura 4.6 UNIDAD CONTROLADORA.
- Figura 4.7 APLICACION DE VALVULAS SOLENOIDES (V.S.) Y UNIDAD CONTROLADORA.
- Figura 4.8 VALVULA SOLENOIDE.INSTALADA.
- Figura 5.1a ESTACION DE BOMBEO. ACCESORIOS DE INSTALACION.
- Figura 5.1b ESTACION DE BOMBEO. INSTALADA.
- Figura 5.2 CARACTERISTICAD DE DISEÑO DE LA BOMBA.
- Figura 6.1a EQUIPO DE MEDICION DE PRESION. ACCESORIOS.
- Figura 6.1b EQUIPO DE MEDICION DE PRESION. INSTALADO.
- Figura 6.2 NUMERACION DE ASPERSORES EN MODULOS 1,2 Y 3.
- Figura 6.3 DISEÑO DE DISTRIBUCCION DE ASPERSORES.
- Figura 6.4 CURVA DE DISTRIBUCCION DE RIEGO.

INDICE DE TABLAS

- TABLA 1. AREAS DE RIEGO EN EL ECUADOR.
- TABLA 2. PERIODOS CRITICOS DE CRECIMIENTO.
- TABLA 3. CONSTITUCION DE DIVERSOS TIPOS DE SUELO.
- TABLA 4. TIPO APROPIADO DE SISTEMAS DE RIEGO.
- TABLA 5. SISTEMAS PARA ARBOLES, ENREDADERAS, ETC.
- TABLA 6. PERDIDA DE PRESION EN VALVULAS SOLENOIDES.
SERIE DV.
- TABLA 7. RENDIMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS.
IHM 1-1/2A-2.0
- TABLA 8. MATERIAL PARA ESTACION DE BOMBEO.
- TABLA 9. MATERIAL PARA INSTALACION DE LA RED DE RIEGO.
- TABLA 10. EFICIENCIA DEL MICROASPELOR RAIN-BIRD 1401.
TIPO BURBUJA.
- TABLA 11. EFICIENCIA DEL MAXI-BIRD.
- TABLA 12. MEDICION DE PRESION Y CAUDAL. MODULO 1-2.
- TABLA 13. MEDICION DE PRESION Y CAUDAL. MODULO 3.
- TABLA 14. MAXIMOS ALEJAMIENTO ENTRE ASPERSORES.
- TABLA 15. CALCULO DE LA PRECIPITACION POR RIEGO.
MODULO 1-2.
- TABLA 16. CALCULO DE LA PRECIPITACION POR RIEGO.
MODULO 3.
- TABLA 17. COSTOS DE OPERACION DEL SISTEMA DE RIEGO.
- TABLA 18. COSTOS DE INVERSION INICIAL DEL SISTEMA DE RIEGO.
- TABLA 19. COSTOS DE OPERACION MANUAL DEL SISTEMA DE RIEGO.
- TABLA 20. COSTOS DE OPERACION CON SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO.

INDICE DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

P.M.	: Punto de marchitez.
C.C.	: Capacidad de campo.
TDH	: Cabezal dinámico total.
Hs	: Cabezal de succión.
Hd	: Cabezal de descarga.
Hf	: Cabezal de fracción.
Hv	: Cabezal de velocidad.
v	: Velocidad promedio del agua.
g	: Aceleración de la gravedad.
NPSHD	: Cabezal neto de succión positiva disponible.
Po	: Presión atmosférica.
Pv	: Presión de saturación de vapor.
Hss	: Altura estática de succión.
Hfs	: Pérdidas por fricción en la línea de descarga.
BHP	: Potencia al eje.
Q	: Descarga de la bomba.
Eb	: Eficiencia de la bomba.
Em	: Eficiencia del motor.
Pot	: Potencia nominal.
F.S.	: Factor de Seguridad.
Cn	: Costo de operación nominal.
c	: Costo promedio de la electricidad.
t	: Tiempo de operación.
Hfd	: Pérdidas por fricción en la línea de descarga.
Hsd	: Altura estática de descarga.

ANTECEDENTES

La agricultura, a pesar de ser la actividad productiva más antigua y que por muchos sectores de la sociedad está considerada como un sector atrasado y tradicional, es una actividad fuertemente capitalizada. Salvando las diferencias que existen entre los tipos de agricultura: Secado, regadío, extensiva, intensiva en las diferentes regiones ecuatorianas, y considerando los costos de las tierras agrícolas, las empresas agroindustriales tienen una elevada inversión en capital fijo.

Teniendo en consideración el párrafo anterior, se puede afirmar la necesidad de sistemas de riego que han sido utilizados durante algunas décadas en países industrializados no solamente en regiones donde los recursos hídricos son escasos, se busca la optimización y aprovechamiento controlado de dichos recursos a la vez que se mejora la producción al tenerse el mayor control en las cosechas.

Nuestro país con una economía petrolera condenada a desaparecer debe volver agresivamente hacia el campo, basándose en la exportación de productos tradicionales y no tradicionales. La investigación y experimentación de

éste campo debe aumentar sustancialmente basándose en el mejoramiento de la producción y calidad de los productos agrícolas.

Teniendo en cuenta el hecho del mejoramiento de la producción y la calidad de los productos agrícolas, el uso racional de los recursos hídricos se procedió a la utilización del control automatizado en los sistemas de riego utilizado en plantaciones de decenas de hectáreas de cultivo como de pequeñas parcelas, invernaderos y viveros.

Aunque el costo de algunos sistemas de riego y la automatización son elevados este se justifica con el mejoramiento de los productos en calidad y producción, dando una mayor utilidad a los empresarios.

TABLA 1. ZONAS DE RIEGO EN EL ECUADOR.

AÑO	AREA CULTIVADA (HAS.)	AREA IRRIGADA (HAS.)	% DE AREA IRRIGADA DE LA CULTIVACION
1900	500.000	40.000	8
1971	3'800.000	177.500	4,7
1990	5'000.000	900.000	18

Fuente: "Problemas de riego en el Ecuador y posibles soluciones", Ramiro Aguirre. Loja 1987.

en práctica en períodos de tiempo alarmantes (10-25 años) causando graves consecuencias a la economía nacional y el consiguiente atraso a la modernización de la agricultura.

Entre las principales causas del fracaso se tiene:

- Los trabajos de riego no corresponden a necesidades reales (personales o políticas).
- No se considera una planificación seria del desarrollo agropecuario.
- La acción principal se dirige únicamente a la construcción física del proyecto.

Por estos motivos las áreas bajo riego son todavía limitadas, es prioritario que el INERHI realice proyectos bajo una nueva concepción (no iniciar ningún proyecto si este no toma en consideración en modo total el programa de desarrollo agrícola y el impacto ambiental del proyecto).

En la tabla 1 se ilustra las áreas de riego hasta el año 1990 con la participación del sector público y privado, conforme al programa nacional, esto comprende aproximadamente 900.000 has.

Al incrementarse las zonas de riego es necesario el



aumento de invernaderos y viveros en todo el país, para obtener un aumento de las zonas de cultivo de productos no tradicionales que son beneficiosos para mejorar las exportaciones, esto implica un mejoramiento y modernización de los invernaderos y viveros. En los últimos años se ha procedido a la automatización de las áreas de riego tanto en el campo como en los viveros, mejorando la calidad y disminuyendo los costos de producción.

El establecimiento de semilleros y viveros, como parte del manejo del cultivo, corresponde una serie de actividades que en conjunto determinan el potencial productivo de una plantación.

Los principales viveros de frutas tropicales de exportación como mango, naranjas, papaya, etc. se encuentran en el litoral ecuatoriano provienen de la Provincia del Guayas y Manabí para el mercado norteamericano, en la Provincia del Pichincha en la región de OTON se tiene grandes viveros de flores.

CAPITULO II

AGRICULTURA - PRODUCCION VEGETAL

2.1 Generalidades de las Plantas.

La producción de una plantación es el resultado de la interacción de los factores genéticos; medio ambiente y del manejo del cultivo o del arboréc.

El factor genético implica principalmente la selección del material a sembrarse, teniendo plantas de buena semilla producirá plantas de buena calidad con potencial para obtener elevados rendimientos.

Los factores ambientales son las condiciones tanto bióticas como abióticas que debe reunir un lugar para garantizar un adecuado desarrollo de las plantas cultivadas.

Existen cuatro fases de desarrollo del cultivo, las cuales son:

- Fase inicial; Abarca la germinación y crecimiento inicial, cobertura general menor del 10% del crecimiento total.

- Fase de desarrollo vegetativo; desde el final de la fase inicial hasta que se llega a un estado de vida efectiva completa.
- Fase de necesidades del período; al iniciarse el estado de vida efectiva completa hasta el momento de iniciarse la maduración.
- Fase de finales del período; desde el final de la fase anterior hasta que se llega a la plena maduración o a la recolección.

2.2 Hidrología de las plantas

Para tener una noción de los procesos fisiológicos que se le denomina "economía de agua de las plantas o requerimiento de agua por las plantas", es recomendable imaginarse una planta, por ejemplo el cedro, creciendo bajo condiciones de campo en un día de verano, esto es con sol y sin lluvia, procurando acompañar a la planta durante un ciclo de 24 horas, todo lo que ocurra al agua que participa en la fisiología de esta planta.

Si se observa en la madrugada antes que salga el sol, se observará que la planta probablemente tendrá sus hojas revestidas de rocío.

Este se ha depositado porque las hojas se han

enfriado durante la noche (irradiación de calor), provocando la condensación de la humedad en su superficie, como las hojas están más frías que el aire, y este último presenta humedad relativa, no hay posibilidad de que ocurra transpiración, que es la pérdida de agua en forma de vapor por la planta.

Requerimiento de Agua por las Plantas.

Entre los fenómenos fundamentales de la vida de las plantas se recordará principalmente su respiración, su transpiración y su nutrición, fenómeno que consiste en cambios entre la planta y el medio exterior (suelo y atmósfera) y que para producirse se necesita calor y humedad.

El llamado "requerimiento de agua de la planta" será discutido en forma breve, pues su utilidad en un programa de riego es prácticamente nulo.

Se sabe que la frecuencia y el volumen de las irrigaciones se determinan por el consumo o evaporación de agua (evapotranspiración) del campo cultivado o en un vivero, y esto naturalmente varía según el tamaño de las plantas el número y tamaño de las hojas, la transpiración por unidad de área

TABLA 2. PERIODOS CRITICOS DE CRECIMIENTO

PLANTAS	PERIODO CRITICO
Trigo	Antes del espigado.
Maíz	Antes y después de la aparición de las flores macho.
Patata	Durante la formación del tubérculo.
Algodón	Antes de la floración.
Arboles	Etapa primaria de crecimiento.

Fuente: "Manual de riegos y advenimientos", Enrique Blair. O.E.A. Lima-Peru. 1986

foliar. etc.. Un campo cubierto por un cultivo arbóreo (especialmente en viveros) evapora naturalmente más agua que un campo con plantas como maíz, frijoles, caña, etc., cultivados en la misma zona, los primeros, naturalmente requieren una irrigación más abundante. Tabla 2.

Sin embargo se tiene que tomar en cuenta que el consumo de agua esta subordinado principalmente a los factores metereológicos.

En 1914, Briggs y Schantz, determinaron el consumo de agua de diferentes plantas (cultivadas en tambores metálicos relativamente grandes) estableciendo el índice numérico que denominaron "requerimiento de agua", el cual al principio se creyó de mucha utilidad para evaluar la cantidad de agua que se debe aplicar en las irrigaciones. El valor de este índice representa la relación entre la cantidad de agua transpirada y la cantidad de materia seca producida por la planta.

Por ejemplo, un índice numérico de 500, significaría que la planta transpira 500 litros de agua por cada kilogramo de materia seca que produce.

Estudios más recientes han demostrado que el valor práctico del "requerimiento de agua" es muy limitado, ya que su valor varía grandemente según las condiciones climáticas y del suelo .

Por datos experimentales se puede afirmar que en viveros las etapas primarias o de fase inicial son las más críticas en el crecimiento de las plantas.

Evaluación de las Necesidades de Agua. Evapotranspiración.

Un valor práctico, es la medición de evapotranspiración que es un proceso combinado que ocurre en condiciones naturales de cultivo y que depende de muchas variables, debido que las cantidades evaporadas y transpiradas dependen en cierto grado de la porción de humedad preexistente en el suelo.

Para tener un valor más exacto se introduce un nuevo concepto lo que es la evapotranspiración potencial (E.T.P.) que corresponde a la doble hipótesis de mantenimiento del grado de humedad de retención y de un desarrollo vegetativo óptimo, es decir, el cálculo teórico de la misma para una



superficie cubierta totalmente de vegetales y con agua permanente.

La evapotranspiración está totalmente condicionada a los fenómenos climatológicos (sol, viento, humedad, etc.), y los fenómenos biológicos.

En primer lugar depende de los cambios de energía radiante (energía solar) y del estado de la atmósfera, en segundo lugar las condiciones biológicas, en donde las investigaciones italianas son pioneras determinan los llamados "períodos críticos" durante los cuales, las plantas se encuentran en período de reposo relativo y son muy exigentes de agua.

Investigaciones recientes han demostrado que períodos largos de aproximadamente un mes, depende más que de los factores climatológicos. Luego de determinar que la evapotranspiración potencial es constante y no depende más que de los factores climatológicos, se puede definir lo que es LA NECESIDAD NETA DE RIEGO, que es la necesidad de riego necesario en la práctica (comprendidas las pérdidas y las necesidades de lavado pero con la exclusión de la contribución de otros recursos) .

dependiendo del tipo de árboles sembrados, en Chile su práctica es común especialmente entre los grandes madereros. Se utiliza como propósito ecológico para sembrar en áreas desforestadas, áridas o/y de pocas lluvias.

2.4 Propiedades Físicas de los suelos. (Relación Planta-Suelo).

Para obtener un uso adecuado y eficiente del agua de riego resulta especialmente importante un estudio de aquellas propiedades que tienen relación con la aptitud del suelo para retener el agua o para facilitar su movimiento.

Se sabe que los suelos están constituidos por materiales sólidos, partículas minerales y orgánicas cuyo tamaño y proporción determinan la textura de los suelos. Existe una clasificación de partículas sólidas dadas por KOPECKY y la Asociación Internacional de Suelos (1926), los suelos toman su nombre según el tamaño y la proporción de las partículas que los constituyen, según el triángulo de la figura 2.1.

De este triángulo se presenta la tabla 3 en donde se observa por ejemplo el suelo limoso el cual

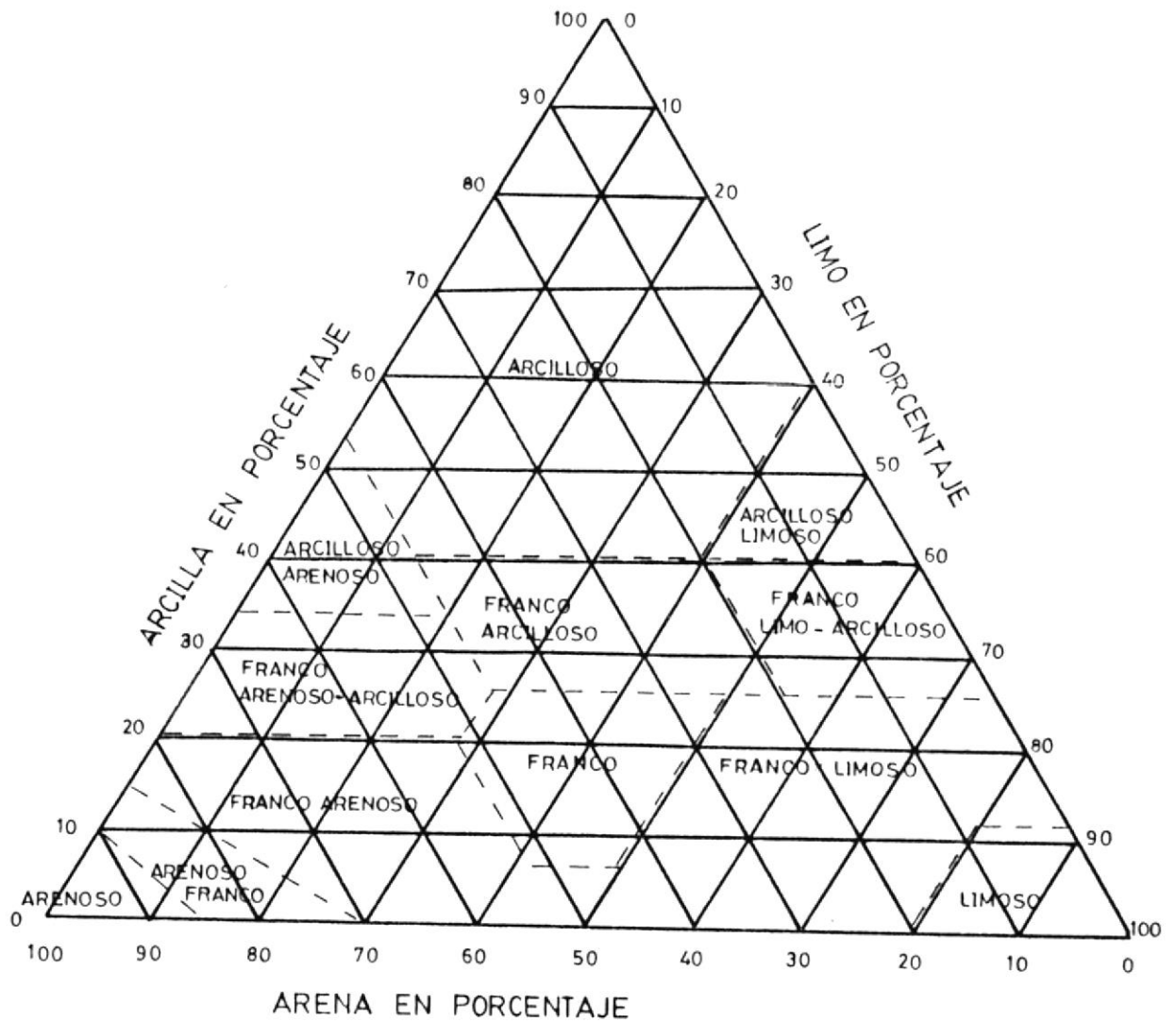


FIG. 21 TRIANGULO DE CONSTITUCION DE LOS TIPOS DE SUELOS.

