

I. INTRODUCCIÓN

La actividad de prueba y evaluación como herramienta de desarrollo de tecnología.

Según Schumacher (1974), la tecnología de evaluación en países en desarrollo como México tiene problemas de adaptación y funcionamiento de una región a otra, esto se debe a que, cuando se realiza el desarrollo de la misma, solo se consideran las condiciones que se presentan en determinado lugar por lo general el área de influencia donde se realiza y/o fabricación del equipo.

Por lo que en muchas de las ocasiones las cosas que se construyen en un determinado lugar en otros lugares nos vamos a topar que las necesidades son diferentes, por lo que se le tiene que hacer modificaciones o bien hacer un rediseño y llevarlo a cabo.

Como consecuencia al momento de comercializar la tecnología se tienen problemas de adaptación, debido a que el entorno agrícola tiene mucha diversidad en el país, por lo cual las expectativas de muchos agricultores no son cubiertas en su totalidad, principalmente en lo referente a calidad, eficiencia y vida útil del equipo agrícola y otra tecnología como son los robots de riego.

Lo anterior constituye en gran medida a que la competitividad del sistema de producción sea baja y los costos elevados por lo que los especialistas en ingeniería agrícola deben de poner gran atención en la tecnología.

Lo anterior, también provoca que los fabricantes nacionales de maquinaria y equipo agrícola enfrenten el mercado en condiciones desventajosas por la competencia que representan la comercialización de los equipos mencionados, por lo que se buscan alternativas que permitan a la actividad agropecuaria pueda responder el reto que representa producir de manera rentable, competitiva y sostenible, el Gobierno Federal establece un convenio de cooperación técnica con el gobierno de Japón para poner en marcha, a partir de 1999, el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), como organismo responsable de impulsar la

normalización para el sector, buscando con ello, contar con estándares de calidad que aseguren que la maquinaria y equipo agrícola que se fabrica o comercializa en el país sea adecuada a nuestras condiciones.

Según la definición adoptada internacionalmente, la normalización es la actividad dirigida a establecer o implantar reglas, con la participación y para beneficio de todos los interesados, con el objeto de ordenar una actividad determinada, Hoyos (2004).

Como calcular el coeficiente de uniformidad (CU) del robot de riego.

La prueba del Coeficiente de Uniformidad (CU). Aldana (2003) es una herramienta excelente que el viverista puede usar para evaluar la uniformidad de su sistema de riego en el vivero. Se usa para medir la uniformidad de cualquier sistema comparado con un estándar al 85%; como el 100% es imposible de obtener, el 85% es aceptable y menos del 50% es inaceptable. Esta prueba puede ser realizada en sistemas de riego fijos o móviles (robots).

Procedimiento:

1. Coloque en cuadrícula recipientes en una sección de las camas del vivero donde se quiere hacer la prueba. Numere los recipientes y haga un croquis de su localización dentro del área de prueba. Los envases pueden ser latas de comida o cualquier otro envase de diámetro uniforme.
2. Ponga en operación el sistema de riego por el tiempo suficiente para obtener un volumen de agua medible (que pueda medirse) en todos los recipientes. El tiempo necesario dependerá de los problemas de uniformidad y descarga.
3. Colecte los recipientes, anote el volumen del recipiente en cada uno de los sitios donde fueron colocados.
4. Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada.

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

5. Evalúe los resultados de la prueba CU. Valores calculados menores a 85%, que es el mínimo aceptable, indica problemas en la uniformidad del sistema de riego. Un resultado menor a 50% indica que se requieren modificaciones grandes en el sistema instalado para asegurar la uniformidad del riego.

1.1 Antecedentes

Montserrat (2005). Aunque son varios los sistemas de riego utilizados en viveros, todos ellos deberían tener como objetivo común racionalizar el uso del agua, incidiendo en el control más estricto del riego y la fertilización para generar menor impacto ambiental.

Existen diversos sistemas de riego en el mercado que se utilizan en viveros que se acoplan a las condiciones y necesidades de cada demandante, los tipos de riego pueden agruparse en tres grupos según Ruano (2003): **aspersión, localizado y subterráneo**, pero muchos de estos se encuentran a elevados precios y muchas veces los modelos se tienen que traer de otras ciudades, e incluso hasta de otros países, por lo que se analizó cual de los anteriores nos podría ser útil en esta zona del país y que cumpliera con lo requerido y se optó por el de aspersión, ya que es el sistema apropiado para el riego de cultivos en el exterior en los que se desee aportar una precipitación de tipo medio (5 a 20 l/hm²), o bien cuyo objetivo sea el abaratamiento de la instalación (menos emisores debido a una mayor separación entre aspersores), con la posibilidad de alcanzar en ambos casos uniformidades entre el 80-90%.

1.2 Justificación

La realización de este trabajo surge de la necesidad de reducir costos en todo el proceso, desde que se siembra hasta que se produce, y una parte importante en cualquier cultivo es el riego, de ahí surge la idea de adquirir un robot de riego, nos encontramos que los que actualmente se comercializan en el mercado son de costos muy elevados tales como el ROBOT DE RIEGO de la marca COMBI BOOM, actualmente comercializado por la empresa BCC, que además su instalación y algunos de sus componentes tienen un costo adicional pero aunado a eso se tomo como base de referencia para poder construir el ya diseñado por Francisco Martín Hernández Hdz. Que si bien es de características similares este rediseño reducirá