TABLA 3. CONSTITUCION DE DIVERSOS TIPOS DE SUELOS.

Clases de Suelo	Proporciones en el Suelo		
	Arena %	Limo %	Arcilla %
Franco	< 52	28 - 50	7 - 27
Franco-limoso	< 50	50	17 - 27
Limoso	< 20	80	< 12
Franco-arcilloso-arenoso	45	-----	35
Arenoso	85	1/2 partes arcilla	< 15 %
Franco - arenoso	52	2 partes arcilla	20 < Arcilla < 30

Fuente: "Manual de riegos y advenimientos", Enrique Blair O.E.A. Lima-Peru. 1986.

consta de un 80% de limo, menos del 20% de arena y menos del 12% de arcilla.

Todos los suelos no son porciones de tierra sólida, estos son porosos, estos poros ocupan un promedio del 70% donde se almacena el agua. La porosidad es mayor en los suelos de textura fina y en escasa compactación.

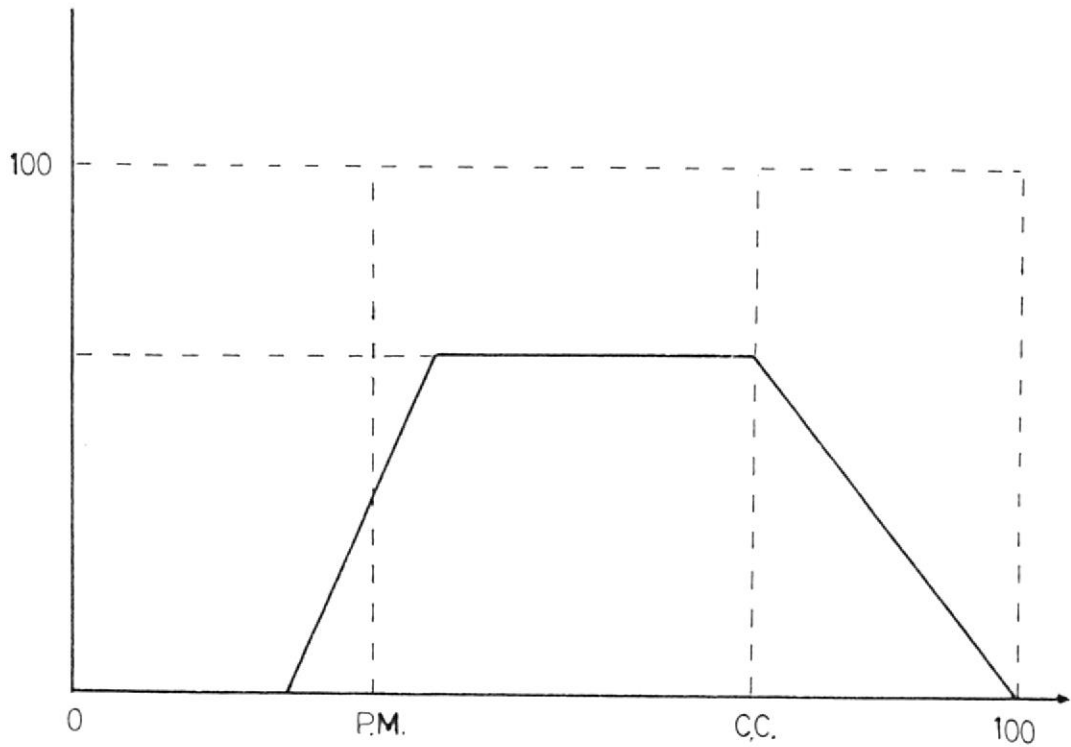
El agua en el suelo puede presentarse de tres formas

que son las siguientes:

- 1.) Agua higroscópica retenida por fuerzas de absorción cuyo valor está en equilibrio con la presión del vapor del aire circundante.
- 2.) Agua capilar está encima del agua higroscópica y que el suelo retiene debido a fuerzas de tensión superficial, contra la fuerza de gravedad .
- 3.) Agua gravitacional que está por encima del agua capilar y es susceptible de moverse en el suelo por la fuerza de gravedad.

En la figura 2.2 se puede observar la relación probable entre el desarrollo de las plantas y el

(%) DESARROLLO
DE LAS PLANTAS



P.M. PUNTO DE MARCHITEZ
C.C. CAPACIDAD DE CAMPO

(%) CONTENIDO DE
HUMEDAD EN
EL SUELO

FIG.2.2 RELACION ENTRE EL DESARROLLO
DE LAS PLANTAS Y EL
PORCENTAJE DE HUMEDAD
EN EL SUELO

porcentaje de contenido de humedad del suelo.

Existen algunas definiciones comunes en riego de suelos las cuales se procede a conocer:

- Suelo Saturado, es el agua que ocupa los espacios libres, microporos y macroporos.
- Capacidad de Campo (C.C.), el agua posee la máxima cantidad de agua retenida por los microporos después del drenaje por gravedad del exceso. El aire y agua se hallan en equilibrio.
- Suelo Semi-Húmedo, es la pérdida de la capacidad de campo por la evapotranspiración.
- Punto de Marchitez, el suelo se seca completamente por la evapotranspiración quedando solo el agua higroscópica, fuertemente retenida debido a las fuerzas atmosféricas, no pudiendo ser absorbida por las plantas.

Existen algunos métodos para determinar la humedad del suelo como: a) Método de la estufa, b) Tensiómetro, c) Resistencia eléctrica.

2.5 Conclusiones Parciales.

Por lo expuesto anteriormente se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

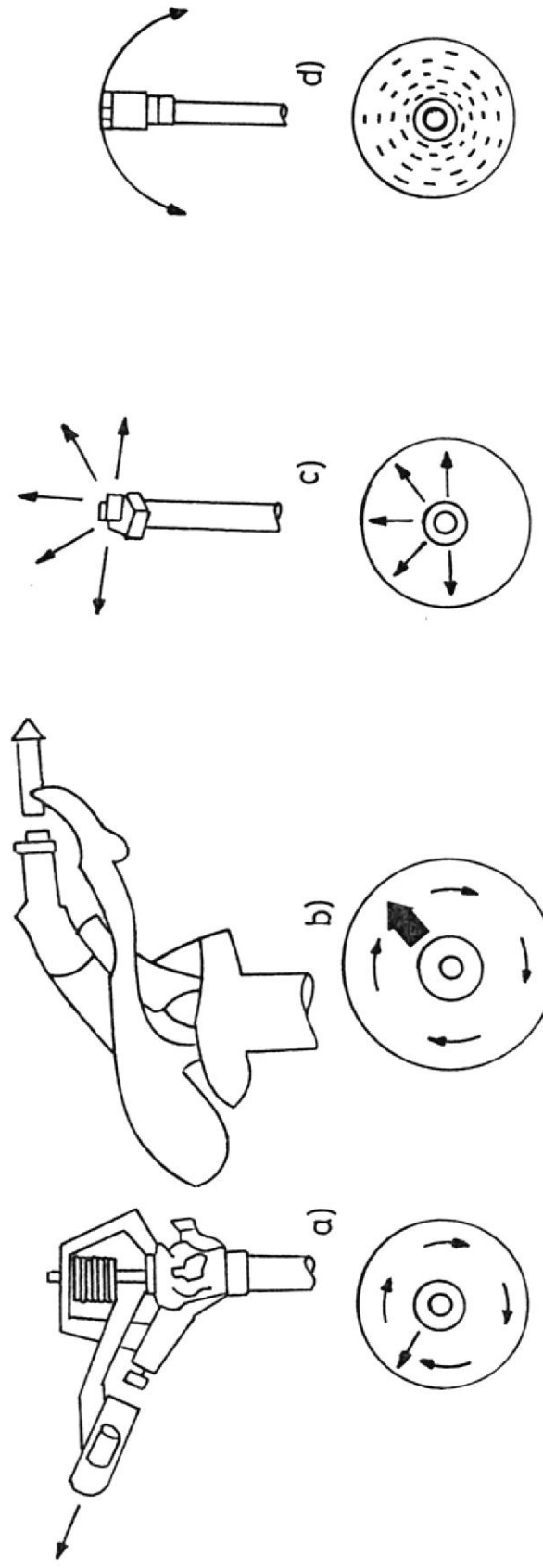
los beneficios que se obtienen con las nuevas técnicas de riego. Cuando el agua de las plantas y los nutrientes requeridos son conocidos, el cultivo debe tener un riego moderno; produciendo una alta calidad y reduciendo los costos de los productos.

Existen múltiples sistemas de riego, los cuales se pueden dividir en 4 técnicas fundamentales que son las siguientes:

1._ Riego por superficie. Es el sistema por medio del cual el agua fluye por la superficie del terreno por donde se infiltra en el suelo. Por ejemplo el riego por surcos, por corrugación y por inundación; utilizado en la región interandina para parcelas pequeñas, muy poco utilizado en la actualidad.

2._ Riego por aspersión. En el cual el agua se aplica en forma de lluvia artificial sobre la superficie del terreno. Existe una variación conocida como microaspersión que es de bajo caudal pero con el mismo principio de aspersión. De uso muy generalizado.

3._ Micro-Riego. Aplicado a puntos específicos del terreno de cultivo, ya sea sobre la planta



- a) ASPERSION SUB-FOLIAR
- b) ASPERSION GRAN CAÑÓN
- c) MICRO-ROTORES
- d) MICRO-ROCIADORES

FIG. 31 ESQUEMA DE DIFERENTES TIPOS DE RIEGO

o la superficie del terreno. De muy escaso caudal, utilizado en zonas de escasos recursos hídricos.

4._ Riego subterráneo. Donde el nivel freático es controlado por debajo de las zonas de raíces para que las plantas cuenten con el agua necesaria.

De estos cuatro tipos los más utilizados en el Ecuador y el mundo son el de micro-riego y riego por aspersión. En la figura 3.1 se presenta en esquema de algunos tipos de técnicas de riego (tipo de aspersor).

3.2 Riego por aspersión.

En 1933, el desierto de Estados Unidos , el norte de Africa, el oeste de Asia y, eventualmente, el mundo cambio favorablemente con la invención del aspersor de impacto. El uso eficiente del agua condujo a desarrollar el riego por aspersión que cubre actualmente aproximadamente 20'000.000 de hectareas en el mundo. En el Ecuador un tercio de los terrenos con sistemas de riego son regados por algún tipo de riego por aspersión.

Mientras, los aspersores de bronce son contruidos con aleaciones para prevenir mayores esfuerzos, el desarrollo de la ingeniería del plástico y aceros de baja tensión tienen resultados en donde los aspersores alargan su vida a un bajo costo.

El sistema de aspersión varían mucho dependiendo del tipo de tuberías a trabajar y el grado de maniobrabilidad del sistema. Anteriormente a la llegada del Polivinyll Cloruro (PVC), las tuberías de aluminio fueron utilizadas en riego por aspersión en sistemas portátiles o fijos.

En Mangueras portátiles de 75 mm o 100 mm de diámetro son colocadas en el suelo parcialmente cubiertas por el campo y son transportables de un campo a otro después de cada ciclo de riego. Este metodo es intensivo, y trabaja mejor en terrenos para pastura que en terrenos de cultivo.

Aspersores con razón de flujo de 1.0 a 3.5 metros cubicos por hora espaciado a lo largo de la tubería entre 12 a 18 m. Los aspersores tienen modo de aplicación de agua irregular y debe ser espaciada arrojando chorro de agua al

Cuando culmina el tiempo de riego diario asignado al módulo, la unidad controlada de riego cierra la válvula solenoide, en ese momento cuando la demanda es cero, se llena rápidamente el tanque alcanzando la presión máxima, lo cual hace que el interruptor de presión desconecte la bomba, quedando las líneas de tuberías presurizadas, cumpliéndose el ciclo de trabajo de un sistema hidrosensor.

Para la estimación del consumo de energía se considerará que un motor consume 7 veces la potencia nominal y se asumirá el tiempo de reposición de un segundo, se coge una tasa promedio de 250 sucres/kw-hora, el riego se lo realiza de Lunes a Domingo, se considerará un mes de 30 días.

La mayor demanda la tenemos en el módulo 3 donde el requerimiento de agua es de aproximadamente de 33 Gal/min con una presión promedio de 33 PSI, para los módulos 1 y 2 el consumo es de 19,8 Gal/min con una presión promedio de 34 PSI.

Para el cálculo de la potencia nominal del motor eléctrico se utiliza la ecuación 5, con una eficiencia del motor eléctrico de 95% , la eficiencia de la bomba es de 60% , el factor de seguridad para el motor

limpia para minimizar el taponamiento de los pequeños tubos de riego. Todos las líneas de micro-riego deben usar filtros con equipos diseñados para remover contaminantes físicos como orgánicos.

El crecimiento de bacterias es común en las tuberías de polietileno. Este requiere de un tratamiento de agua regular generalmente con cloro, ácidos o fertilizantes. El trabajo con tuberías de PVC requiere de válvulas de control de flujo en el caso de daños en la tubería.

La calidad del equipo y el diseño adecuado no aseguran que el sistema funcione. El manejo correcto del sistema es necesario para asegurar la aplicación oportuna y eficiente del riego. Cada sistema de riego tiene un porcentaje de aplicación expresado en pulg/min. Después de determinar la cantidad de agua que requiere el terreno, el sistema opera en forma programada. La humedad óptima del suelo, se la conoce como capacidad de campo, pudiendo ser mantenida durante un tiempo justo (horario) por el sistema de riego.



El poco flujo circulante de todos los sistemas de microriego requiere que los sistemas operen a altas frecuencias. El riego diario o alternativo durante los días de máxima humedad de la estación depende del tipo de terreno, evapotranspiración y edad del cultivo. La cantidad de agua de riego debe alcanzar hasta el último punto de la raíz. Excesiva cantidad de agua en el terreno remueve el oxígeno lo cual es crítico para la raíz y la calidad del fruto producido.

Riego por goteo. Fué el primero en ser desarrollado comercialmente por la escasez de agua en el desierto del medio este norteamericano y puntos desérticos de Israel y medio oriente. Tiene la característica especial de resistir los rayos ultravioleta en las tuberías y con un mecanismo de salida llamado gotero.

Los goteros estan disponibles en 2 L/hr, 4 L/hr y 8 L/hr de salida y es seleccionado según el diseño, clima, calidad de agua o para un determinado tipo de terreno. El tipo de terreno determina la razón de humedad del cultivo. Los goteros son colocados a lo largo de toda la

TABLA 4. TIPO APROPIADO DE SISTEMA DE RIEGO

Tipo	Método	Costo/ha	Mano de obra
Aluminio	Manual	Bajo	Alto
Tubería	Sección fija	Alto	Medio
	Líneas rodantes	Medio	Bajo
	Viajeras	Alto	Medio
	Pivote Central	Medio	Bajo
PVC	Permanente	Medio	Bajo

Fuente: "El Regadio", Maurice Poireé y Charles Ollier. 1970

TABLA 5. SISTEMAS PARA ARBOLES, ENREDADERAS, ETC.

Tipo	Método	Costo/ha	Mano de obra
Goteo	Permanente	Medio	Bajo
Microaspersión	Permanente	Alto	Medio
Cinta de faja	Permanente	Bajo	Medio

Fuente: "El Regadio", Maurice Poireé y Charles Ollier.
1970

tubería en intervalos adecuados dependiendo del tipo de cultivo y diseño, asegurando la humedad de las raíces del cultivo.

Los sistemas de goteo son famosos por economizar agua, pero su secreto es la alta eficiencia en la distribución de agua en el sistema, aplicación uniforme de los nutrientes en pequeñas concentraciones para los cultivos. Fertilizantes solubles son inyectados en las líneas de tuberías en un lugar adecuado después del sistema de filtro. Se utiliza en viveros, invernaderos solo en el crecimiento de plantas especiales dependiendo del fin a que se quiera llegar.

Los microrociadores son de baja presión y bajo volumen, pero, es distinto del gotero, el rocío se proyecta a una determinada área (1.5 a 3.0 m. de diámetro) con un flujo de 20 l/hr a 100 l/hr muy utilizado en viveros, semilleros y flores. En la figura 3.1 d se presenta la forma de rocío hecha por el diseño del aspensor.

3.4 Conclusiones parciales.

Por lo expuesto en este capítulo se puede afirmar lo siguiente:

- El sistema de riego depende del tipo de cultivo, terreno y la capacidad hidrológica de la zona.
- Para los viveros y semilleros se recomienda los sistemas de micro-riego.
- La técnica de micro-riego sirve para la fase inicial (semilla) entre 2-3 semanas de estar en los submódulos, debido a la producción del rocío producido por el gotero se evita los daños a las plantas.
- La técnica de aspersión para los submódulos de presembrado definitivo (fase desarrollo) en donde el cuidado de las plantas no es crítico.

CAPITULO IV

DISEÑO Y CALCULO DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA UN VIVERO

4.1 Especies del vivero.

Las diferentes tipos de especies que se pueden dar en un vivero es muy amplia, puede ser de uso exclusivo para frutales , tipo de arboreo, plantas de adorno o de flores; así mismo, puede estar incluido más de una especie de crecimiento dentro del mismo habitat del vivero.

En este vivero en particular se tienen especies tanto frutales, de adorno y arbóreo, a continuación se detallan algunas especies frutales como: limón chino, pechiche, naranjo, mango, anona, cereza; entre los tipos de adorno se tiene el croto, analía, veranera y por último los de tipo arbóreo como con el samán, el guachapelí, teca, canelo, pai pai, amarillo, caoba, etc.

Los de tipo arbóreo y frutales serán colocados en el interior y los alrededores de la ESPOL y en algunos parques forestales de la Ciudad de Guayaquil.

4.2 Sistemas de riego.

4.2.1 Descripción de la Red de Riego.

El proyecto consiste en tres módulos que ocupan una superficie de aproximadamente 3000 metros cuadrados, existen dos módulos utilizados para el crecimiento primario (semilla- 2 a 3 semanas de floración) y dos módulos de presembrado. En los dos módulos de crecimiento primario se utiliza aspersores de tipo burbuja (nebulizadores) para evitar el daño tanto a las pequeñas plantas como al terreno y en los módulos de presembrado se usa los Maxi-Bird que son aspersores de impacto.

Se utiliza a lo largo de toda la red, tubería y accesorios de PVC; a la entrada de cada módulo se tienen válvulas solenoides eléctricas que controlan el flujo de agua a cada uno de los módulos, este tipo de válvulas tienen la ventaja de ser accionadas eléctrica o manualmente y a su vez estas son controladas por una unidad de control de riego.

Los módulos se encuentran divididos en submódulos (Figura 4.1a,b) en donde se encuentran sembradas cada una de las plantas en forma de hileras perfectamente distribuidas.

En cuanto a la instalación de bombeo se tiene una bomba centrífuga eléctrica, la cual succiona agua desde una cisterna, un tanque hidroneumático pre-presurizado que mantiene la línea de suministro presurizado para evitar el encendido y apagado continuo del motor de la bomba, y poder alargar su vida útil.

4.2.2 Cálculo de Diseño de la Red de Riego.

Unidad de Bombeo.

La altura teórica máxima de succión de una bomba es igual a la presión atmosférica ejercida en la superficie del agua libre, es decir, que una bomba que opera a nivel del mar su elevación por succión máxima teórica será de 4,48 m ó 14.7 pies. En la práctica la succión máxima será aproximadamente el 70% del valor teórico. La altura de succión es



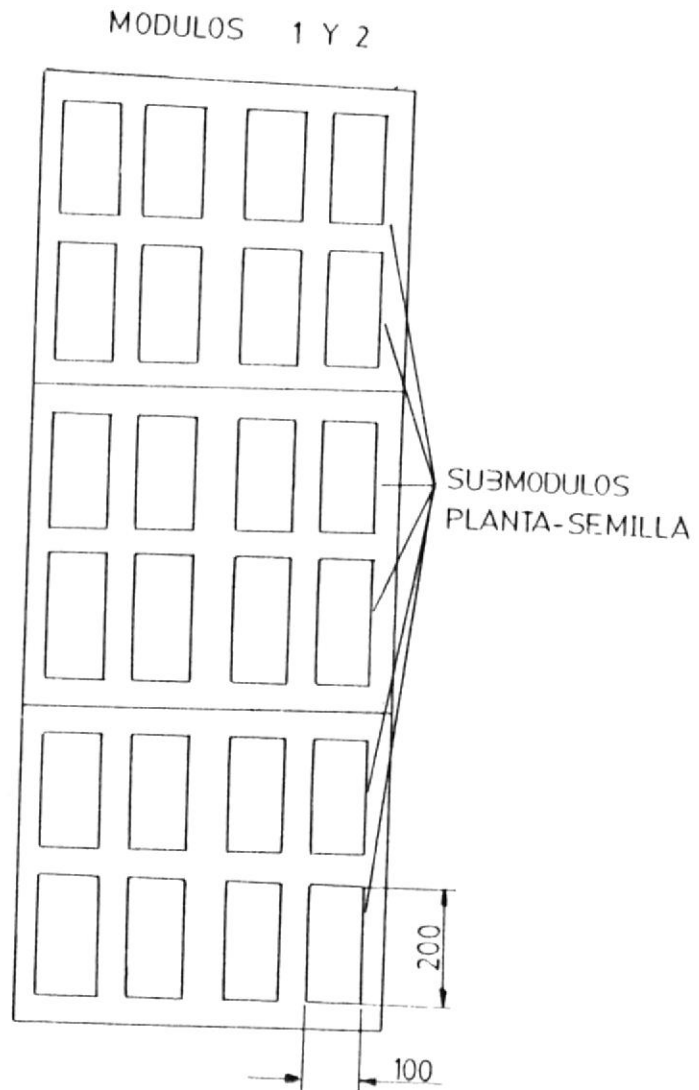


FIG. 4.1a ESQUEMA DE SUBMODULOS.

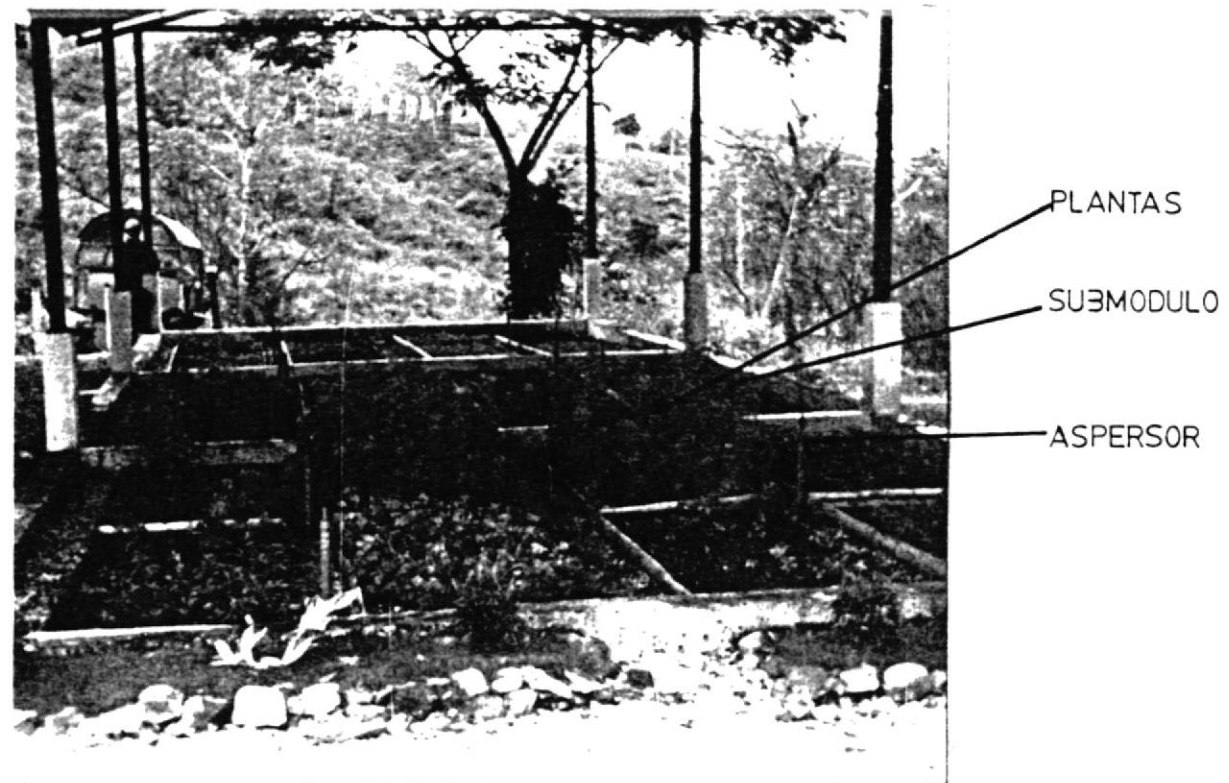


FIG. 4.1b SUBMODULOS. INSTALADOS.

una guía para la selección del tipo de bomba, cuando se requiere una altura de succión menor a la máxima, una bomba centrífuga no puede usarse; cuando la altura de succión requerida es mayor a la máxima, se pueden usar bombas verticales de pozo profundo, bombas sumergibles o bombas de inyector, según sea el caso.

Las características operacionales de las bombas centrífugas se resumen en forma gráfica en lo que se le denomina "curvas características".

Estas curvas características incluyen:

- a.- Curvas de capacidad y de cabezal
- b.- Curva de eficiencia
- c.- Curva de consumo de potencia
- d.- Curva de cabezal de succión positiva requerida (NPSHR).

CABEZAL DINAMICO TOTAL (TDH)

Es proporcional al trabajo desarrollado por la bomba. El cabezal dinámico total para una bomba centrífuga se define como la suma de la

altura de succión, el cabezal de descarga, el cabezal de fricción y el cabezal de velocidad:

$$TDH = H_s + H_d + H_f + H_v \quad (1)$$

(1) Referencias /7/ y /8/

Donde:

H_s = Es la distancia vertical desde la superficie de la fuente de agua al centro del eje del impulsor de la bomba.

H_d = Cabezal de descarga a la salida de la bomba.

H_f = Cabezal de fricción, es la suma de las pérdidas por fricción en la tubería y las pérdidas menores en accesorios desde la toma de agua pasando por la línea de succión hasta el punto de descarga de la bomba.

H_v = Cabezal de velocidad, es la energía cinética que tienen el fluido y es igual a:

$$H_v = \frac{v^{**2}}{2g} \quad (2)$$

(2) Referencias /7/ y /8/

Donde :

v = Velocidad promedio del agua.

g = Aceleración de la gravedad.

H_v en la práctica es despreciable en relación al cabezal dinámico total.

El cabezal neto de succión positiva disponible o NPSHD, se conoce como la presión absoluta a la entrada del impulsor y es calculada con la siguiente fórmula:

$$\text{NPSHD} = (P_o - P_v) - H_{ss} - H_{fs} \quad (3)$$

(3) Referencia /13/

Donde:

P_o = Presión atmosférica

P_v = Presión de saturación de vapor

H_{ss} = Altura de ojo del impulsor por encima del nivel del agua

H_{fs} = Pérdidas por fricción en la línea de succión.

La potencia al eje (BHP) es la cantidad de potencial necesaria en el eje de la bomba para que funcione.

$$\text{BHP} = \frac{Q * \text{TDH}}{3960 * \text{Eb}} \quad (4)$$

(4) Referencias /13/

Donde :

BHP = Potencia al eje de la bomba [HP].

Q = Descarga de la bomba [Gal/min].

TDH = Altura dinámica total [pies].

Eb = Eficiencia de la bomba [-]

El consumo de una estación de bombeo depende del caudal, el cabezal dinámico total y las eficiencias del motor y la bomba, viene dado por:

$$\text{Pot} = \frac{Q * \text{TDH} * \text{FS}}{5308 * \text{Eb} * \text{Em}} \quad (5)$$

También se los puede escribir en término de la potencia al freno.

$$\text{Pot} = \frac{0.746 * \text{BHP} * \text{FS}}{\text{Em}} \quad (6)$$

(5) y (6) referencia /13/

Donde :

Q = Caudal [Gal/min].



TDH = Cabezal dinámico total [pies].

Eb = Eficiencia de la bomba [-].

Em = Eficiencia del motor [-].

Pot = Potencia nominal [Kw].

FS = Factor de seguridad. Motores eléctricos 1.15, Motores diesel 1.2

Los costos de operación de una bomba con motor eléctrico es una función del consumo de potencia del motor, el costo de la electricidad y el tiempo en que va a operar la bomba. Viene dado por la siguiente ecuación:

$$C_n = Pot * c * t \quad (7)$$

Donde:

Cn = Costo de operación nominal [Suces].

Pot = Potencia nominal [Kw].

c = Costo promedio de la electricidad [suces/Kw-Hr].

t = Tiempo de operación [Hr].

Cálculo de pérdidas de presión en tuberías y accesorios.

El sistema va a suministrar agua a un módulo a la vez. Para el cálculo de la pérdida crítica siempre se toma en consideración el punto más alejado, tomado desde el punto de bombeo al módulo. Como el sistema suministra agua a un módulo a la vez y como existen dos diferentes tipos de aspersores (módulo 1 y 2 aspersores de rociadores tipo burbuja y los módulos 3 y 4 con aspersores de impacto), se procederá a calcular las pérdidas de presión en el módulo 2 y módulo 3 por ser lo más alejados.

Se procede a calcular la altura dinámica total con la ecuación 1.

$$TDH = H_s + H_d + H_f + H_v$$

luego, desglosando, se obtiene:

$$TDH = H_{ss} + H_{sd} + H_{fs} + H_{fd} \quad (8)$$

(8) Referencias /7/ y /8/

Donde :

TDH = Cabezal dinámico total.

Hss = Altura estática de succión.

Hsd = Altura estática de descarga.

Hfs = Pérdidas por fricción en la línea de succión.

Hfd = Pérdidas por fricción en la línea de descarga.

De la formula (1) se observa que H_v es despreciable en comparación con el cabezal dinámico total.

Observando el plano hidráulico de la instalación de la red de riego en el apéndice A, se puede determinar la posición de los aspersores y la longitud de la tubería.

Para el cálculo de pérdidas de presión en tuberías, existen dos ecuaciones muy utilizadas, la de Hazen-Williams y la de Darcy-Weisbach que es la que se va a utilizar, es la siguiente:

$$H = f * L/D * v^2/2g \quad (9)$$

(9) Referencias /7/ y /8/

Donde:

H = Pérdida de carga [m].

f = Coeficiente de rozamiento adimensional
[-].

D = Diámetro interno de la tubería [m].

v = Velocidad media [m/s].

g = Aceleración de la gravedad [m/s^2].

L = Longitud del tramo de tubería [m].

Se debe determinar el régimen de flujo, por lo tanto se debe determinar el número de Reynolds Re, que permite clasificar tres regímenes de flujo:

a) Régimen laminar al $Re < 2000$

b) Régimen inestable si $2000 < Re < 4000$

c) Régimen turbulento si $Re > 4000$

Siendo :

$$Re = (v * D) / \nu_c \quad (10)$$

Donde:

v = Velocidad media [m/s]

D = Diámetro interno de la tubería [m].

V_c = Viscosidad cinemática del agua [m^2/s].

El coeficiente de rozamiento f , depende del tipo de flujo.

Para flujo laminar $f = (64)/Re$ (11)

Para flujo turbulento $f = (0,3164)/Re$ (12)

Turbulento si $Re < 80000$

En la figura 4.2 se presenta un monograma, que servirá para hallar la longitud equivalente en tubería recta y luego introducir en la ecuación (9), en el monograma se encontrará componentes como válvulas de compuerta, válvulas cheque, codos, tees, etc.

En la tabla VI se muestran las pérdidas de presión a travez de las válvulas solenoides, proporcionada por el fabricante.



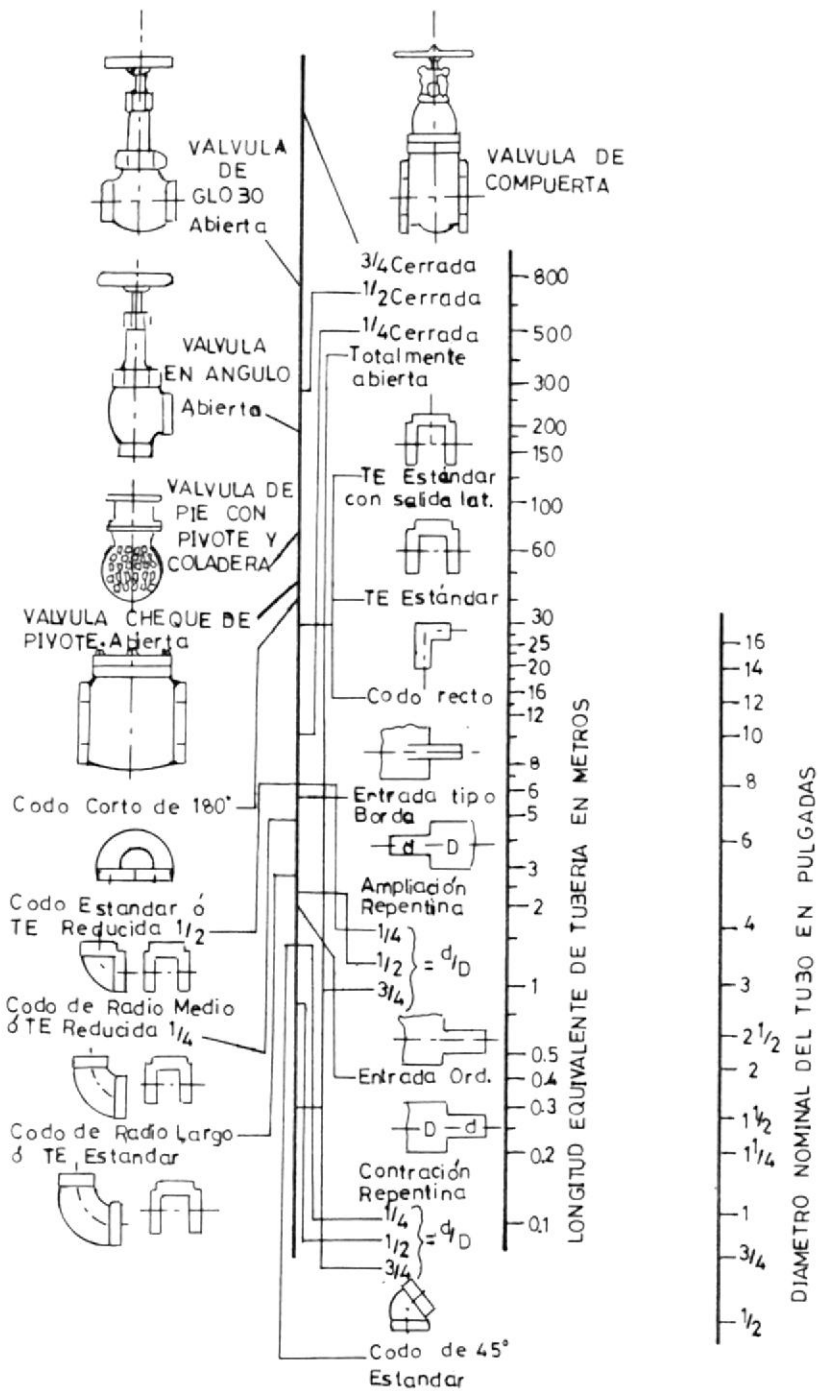


FIG. 4.2 PERDIDAS EN DIFERENTES ACCESORIOS Y SU EQUIVALENCIA EN TUBERIA RECTA.

TABLA 6. PERDIDA DE PRESION EN VALVULAS SOLENOIDES
SERIE DV.

Flujo (GPM)	Pérdidas (PSI)
3	0,5
5	1,0
10	2,6
20	3,6
30	6,5
40	9,0

Fuente: "Turf Irrigation Equipment", RAIN-BIRD.
91-92

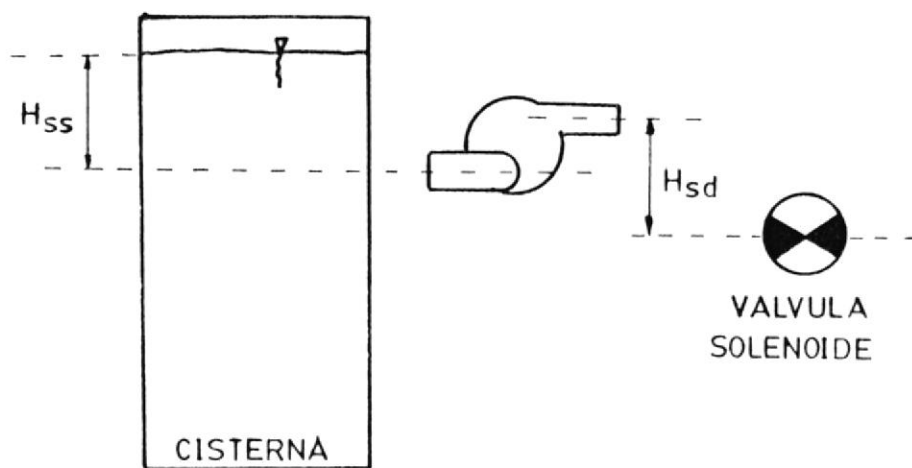


FIG. 4.3 ALTURA ESTÁTICA DE SUCCIÓN H_{ss}
ALTURA ESTÁTICA DE DESCARGA H_{sd}
EN LA INSTALACIÓN.

TABLA 7. RENDIMIENTO DE BOMBA CENTRIFUGA
IHM 1-1/2A - 2.0 .

CAUDAL (LPH)	PRESION (PSI)
4,334	20
4,315	30
4,296	40
4,239	50
3,104	60

Fuente: Tomada de catalogo de la bomba.

Determinación de la altura estática de succión H_{ss} y de la altura estática de descarga H_{sd} .

Como se observa en la figura 4.3 la altura de succión H_{ss} es de signo negativo ya que el nivel de succión de superficies del agua en la cisterna.

$$H_{ss} = -0,35 \text{ m.}$$

La altura estática de descarga H_{sd} , es de signo negativo ya que el módulo de riego se encuentra por debajo del nivel de descarga de la bomba, su valor

$$H_{sd} = -0,1 \text{ m.}$$

Determinación de las pérdidas por fricción en la línea de succión, H_{fs} .

En la tabla 7 se observa los caudales a diferentes presiones de descarga de la bomba centrífuga proporcionada por el fabricante, como el sistema trabaja en rango de presiones entre 207-344,6 kPa (30-50 PSI), por lo que se toma el valor intermedio de 276 kPa (40 PSI) correspondiente a una descarga de 4,296

VISCOSIDAD CINEMATICA m^2/s

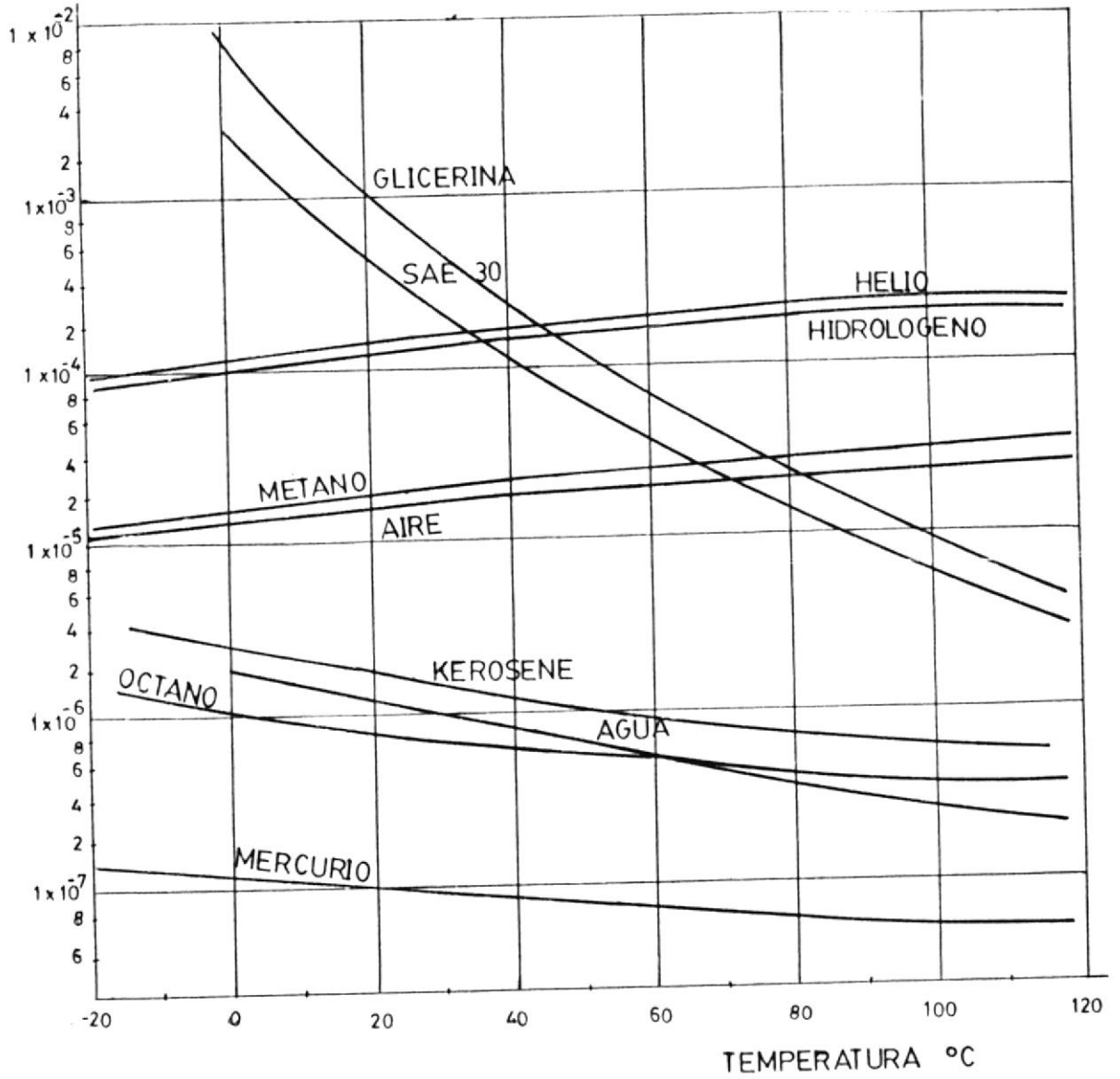


FIG. 4.4 VISCOSIDAD CINEMATICA DE DIVERSOS FLUIDOS.

Encontramos la longitud total

$$L_t = L_1 + L_{e1} = 1,6 \text{ m.}$$

$$H_{fs} = 0,04998 \text{ m.}$$

Determinación de las pérdidas por fricción en las líneas de descarga, H_{fd} .

Vamos a diferenciar el cálculo de pérdidas de fricción en las tuberías y accesorios en dos casos, el Caso I será para el módulo 2 y Caso II para el módulo 3.

CASO I. Para el módulo 2, se utilizan microaspersores de alta compensación tipo burbuja Rain Bird modelo 1404, el caudal requerido es de 12 GPM, se procede a calcular el valor de H_{fd} , se utilizará la misma metodología de la sección anterior tramo de tubería PVC de diámetro de 40 mm (1,5").

$$Q = 756,996 * 10$$

$$D = 0,04$$

$$v = 0,60$$

litros por hora o $1,1958 \times 10^{-3}$ metros cúbicos por segundo.

Se procede a calcular H_{fs} , conociendo el caudal de succión de la bomba y la sección transversal de la tubería por medio de la ecuación de continuidad.

$$Q = A * v \quad (13)$$

(13) Referencia /7/ y /8/

Donde:

Q = Caudal transportado

v = Velocidad media

A = Sección transversal de la tubería

$$v = (4Q)/D \quad (14)$$

con $D=1,5$ pulg.

$$v = 1,05 \text{ m/s}$$

Utilizando la figura 4.4 se encuentra que la viscosidad cinemática del agua correspondiente a una temperatura promedio de 25°C es de $V_c = 9 * 10^{-7}$ metros por segundo y reemplazando en la ecuación 10 se obtiene el

$$Re = 16063,92 > 4000$$

$$f = 0,028$$

$$H_{tr} = 0,01284 \text{ Lt.}$$

La longitud de tubería neta al aspersor más alejado es de $L_1 = 110,39 \text{ m}$.

Usando el monograma de la figura 4.2, se hallan las longitudes equivalentes de los siguientes accesorios de 40 mm .

$$Le_1 = 10,2 \text{ m}$$

(12 codos standard de 90 x 40 mm).

$$Le_2 = 1,7 \text{ m}$$

(2 T standard 40 mm).

$$Le_3 = 1,75 \text{ m}$$

(válvula de compuerta 40 mm).

$$Le_4 = 3 \text{ m.}$$

(válvula cheque 40 mm).

$$L_t = L_1 + Le_1 + Le_2 + Le_3 + Le_4$$

$$L_t = 127,04 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$H_{tr} = 1,63 \text{ m}$$

Ahora se suman las pérdidas en la válvula solenoide de 25 mm (1") por la tabla VI.

$$H_{vs} = 1,968 \text{ m}$$

Se procede a calcular las pérdidas por fricción en la descarga.

$$H_{fd} = H_{tr} + H_{vs}$$

$$H_{fd} = 3,598 \text{ m}$$

CASO II. Para el módulo 3, se utilizaron aspersores del tipo MaxiBird 2045 PJ, el caudal requerido es de 35 GPM; para este caso tanto H_{ss} como H_{fs} son las mismas que en el caso I. por lo tanto se procede a calcular el valor de H_{fd} , utilizando la misma metodología que en el caso I.

Tramo de tubería PVC de diámetro de 40 mm (1.5").

$$Q = 2,208 \times 10^{-3}$$

$$D = 0,04$$

$$v = 1,76$$

$$Re = 78088,5 \gg 4000$$

$$f = 0,0189$$

La longitud de la tubería al aspersor más lejano es $L1 = 140,89 \text{ m}$.

Utilizando el nomograma de la figura 4.2 , se encuentran las longitudes de todos los accesorios de diámetro aproximado de 40 mm.

$$Le1 = 8,5 \text{ m}$$

(10 codos standard de 90 x 40 mm).

$$Le2 = 7,65 \text{ m.}$$

(9 tees standard de 40 mm).

$$Le3 = 1,75 \text{ m}$$

(1 válvula de compuerta 40 mm).

$$Le4 = 3 \text{ m.}$$

(1 válvula cheque 40 mm).

$$Lt = L1 + Le1 + Le2 + Le3 + Le4$$

$$Lt = 161,79 \text{ m.}$$

Por lo tanto:

$$Htr = 12,05 \text{ m.}$$

Ahora se suman las pérdidas en la válvula solenoide de 25 mm (1") de entrada salida por la tabla VI. es

$$Hrs = 1,968 \text{ m}$$

Por lo tanto :

$$Hfd = 14,02 \text{ m.}$$

Por último se calcula el cabezal dinámico total utilizando la ecuación 1.

$$TDH = H_{ss} + H_{sd} + H_{fs} + H_{fd}$$

CASO I

$$TDH = 3,2$$

CASO II

$$TDH = 13,62 \text{ m.}$$

Se observa que el caso II requiere mayor caudal ($Q = 35 \text{ GPM}$) y un mayor cabezal dinámico total ($TDH = 13,27 \text{ m}$) por lo tanto se utiliza este valor como referencia para determinar y seleccionar los equipos y componentes de la instalación de bombeo.

$$TDH = 16,62 \text{ m} = 19,34 \text{ PSI}$$

Ahora se determina la cantidad de potencia necesaria en el eje de la bomba para que funcione el sistema.

$$Pot = \frac{Q \cdot TDH \cdot FS}{5308 \cdot E_b \cdot E_m}$$

$$\text{Pot} = 470,56 \text{ W} = 0,47 \text{ kW}$$

$$\text{Pot} = 0,62 \text{ HP}$$

Pero como no existen motores con este tipo de potencia para hacer funcionar la bomba, se escogió de 1 HP (0,759 kW) para que el sistema actue.

4.3 AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE RIEGO.

4.3.1 Fundamentos de control y automatización.

En el avance de la ingeniería y la ciencia el control automático juega un papel importante, casi todos los ingenieros tienen contacto con los sistemas de control automatizado aún cuando únicamente los usen, sin profundizar en la teoría.

La estabilidad, exactitud y rapidez de respuesta son características que debe tener todo sistema de control. Es muy importante que sea estable, es decir, que la respuesta a una señal debe alcanzar y mantener un valor útil durante un período razonable. Debe ser exacto dentro de ciertos límites

especificados (el error debe reducirse a un valor aceptable), no existe el error cero . aunque en teoría sí. El sistema de control debe completar su respuesta a cierta señal de entrada en un tiempo razonable, aunque un sistema sea estable y tenga la exactitud requerida, no tiene ningún valor si el tiempo para responder totalmente a una respuesta es mucho mayor que el tiempo entre las señales. En este caso, puede que el sistema nunca se "ponga en fase".

El sistema de control ideal es estable, de una exactitud absoluta (mantiene un error nulo a pesar de las perturbaciones) y responderá instantáneamente a cualquier cambio en la variable de referencia. Naturalmente, tal sistema no puede obtenerse.

Un sistema de regulación automática en el que la salida es una variable como temperatura, presión, flujo, nivel de líquido, etc. ; se le llama sistema de control de procesos, dicho sistema de control de proceso es el que se conoce como automatización que permite la eliminación total o parcial de la

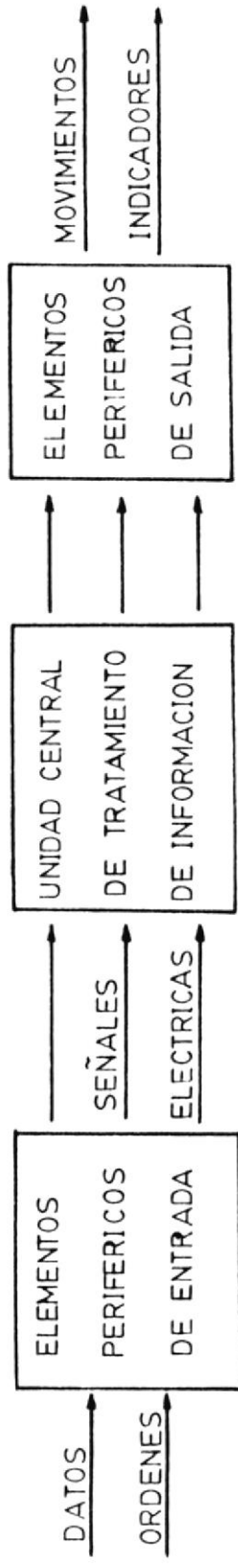


FIG.4.5 ESQUEMA DEL PROCESO DE MANDO AUTOMATIZADO.

intervención humana. Asume pues algunas funciones intelectuales más o menos complejas de cálculo y de decisión.

El proceso de automatización se lo puede esquematizar como se muestra en la figura 4.5

Los automatismos pueden clasificarse dependiendo de la naturaleza de las señales de entrada y salida.

Los automatismos analógicos son aquellas cuyas señales de entrada y salida son continuos. En los automatismos digitales las señales son de naturaleza discreta. Las señales de automatismos digitales son de dos niveles, identificadas por SI o NO, por ejemplo. No hay flujo- Si hay flujo.

Las técnicas más empleadas en la industria para la realización de los automatismos digitales son:

Electrónica. El elemento base de esta técnica es el relé. Esquemáticamente esta constituida por una bobina que por medio de

una señal de entrada que la excita, abre o cierra unos contactos que producen una señal de salida. Esta técnica fue prácticamente la primera que se utilizó en los automatismos de comunicación.

Los primeros automatismos electrónicos empleaban válvulas de vacío. Actualmente se realizan casi exclusivamente con semiconductores, muy utilizados en los ordenadores electrónicos.

Neumática. El elemento base para el tratamiento de las señales es el distribuidor neumático. Las señales deben a ausencia o presencia de presión neumática (posición de cilindro neumática).

Fluídicas. Es la técnica mas reciente, en los módulos fluídicos no existen partes móviles, por lo que tienen una gran rapidez de respuesta y eliminan prácticamente el riesgo de averías.

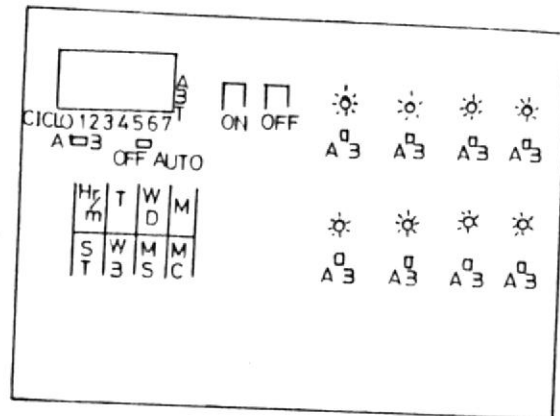
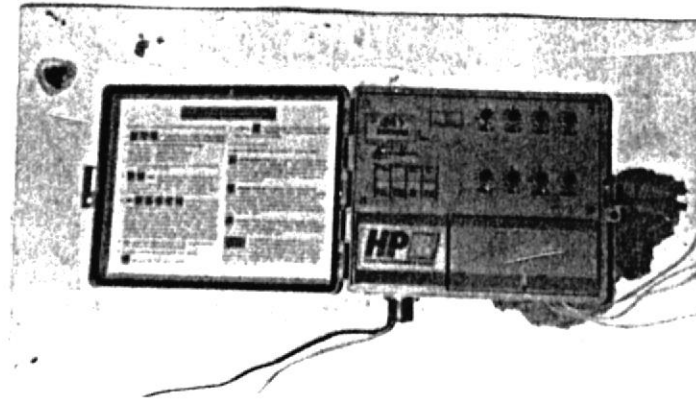


FIG. 4.6 UNIDAD CONTROLADORA.

4.3.2 Accesorios de Control.

En todos los métodos de riego el primer objetivo, es el dar a las plantas la dosis de agua apropiada. En la práctica esto significa la apertura o cierre de las válvulas solenoides y la caja de control de riego (unidad controladora).

La unidad controladora (figura 4.6), su función esencial de mando automática es la de poner en marcha la instalación, que debe funcionar durante un tiempo dado o aplicar un volumen de agua determinado y después detener el proceso. Basándose en un control secuencial, se extrae la información del proceso mediante una serie de sensores, cuya información es utilizada por la unidad lógica de tratamiento para determinar las órdenes que se suministran a los actuadores, tal como se muestra a continuación:



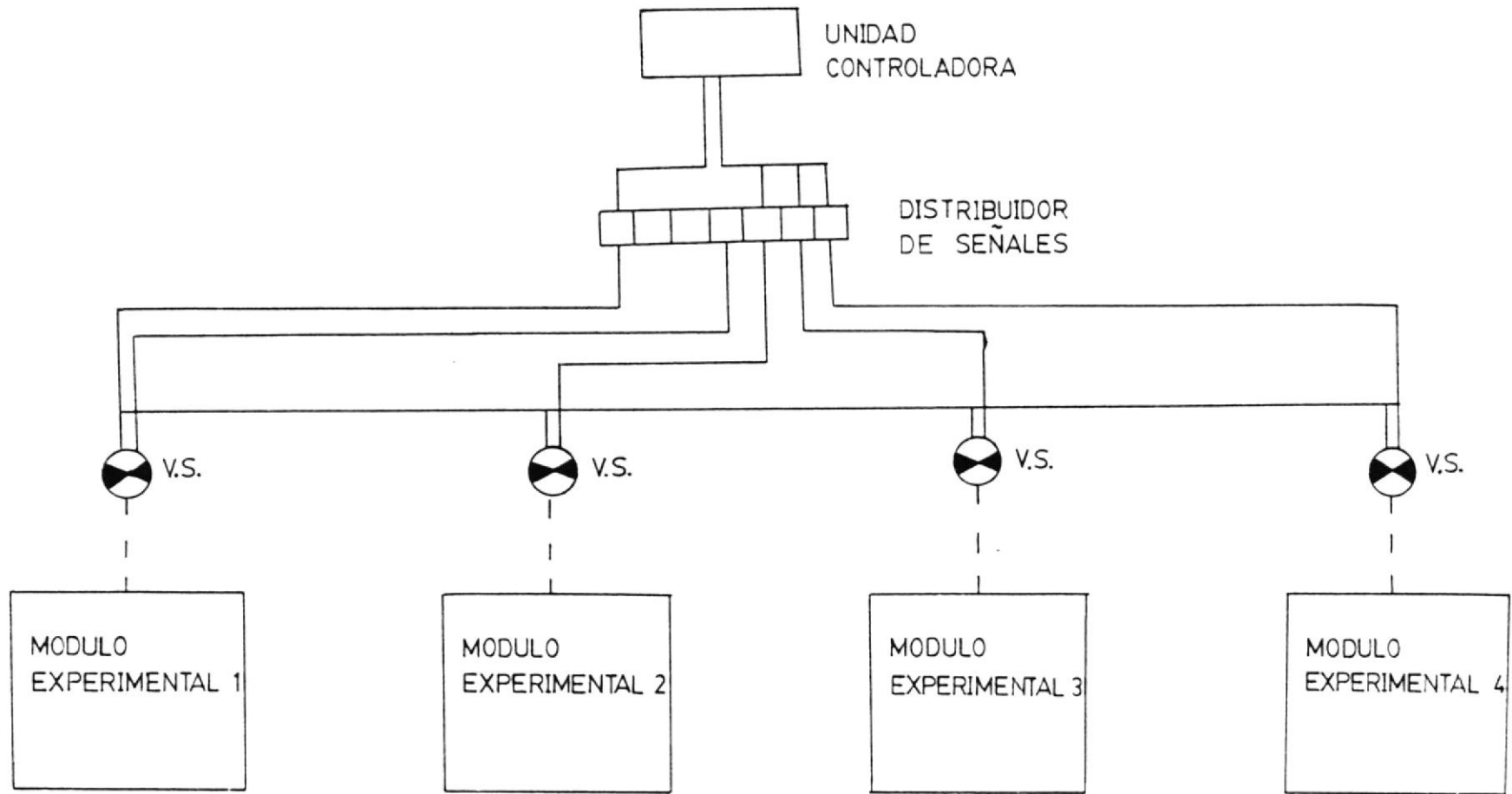


FIG. 4.7 APLICACION DE VALVULAS SOLENOIDES (V.S.) Y UNIDAD CONTROLADORA.

En la figura 4.7 se presenta un esquema del área de aplicación de la unidad controladora

automatizando el sistema. para el riego de las plantas quedando eliminándose por consiguiente los obreros exacto de riego diario de las plantas, del reloj controlador asegura el tiempo módulos, es decir, una programación correcta requerimiento hídrico de cada uno de los establecidos; todo esto está vinculada con el repite en ciertos días de la semana pre- durante un lapso de tiempo determinado que se de cada una de las válvulas solenoides, programado que controla la apertura y cierre reloj controlador que es un dispositivo El tiempo de riego funciona a través de un

caudal adecuado. tiempo de programado previo para obtener un riego del vivero y como sensores se tiene el proceso serán los aspersores en su función de diferentes válvulas solenoides utilizados, el controladora, los actuadores serán las sistema se tiene como unidad lógica la unidad Desglosando cada una de las partes del

y válvulas solenoides en los diferentes módulos.

UNIDAD CONTROLADORA (Figura 4.6)

Características técnicas:

Marca : Rain-Bird

Modelo : HP-6

Especificaciones de operación:

Número de estaciones : 6

Tiempo por estación:

0, 2, 10, 15, 20, 30, 45 minutos 1 hora o 2 horas.

Aperturas automáticas: 8 aperturas para cada uno de los dos programas (A y B).

Programación de riego:
2, 3 y 5 días para cada ciclo, o 7 días seleccionando el ciclo.

Características eléctricas.

Entrada: 117 volt. AC, 60 Hz.

Salida : 26,5 volt.; 60 hz; 1,5 A.

Protección: contrasobrecarga 1,70 A a 117 voltios de entrada.

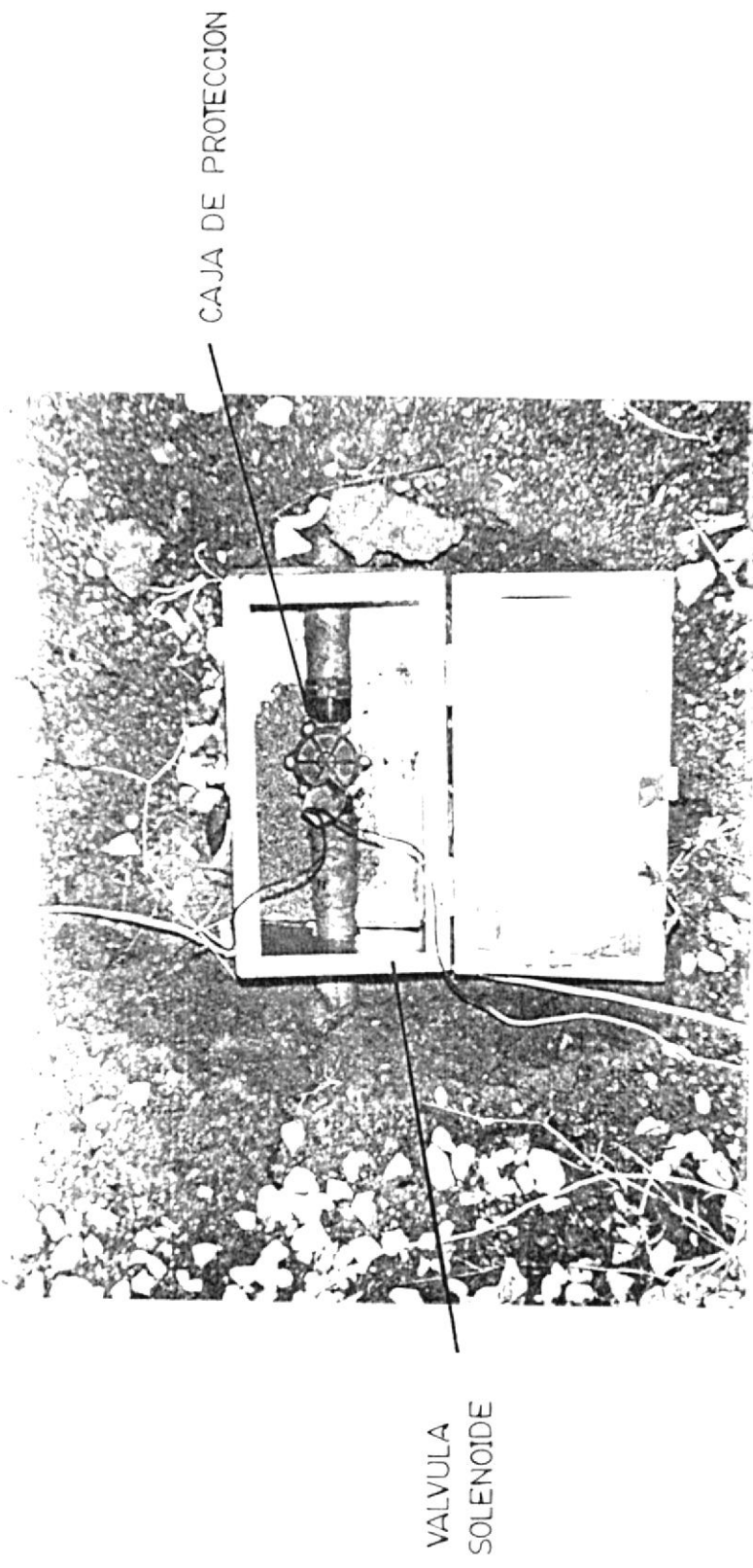


FIG. 4.8 VALVULA SOLENOIDE. INSTALADA

Capacidad por estación de multiválvulas : 2
válvulas solenoides (24 VAC) por estación.

Control de válvula maestra/circuito de
control remoto de encendido de bomba.

Puede utilizar baterías de 9 voltios
recargable.

Programación dual: programas A y B cada uno
independientes del otro programa.

Tiempo de precisión +/- 1 minuto por mes.

Las válvulas solenoides utilizadas son del
tipo eléctrica-manual la cual efectúa función
de actuador, es decir, es en donde recae la
acción de los aspersores para regar las
plantas, se encuentran a la entrada de cada
uno de los módulos .

CARACTERISTICAS TECNICAS DE VALVULAS SOLENOIDES .

(Figura 4.8)

Marca : Rain Bird

Modelo: 100 DV con conexión de entrada y
salida

1 " (25.4 mm).

Rango de operación:

Flujo: 3 a 40 Gal/min.

Presión 15 a 150 PSI (103-1030 kPa).

Temperatura: 125 °F ó 50 °C máximo.

Características técnicas:

- Diafragma de balance de presión de larga vida.
- Fácil mantenimiento.
- De manejo manual a falta de fluido eléctrico, con un movimiento de un cuarto de vuelta.
- Opera a presiones bajas.
- Diseñada para trabajar con baja energía.
- Construcción durable, anticorrosiva, acero altamente aleado.

Características eléctricas:

Tensión: 24 V/AC, 50/60 Hz.

0.30 Amp de salida.

0.19 Amp.

Potencia: 2 W.

En la tabla 6 se presenta la pérdida de presión en las válvulas series DV.

INSTRUCCIONES PARA EL MANEJO DE LA UNIDAD CONTROLADORA.

Paso 1. Fijar la hora del día usando el botón " Hr/min" y con el botón de flechas fijar la hora y los minutos en la pantalla con "+/ON" o "-/OFF" según sea el caso.

Paso 2. Se establece el número de días por ciclo moviendo los switches situados detrás del panel de acceso.

A. Ciclo para 7 días. Todos los 3 switch abajo.

B. Ciclo de 5 días. Solamente el switch de la derecha arriba.

C. Ciclo de 3 días. Solamente el switch de en medio arriba.

D. Ciclo de 2 días. Solamente el switch de la izquierda arriba.

Nota: Cuando se usan ciclos de 2, 3 o 5 días los programas A y B corren a partir del último día del ciclo. En vista de que el ciclo ya está fijado, se omite el paso 3 y se ejecuta el 4.

Paso 3. Para definir los días de riego (solamente para ciclos de 7 días). Use "A-B PROGRAM" para seleccionar el programa en el que se van a fijar los días de riego.



Como indican las letras a la izquierda de la pantalla, los guiones o rayas superiores señalan los 7 días del programa A y los inferiores los 7 días del programa B. En los 7 días, los programas A y B pueden operar en el mismo día o en diferentes días.

Para indicar los 7 días de riego, presione "TODAY" para mover el triángulo en la pantalla a la posición de cada día, esto es, Domingo a Sábado, luego presione "WATER TODAY" para poner en turno del día en "ON" (aparece una raya), o sino "OFF" (en blanco). Luego como se indicó anteriormente use el swtch "A/B PROGRAM" para indicar el programa para la aplicación de los días de riego.

Paso 4. Para fijar los tiempos de inicio, mueva "A/B PROGRAM" para seleccionar el programa, luego, presione el botón de "START TIMES" y luego fíjelos con "HR/min".

Cuando sucede una falta de energía eléctrica agota la bacteria, el tiempo de inicio del programa A pasa a los 8 a.m. y el del programa B a las 6 p.m.. Si se desea se puede cambiarlos.

Cada programa tiene 8 tiempos de inicio (start times) disponibles. Para fijarlos presione repetidamente y fíjelos como se indicó arriba. Cuatro rayas en la parte

superior de la pantalla significan que el tiempo de inicio no se ha fijado, aparece así, tiempos de inicio múltiples son recomendados para ciertos riego de riegos repetidos varias veces por día, en aplicaciones como campo de césped.

Para eliminar un "START TIMES" (tiempo de inicio), presione rápidamente hasta encontrar el tiempo de inicio a eliminar, luego manténgalo presionado por cerca de 2 segundos hasta que aparezcan los cuatro rayos que se indican arriba.

Nota: Con un total de 16 "START TIMES" por día, se debe ser cuidadoso en no programar tiempos que se traslapen, si esto ocurre el controlador cancelará el programa que está en proceso y cumplirá con el siguiente.

Paso 5: Para asignar cada estación los programas 1 a 5, se debe usar el switch colocado debajo de cada botón.

Paso 6: Para fijar los tiempos de riego por estación se debe usar el botón (perilla negra) para cada estación. El rango va desde 0 min. hasta 9 horas. Poner en la posición "STATION OFF" (estación fuera de servicio).

Caso 7. Para establecer el día presente, presione "TODAY", producirá el movimiento del triángulo en la pantalla a la posición del día en que nos encontramos.

Los números debajo de la pantalla se usan para ciclos fijos (2, 3 o 5), nos dan cuenta de ello por que aparecen las dos rayitas. Si se desea se puede tomar como los cualquiera de los días. Por ejemplo: si se estableció un ciclo de 3 días, pero se quiere que sea desde el primer día de riego, entonces mueva el triángulo a la posición del día número 2. El riego comenzará mañana, el último día del ciclo de 3 días.

Caso 8. Pasa el switch "OFF/AUTO" al "AUTO", luego presione "PROGRAM" una o dos veces hasta que aparezca la letra "P" (por lento) la programación está completa.

Si aparece en la pantalla la letra "F" y un número, dicha estación tiene un corto circuito o una sobrecarga de regeneración dentro del controlador de la cual debe ser el campo. El controlador salta dicha estación, continúa con las operaciones de riego posteriores. Se debe localizar y arreglar el problema y el controlador volverá a su operación normal de dicha estación y los ciclos siguientes.

CAPITULO V

INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO

Para la instalación del sistema de riego, se empezará analizando la instalación de bombeo, luego la instalación de tubería PVC, los aspersores a utilizar y el sistema de automatización de la red de riego.

5.1 Estación de bombeo.

El área de riego de un vivero es reducida porque los diferentes módulos que existen son para diferentes etapas de cultivo, por ello son muy utilizadas las bombas centrífugas. Existen gran variedad de tipos y configuraciones de bombas centrífugas, siempre que estén por lo menos a 20 pies por encima de la superficie de toma de agua. Estas bombas necesitan ser cebadas, es decir, no operan hasta que la voluta o carcasa de caracol esté completamente llena de agua, esta es una desventaja de las bombas centrífugas.

En la figura 5.1 a y b, se muestra como se realizó la instalación de la estación de bombeo, se debe recalcar que primeramente se utilizó tubería de PVC

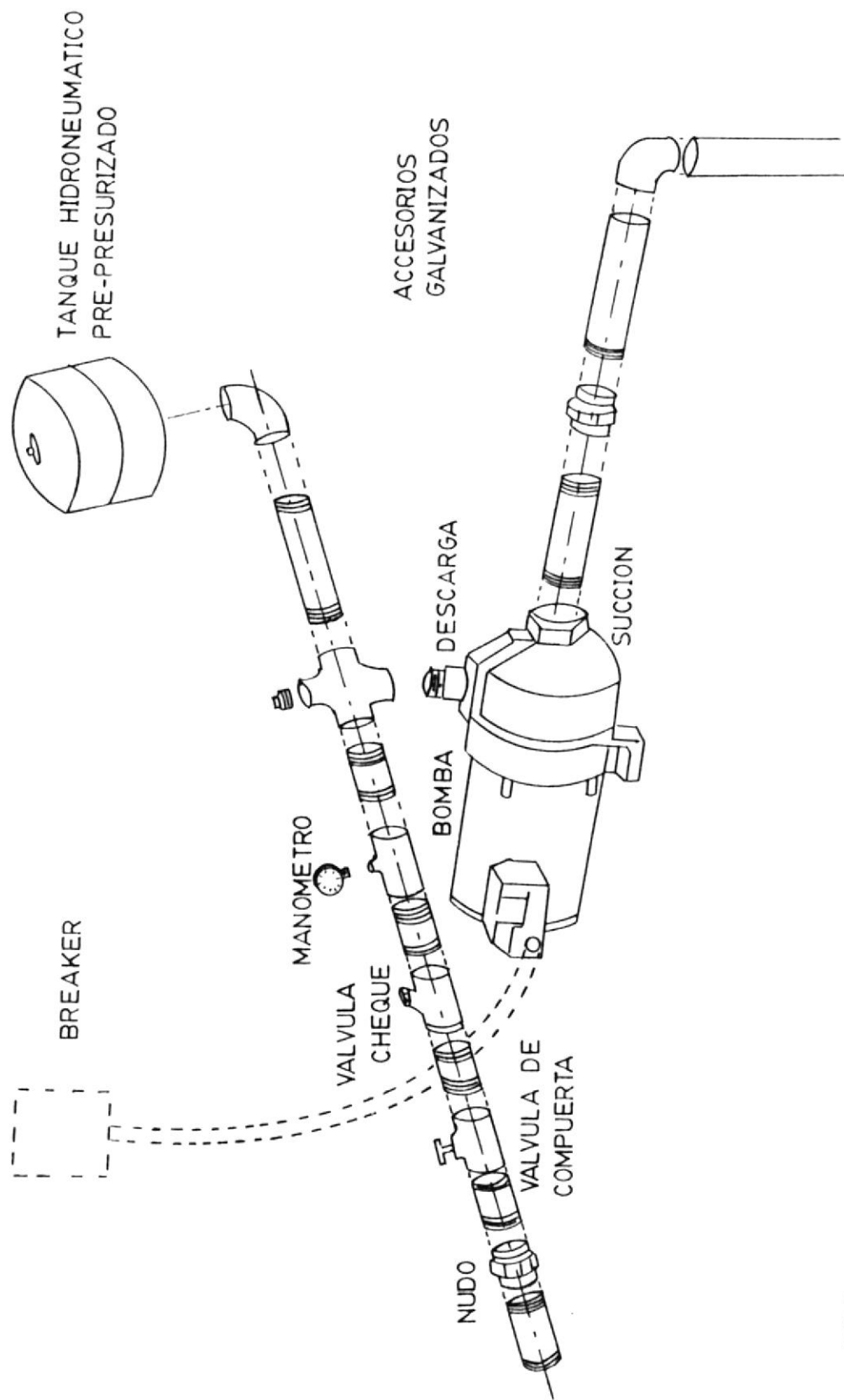


FIG. 5.1a ESTACION DE BOMBEO. ACCESORIOS DE INSTALACION.

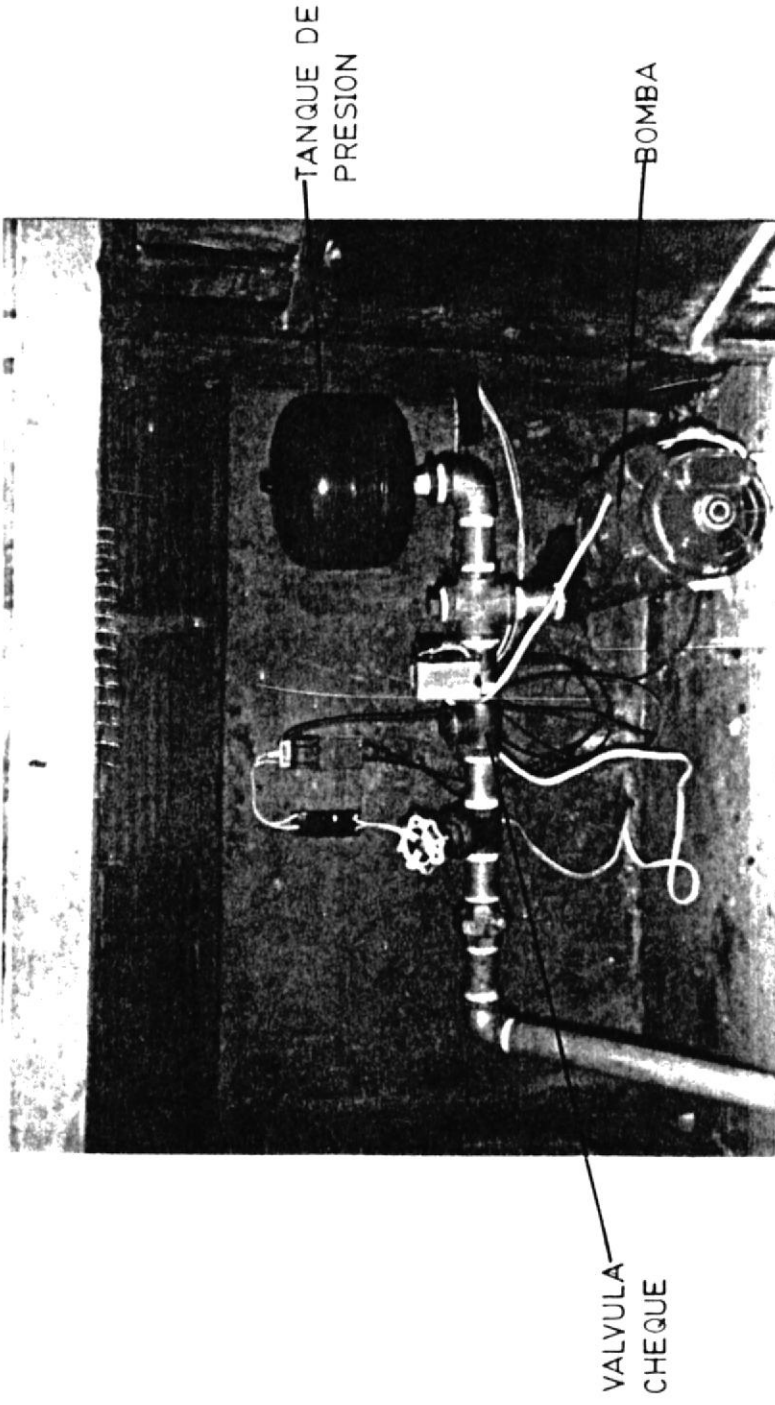


FIG. 5.1b ESTACION DE BOMBEO. INTALADA.

roscable, pero esta no resistió la presión de trabajo por lo cual resultó con daños, se debió cambiar por tubería galvanizada la cual resultó óptima para el trabajo.

El material para la estación de bombeo se encuentra detallado en la tabla 8.

En la figura 5.2 se muestra las características del diseño de la bomba, resaltándose lo siguiente:

- Se trata de una bomba centrífuga de acople monoblock al motor, lo que ahorra espacio y facilita la instalación
- Puede ser montada en posición horizontal, vertical o inclinada.
- Se puede inspeccionar el motor sin retirar la carcasa de las tuberías.
- Carcasa y plato sello construidos en hierro para máxima durabilidad; rotor en norly.
- Empaque de neopreno para múltiple reutilización.
- Motor diseñado para operación continua, eje soportado en rodamiento en ambos extremos, con diseño de brida cuadrada.

TABLA 8. MATERIAL PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA DE BOMBEO
PARA LA RED DE RIEGO.

Número	Descripción	Cant.
1	Bomba centrífuga IHM 1-1/2A-2.0	1
2	Tanque hidroneumático pre-presurizado Water ACE. Mod. RT-10, 14 Gallon, Vert.	1
3	Manómetro	1
4	Válvula de compuerta 1 1/2" (40 mm)	1
5	Válvula cheque 1 1/2" (40 mm)	1
6	Cruz 1 1/2" (40 mm) Galv.	1
7	Neplo 1 1/2"*3" (40 x 75 mm) Galv.	6
8	Tapón 1 1/2 (40 mm) Galv.	1
9	Reductor 1 1/2"*1/2" (40 x 13 mm) Galv.	1
10	Unión Universal (Nudo) 1 1/2" (40 mm) Galv.	1
11	Unión Universal (Nudo) 2" (50 mm) Galv.	1
12	T reductora 1 1/2"*1/2" (40 x 13 mm) Galv.	1
13	Codo 90 Galv.	2
14	Tubo galvanizado 1 1/2 " (40 mm)	1
15	Neplo 2"*3" (50 x 75 mm)	1
16	Breaker 30 Amp.	1
17	Switch de encendido	1

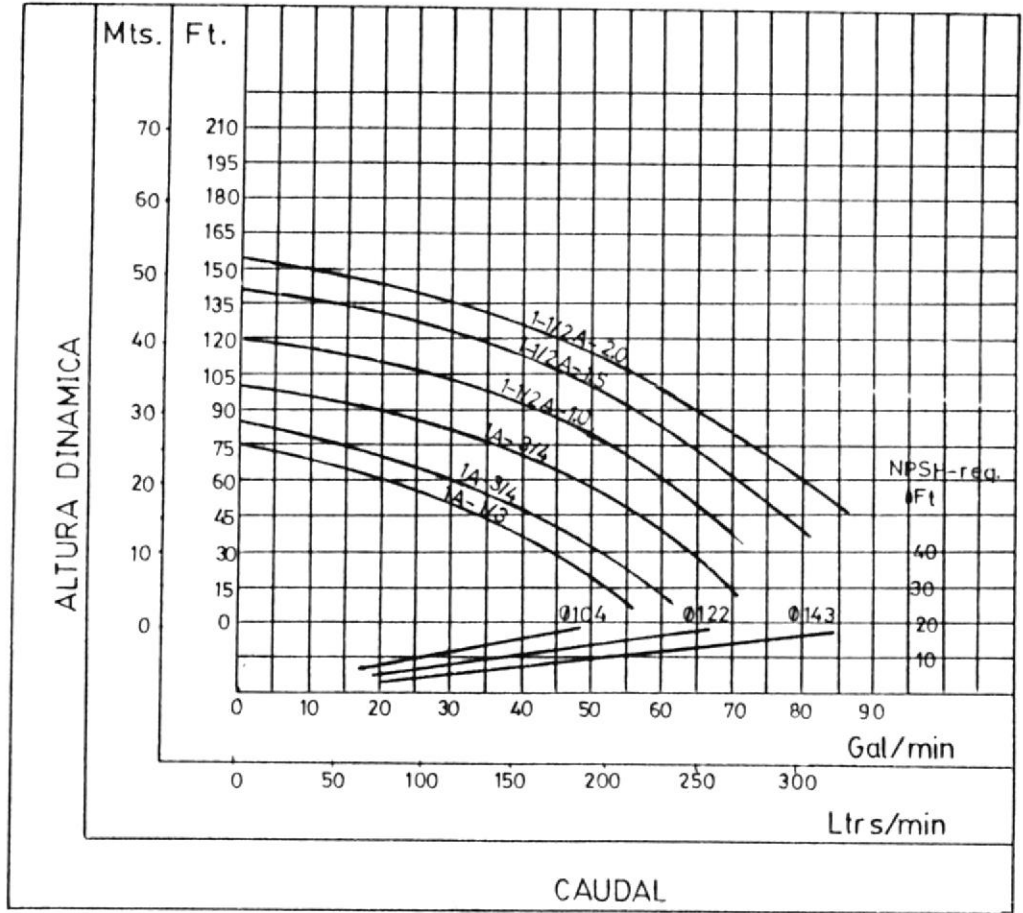


FIG. 5.2 CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA BOMBA.

5.2 Instalación de Tuberías y Aspersores

La instalación de las tuberías se realizó en tres días con dos ayudantes, observando el mapa de la instalación (Apéndice A) podemos determinar la cantidad de tubería y los accesorios a utilizar, que se detallan en la tabla 9.

Se utilizaron además tres válvulas solenoides electrónicas (Figura 4.8) que permiten el paso de fluido a través de los aspersores, también una unidad de control de riego (Figura 4.7) para las válvulas solenoides que nos permite la variación de apertura y cierre de válvulas dependiendo de las necesidades de las plantas.

A continuación los tipos de aspersores utilizados, los cuales tienen las siguientes características:

- Microaspersores alta compensación tipo burbuja
RAINBIRD 1404

Rango de operación:

Flujo: 0,25 a 2,00 Gal/min.

Radio: 0,3-0,91 m (1-3 pies).

Presión: 9,1-27,4 m = 10,6- 32 PSI.

TABLA 9. MATERIAL PARA LA INSTALACION DE LA RED DE RIEGO.

Número	Descripción	Cantidad
1	Codo 50 mm * 90 PVC.	2
2	Codo 40 mm * 90 PVC.	38
3	Tee 40 mm PVC.	19
4	Cruz 40 mm PVC.	10
5	Reductor de 40 - 20 mm PVC.	41
6	Reductor de 20 - 1/2 Rosc. M.	41
7	Tubo 50 mm * 6 m. PVC.	15
8	Tubo 40 mm * 6 m. PVC.	59

[Faint handwritten signature or stamp]

Características:

- Presión de compensación entre 206,7-620,2 Pa (30-90 PSI).
- No requiere regulación.
- Excepcional para trabajos a bajo flujo.
- Contiene un filtro para evitar obstrucciones.
- Resiste el manipuleo
- Durable, no corrosivo (plástico) y construcción de goma.

En la tabla 10 se presenta el tipo de eficiencia de los aspersores tipo burbuja.

- Aspersores de impacto de círculo parcial-total 2045 PJ MAXI-BIRD (figura 5.4).

Rango de operación:

Razón de precipitación: 0,18 a 0,79 pulg/hr.

Radio: 11-13,7 m (36-45 pies).

Presión: 172,3- 413,5 KPa (25-60 psi).

Características:

- 5 tipos de boquillas intercambiables MPR.
- No requiere de herramientas para cambio de boquilla.

- Doble brazo para rotación lenta y aumento del lanzamiento de agua .
- Recorrido de flujo rápido interior con mejoramiento con palanca interior de recorrido.
- Poderosa acción de retorno.
- Brazo ajustable para operaciones a bajo flujo.
- Empuje de impacto.
- Flujo de principio a fin directo.
- Círculo total o ajustable de 20 a 340 grados.
- Trabaja eficientemente a bajas presiones y opera a bajo galonaje.
- Turbo de impulsación de gran precisión.

CAPITULO VI

PLAN DE PRUEBAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

6.1 Parámetros a comprobar.

En la planificación, diseño y explotación de proyectos de riego, los objetivos de producción deben estar en relación con la parte física de los recursos, especialmente el suelo y el suministro de agua, a fin de garantizar que se puedan lograr y mantener la producción propuesta y los rendimientos previstos. También deben tenerse en cuenta diversos factores técnicos, económicos y de organización, para llegar a un proyecto técnicamente sólido, que pueda funcionar desde el punto de vista de su gestión, y que sea viable económica y financieramente, lo cual debe estar al mismo tiempo de acuerdo con los objetivos de desarrollo y producción.

Un elemento importante para evaluar la producción de un cultivo bajo riego y la eficiencia del riego es el suministro de agua disponible y necesario en el tiempo y en la superficie prevista. Cuando el suministro de agua disponible es adecuado y atiende

plenamente las necesidades de agua del cultivo, la producción es máxima, dependiendo del suministro necesario del cultivo, parcela o módulo del vivero, de la duración de la estación vegetativa, y de la superficie regada.

Dentro de los parámetros descritos anteriormente se debe proceder a determinar la relación presión-caudal; es decir, la presión proporcionada por la bomba-pérdidas en tuberías y el caudal de salida en el aspersor utilizado en los diferentes módulos.

Para comprobar la cantidad de agua efectiva que llega al terreno de cultivo, se debe calcular la precipitación por riego suministrada por los diferentes aspersores a los módulos experimentales.

6.2 Medición de presión y caudal.

Se debe realizar la medición de presión en cada uno de los módulos del vivero, para poder comprobar la eficiencia de riego.

Primeramente se deben encontrar las presiones en los módulos 1 y 2 por tener estos el mismo tipo de microaspersores, y luego con estos valores

del microaspersor.

En la figura 6.1 se muestra el equipo utilizado para la medición de presión que consiste básicamente de un manómetro de glicerina para obtener el valor de presión a la salida del microaspersor. En la figura 6.2 se muestra el tipo de numeración que se realizó para reconocer cada uno de los microaspersores en los módulos .

La tabla 12 se presentan los resultados obtenidos de estas mediciones, tanto el módulo 1 como el módulo 2 se comportan de la misma manera con una presión máxima en los aspersores iniciales de 241 kPa (35 psi) y en los más alejados con una presión de 234 kPa (34 psi).

Se procederán a medir las presiones en los aspersores del módulo 3 en la misma forma que se realizó en los módulos 1 y 2.

Estos resultados se presentan en la tabla 13. En la figura 6.2 se presenta la forma de numeración de los aspersores en el módulo 3.

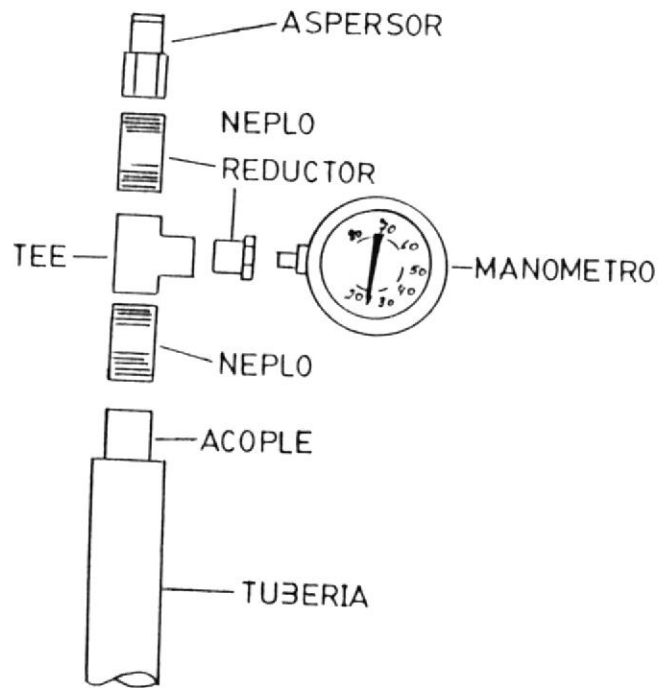
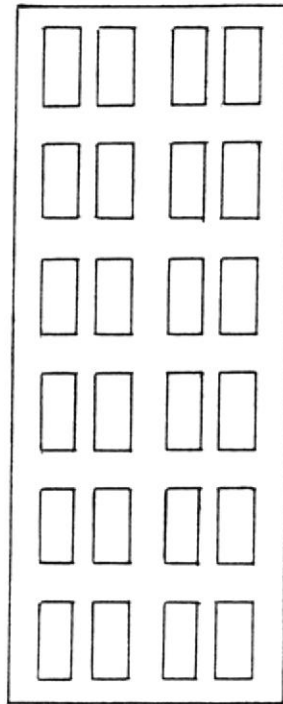
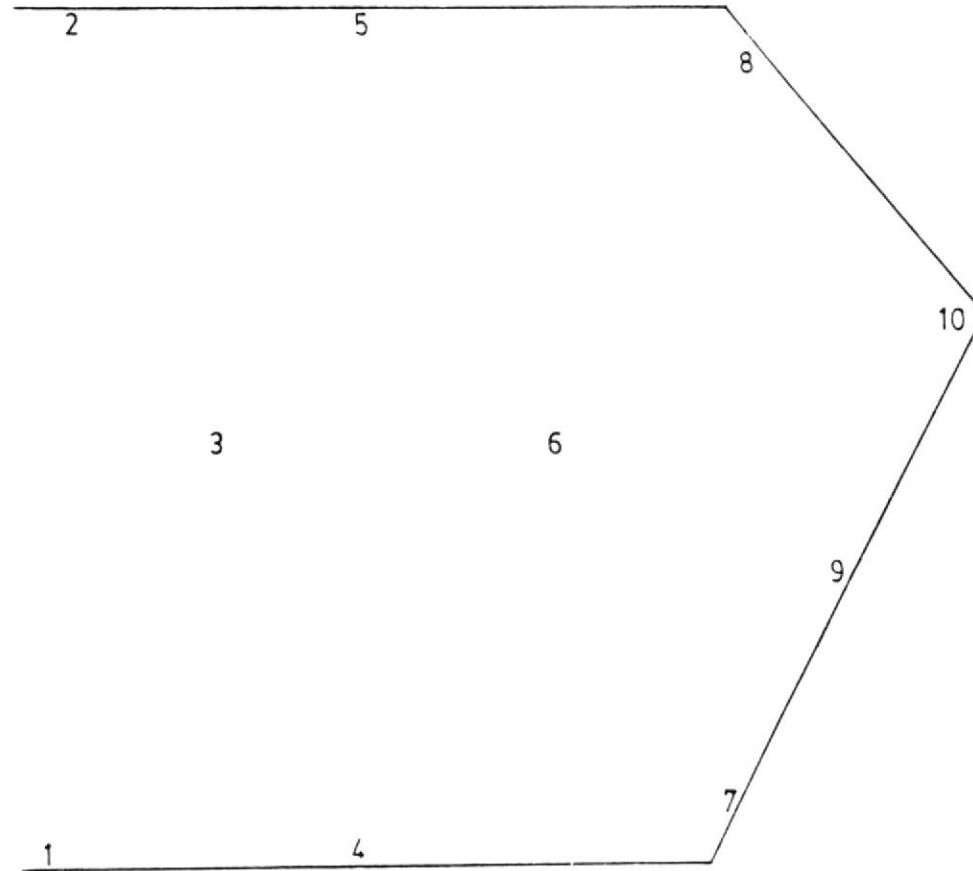


FIG. 6.1 EQUIPO DE MEDICION DE PRESION, ACCESORIOS.



MODULO 1 Y 2



MODULO 3

FIG. 6.2 NUMERACION DE ASPERSORES EN LOS MODULOS 1 Y 2.



TABLA 12. MEDICION DE PRESION Y CAUDAL
MODULO 1 Y 2

Micro Aspersores	Medición de Presión PSI	Promedio	Galonaje GPM
1	36 35 35	35	1,8
2	35 35 36	35	1,8
3	35 36 35	35	1,8
4	36 35 35	35	1,8
5	34 35 34	34	1,7
6	35 34 35	35	1,8
7	34 34 33	34	1,78
8	34 34 34	34	1,78
9	33 34 34	34	1,78
10	34 34 34	34	1,78
11	34 33 34	34	1,78
12	34 33 33	34	1,78

TABLA 13. MEDICION DE PRESION Y CAUDAL
MODULO 3

Aspersor	Medición de Presión PSI	Promedio PSI	Galonaje GPM
1	36 35 35	35	3.3
2	35 36 35	35	3.3
3	35 34 34	34	3.24
4	34 33 34	34	3.24
5	35 32 33	33	3.18
6	33 34 33	33	3.18
7	34 33 33	33	3.18
8	33 30 31	31	3.18
9	33 32 32	32	3.12
10	29 32 31	31	3.1

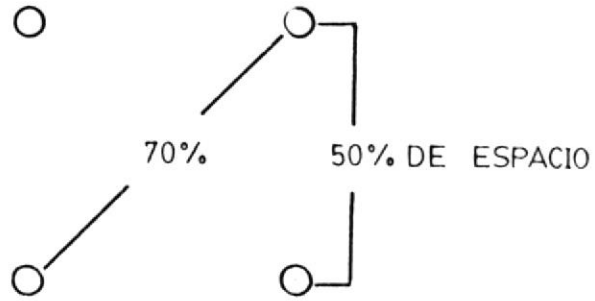
6.3 Análisis de Precipitación por Riego.

La correcta distribución por los aspersores es muy importante, si existe una incorrecta entrega de agua a las plantas estas tendrán un crecimiento no uniforme, además sirve para calcular la precipitación real que les llega a las plantas (suelo) y este resultado al ser comparado con la necesidad de agua por las plantas da la eficiencia del riego.

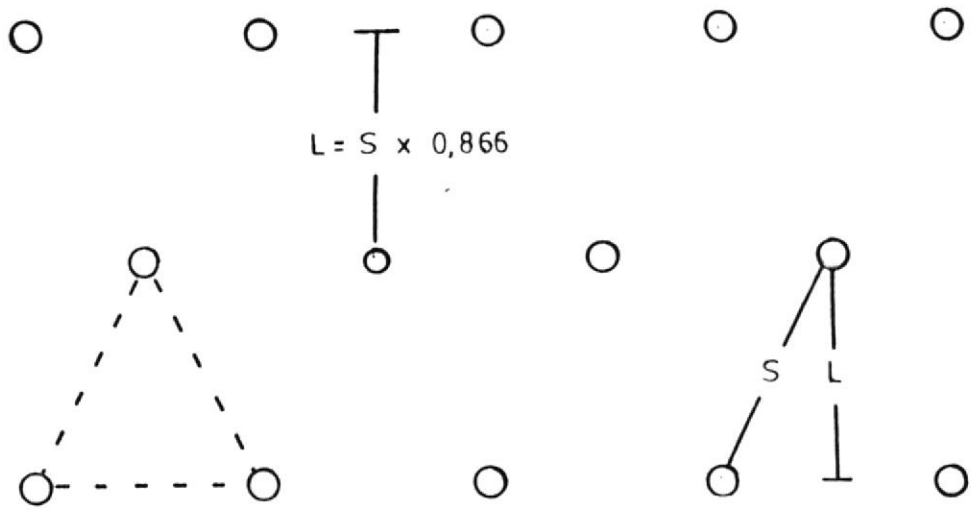
Si esta eficiencia es baja, se determina lógicamente que debe aumentarse el tiempo de riego a las plantas, cosechas, frutales, etc. Este cálculo es similar para todos los cultivos en los que se esté aplicando un riego programado para su crecimiento.

Como se puede ver en el apéndice A, en el mapa de diseño de la distribución de la red de riego, se tienen dos tipos de distribución: triangular (Módulo 3) y rectangular (Módulo 1,2 y 4). En la figura 6.3, se muestra la forma como se debe hacer la distribución de los aspersores para el riego, siempre y cuando la velocidad del viento sea mínima.

En la tabla 14 se muestran los máximos alejamientos



DISEÑO CUADRANGULAR



DISEÑO TRIANGULAR

FIG. 6.3 DISEÑO DE DISTRIBUCION DE LOS ASPERSORES.

entre aspersores.

La precipitación por riego (P.R.) es utilizada para comprobar si la precipitación del riego excede la cantidad de absorción del terreno y si la aplicación de agua es suficiente durante un determinado tiempo debiendo satisfacer el requerimiento por riego.

El promedio de la precipitación del riego es expresada en pulgadas por hora según la ecuación.

$$P.R. = \frac{96.3 * \text{Gal/min}}{S * L} \quad (15)$$

(15) Referencia /14/

Donde :

P.R. = Promedio de precipitación en [Pulg/hora].

96.3 = Constante.

Gal/min = El total de galones por minutos aplicados al área por todos los aspersores.

S = Espacio entre aspersores [pies].

L = Espacio entre columnas de aspersores [pies].

Este cálculo es teórico, pero para realizar un análisis práctico para determinar la eficiencia del riego en el terreno se debe realizar de la siguiente manera.

TABLA 14. MAXIMOS ALEJAMIENTOS ENTRE ASPERSORES

Velocidad del viento (mph)	Máximo alejamiento
0 a 3	L = 60 % del diámetro S = 50 % del diámetro
4 a 7	L = 60 % del diámetro S = 45 % del diámetro
8 a 12	L = 60 % del diámetro S = 40 % del diámetro

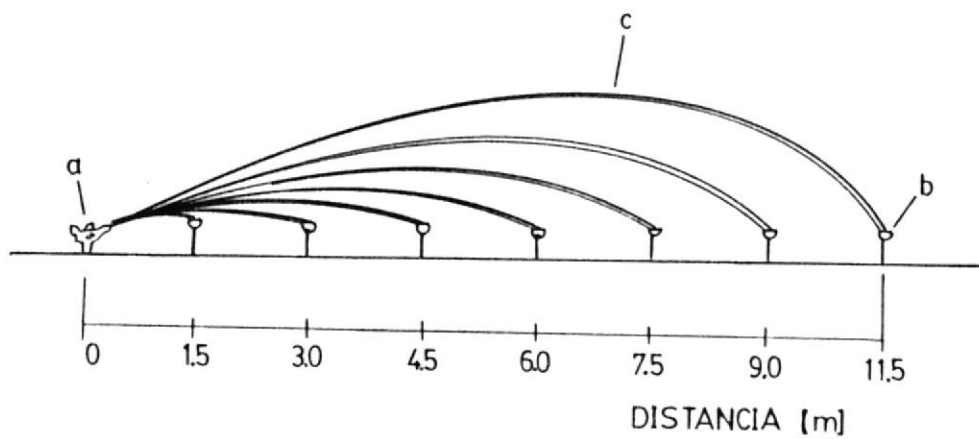
En la figura 6.4 se muestra las distancias a las cuales se deben colocar los recipientes los cuales deben recojer el agua que da el aspensor, por supuesto que estas distancias dependen del tipo de aspensor, además se muestra una curva de distribución.

Los recipientes deben estar a igual intervalo a lo largo del radio de aplicación, el aspensor al ser activado nos permite determinar la cantidad de agua en cada recipiente en un determinado tiempo, por lo cual se puede determinar la distribución de agua por el aspensor, más allá de ello la distribución es irregular.

En la tabla 15 se presentan los resultados de precipitación por riego en el cultivo en el módulo 2 que es similar en el módulo 1.

En la tabla 16 se muestran los resultados de precipitación por riego en el cultivo en el módulo 3.

Debido a la total irregularidad del terreno no se pudo seguir con las regulaciones expresadas al inicio del capítulo.



- a. ASPERSOR
- b. RECIPIENTE DE RECOLECCION
- c. CURVA DE DISTRIBUCCION

FIG. 6.4 CURVA DE DISTRIBUCCION DE RIEGO.

TABLA 15. CALCULO DE LA PRECIPITACION POR RIEGO.
 MODULO 1 Y 2.

Aspers.		Precipitación por riego.teor pulg/hr	Precipitacion por riego.exp ml/min	Promedio PR exp. ml/min	E F I C.
3	4	3,778	84	84,66	66%
1	2		80		
			90		
5	6	4,585	98	95,66	61%
3	4		84		
			95		
7	8	3,755	85	89	69%
5	6		92		
			90		
9	10	4,546	93	92,66	60%
7	8		90		
			95		
11	12	4,183	85	84	59%
9	10		80		
			87		

TABLA 16. CALCULO DE LA PRECIPITACION POR RIEGO.

MODULO 3.

Aspers.	Precipitación por riego.teor pulg/hr	Precipitación por riego.exp ml/min	Promedio P.R.exp ml/min	E F C I.
3	0,103	1,8	1,5	43,2%
1 4		1,3		
		1,0		
2 5	0,154	3,0	3,4	67%
		3,8		
3		3,1		
6	0,0998	1,6	1,3	38,5%
4 7		1,2		
		1,1		
6	0,27	10	8	96,3%
9 10		6,2		
		7,8		
8 10	0,245	7,1	7.03	84.9%
		7,3		
6		6,7		

Debido a la total irregularidad del terreno no se pudo seguir con las regulaciones expresadas al inicio del capítulo.

CAPITULO VII

ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Al analizar los resultados obtenidos en la tabla 12 y la figura 6.2 en donde se ha numerado los aspersores tipo burbuja se puede decir que a medida que se avanza a través de la tubería esta pierde presión al igual que el galonaje que desplaza cada aspersor disminuye. En la tabla 13 y la figura 6.2 se produce el mismo fenómeno en el cual se utiliza los aspersores de impacto.

En el análisis de la tabla 15 en donde se presenta la precipitación del riego para los módulos 1 y 2 donde se trabaja con microaspersores tipo burbuja se puede decir lo siguiente:

- La precipitación por riego no es uniforme, debido a la posición no uniforme de los microaspersores en los módulos.
- La medición experimental es menor que el cálculo experimental de la precipitación por riego a las plantas, esto puede ser debido a diferentes factores, se tapan los filtros en los microaspersores, fluctuaciones en la bomba debido a variaciones de

voltaje, medición incorrecta, etc.

- La eficiencia de la precipitación por riego es baja manteniéndose en su promedio del 63 %
- Se observa que a medida que se avanza en el módulo y la presión disminuye, la eficiencia igualmente disminuye.

En la tabla 16 se muestra los resultados obtenidos en el módulo 3 para aspersores de impacto en donde obtenemos los siguientes resultados.

- Entre mas uniforme es la distancia entre cada trio de aspersores, la precipitación por riego es más uniforme.
- La eficiencia de la precipitación por riego en los lugares donde los aspersores estan bién distribuidos esto es, en los dos últimos trio de aspersores los valores son altos.
- Entre mayor sea la distancia entre los aspersores, el valor de la precipitación por riego es menor.

ANALISIS ECONOMICO

En este capítulo se realizará un estudio económico de los beneficios de un sistema automatizado de riego para un vivero utilizando un tanque hidroneumático como un hidrosensor, comparado con un sistema manual en donde no existe el sistema de riego controlado automáticamente.

Cuando una instalación de riego utiliza un sistema hidroneumático con un tanque de presión como un hidrosensor, la bomba permanece encendida desde la apertura de las válvulas solenoides hasta el cierre, el volumen efectivo del tanque hidroneumático es tan pequeño que el tiempo que transcurre en caer la presión desde su valor máximo al mínimo es de 1 a 2 segundos.

La demanda comienza en el momento que se abre la primera válvula desde la caja de control de riego, por lo tanto el pequeño volumen de agua que inicialmente estaba en el tanque se desaloja casi al instante, y el flujo de agua proveniente de la bomba pasa directamente a la red de servicio, igualándose el caudal promedio de la bomba a la demanda del sistema de riego, causando que la bomba no se apague.

eléctrico es de 1,15.

Los costos de operación de una bomba con motor eléctrico pueden calcularse con la ecuación 7.

El costo de operación adicional por arranque se expresa de la siguiente manera:

$$Ca = \# * Pa * c * ta \quad (\text{suces})$$

donde:

= Número de ciclos diarios (N=1).

Pa = Potencia de arranque (Pa=2,17 Kw).

c = Costo promedio de la electricidad (250 suces/Kw-hora).

ta = Tiempo de arranque (1/3600 horas).

Finalmente se determina el costo de operación por día.

$$Cd = Cn + Ca \quad (\text{suces/día})$$

Si se desea realizar una proyección para unos 5 años que es el tiempo estimado de operación rentable de los equipos, se lo puede obtener por medio de la siguiente ecuación.

$$C \text{ total} = 2100 * Cd$$

Todos los resultados estan mostrados en la tabla 17, en donde se expresa los costos de operación del sistema de riego y su operación a futuro.

En la tabla 18 se presenta los costos de operación inicial del sistema de riego, estos costos son los relacionados con el equipo fisico del sistema.

En la tabla 19 se muestra el costo de operación manual en donde se trabajaria con un ingeniero agronomo y 4 personas para atender el vivero, estos demoran aproximadamente 6 horas en regar todos los submodulos, existe un promedio de pérdidas de 30 plantas por día al ser regadas, a un costo de 1000 sucres por planta.

En la tabla 20 se presenta el costo de operación con el sistema de riego automatizado donde se cuenta a un ingeniero agronomo y un solo ayudante que opera el vivero eficientemente, las pérdidas de plantas disminuyen a un promedio de 3 plantas por día.

TABLA 17. COSTOS DE OPERACION DEL SISTEMA DE RIEGO.

PARAMETROS	MODULOS			
	1	2	3	4
Número de ciclos de riego.	2	2	2	2
Tiempo de riego (min)	5	5	20	20
Tiempo de consumo energético (min)	10	10	20	20
G.P.M. para cada módulo	19,8	19,8	33	23
Presión promedioPSI	34	34	33	34
Consumo de potencia del motor Kw.	0,25	0,25	0,41	0,41
Costo de operación día Cd.	10,71	10,71	68,63	48,63
Costo de presión por año.(Sucres)	3855,6	3855,6	24706,8	17506,8
Costo de operación 5 años. (Sucres)	19278	19278	125534	87534

TABLA 18. COSTOS DE INVERSION INICIAL DEL SISTEMA DE RIEGO.

N.	EQUIPO	VALOR (SUCRES)
1	Bomba centrífuga IHM 1 - 1/2 A - 2.0	3'000.000
2	Tanque hidro-neumático	600.000
3	Equipos componenetes materiales y accesorios	2'085.715
4	Aspersores	225.000
5	Caja control de riego	600.000
	SUBTOTAL (SUCRES)	6'510.715

TABLA 19. COSTOS DE OPERACION MANUAL.

DESCRIPCION	COSTO / MES(SUCRES)
Ingeniero Agrónomo	700.000
4 Ayudantes	1'200.000
Plantas (pérdidas)	900.000
TOTAL / MES	2'800.000
TOTAL / AÑO	33'600.000



TABLA 20. COSTOS DE OPERACION CON SISTEMA DE
RIEGO AUTOMATIZADO.

DESCRIPCION	COSTO(SUCRES)
Ingeniero Agrónomo	700.000
1 Ayudantes	300.000
Plantas (perdidas)	900.000
TOTAL / MES	1'090.000
TOTAL / AÑO	3'180.000

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- Las pérdidas de presión en cada uno de los módulos del vivero son uniformes, siempre se mantienen aproximadamente en un mismo nivel en los primeros aspersores.
- Los microaspersores tipo nebulizadores es muy eficiente, su distribución de agua a los submódulos es uniforme y no afecta a las plantas.
- Es un sistema de riego automatizado se necesitan de unidades controladoras y de válvulas solenoides.
- El valor inicial del sistema de riego automatizado es alto, pero este se justifica si se tiene en cuenta los valores operacionales del vivero a largo plazo.
- Teniendo en cuenta el análisis económico realizado, entre un vivero manejado automáticamente y uno manejado manualmente, se puede determinar que el uso de la automatización es favorable a largo plazo.
- Las pérdidas de plantas disminuyen en un alto grado con

la automatización, ya que el manipuleo de las plantas es mínimo, y los costos de operación disminuyen.

- Los costos de inversión inicial y de operación son fácilmente cubiertos, cuando el sistema de riego es utilizado en viveros o invernaderos para regar parcelas experimentales o módulos de productos de exportación tales como flores, mango, palmas, melón, árboles, etc.; estos tipos de productos se han generalizado en el país y son muy bien recibidos en el mercado internacional.
- Para realizar una instalación óptima teniendo una alta eficiencia de precipitación por riego se debe hacer una planificación coordinada de la infraestructura física como del tipo de riego a instalar.

RECOMENDACIONES:

- Las unidades controladoras y las válvulas solenoides o cualquier otro tipo de dispositivo de control debe ser de fácil manejo, utilización e instalación.
- En el sistema de bombeo es recomendable la utilización de accesorios galvanizados, debido a la alta presión inicial del sistema, no se recomienda la utilización de PVC.

- El tipo de tanque hidroneumático pre-presurizado, deberá estar basado en el tiempo de encendido sea mínimo.

- Al diseñar los sistemas de riego para viveros, invernaderos, parcelas, etc.; estos deben tener módulos con aproximadamente iguales requerimientos de caudal, para evitar problemas al determinar el sistema de bombeo.

- El diseño del sistema de riego debe ser en lo posible estar acorde con las edificaciones, módulos, parcelas, etc. ; es recomendable que al diseñarse la infraestructura física se tomar en cuenta la instalación de bombeo, drenaje del sistema, toma de agua; para evitar retrasos innecesarios en la instalación de las tuberías del sistema de riego.

- En un vivero, los submódulos deben estar a la altura correcta para evitar inconvenientes en la utilización del microaspersor.

BIBLIOGRAFIA

1. Problemas de riego en el Ecuador y posibles soluciones.
Autor: Ramiro Aguirre Aguirre
Universidad Nacional de Loja. 1987

2. Manual de riegos y advenimientos.
Autor: Enrique Blair F.
Instituto Interamericano de ciencias agrícolas de la
organización de los estados americanos (O.E.A.) Zona
Andina. Proyecto 39. Lima-Peru.

3. El Regadio.
Autor: Maurice Poireé y Charles Ollier
Ediciones ETA. 2da. Edición 1970.

4. El riego localizado.
Estudio FAO. #36

5. Riego por goteo.
Autor: F. Rodriguez Suppo.
AGT EDITOR S.A.

6. Riego por goteo (Teoria y práctica).
Autor: José A. Medina San Juan
Ediciones Mundi-Prensa tercera edición, 1988.

7. Mecánica de fluidos.
Autor: Victor L. Streeter-E. Benjamin Wyllie.
Mcgraw-Hill, 8da. Edición 1988
8. Mecánica de los fluidos.
Autor: Fox & Mc. Donald.
9. Controles Automáticos (Apuntes de Clases).
Autor: Ing. Nelson Cevallos. 1981.
10. Controles Automáticos.
Autor: Harrison-Ballinger.
Editorial Trillas. 5da. Edición 1983.
11. Agricultural Irrigation Equipment RAIN-BIRD.
12. Turf Irrigation Equipment RAIN-BIRD. 91-92.
13. Manual de bombas.
14. Landscape Irrigation Design Manual RAIN-BIRD.
Autor: Keith Shepersky.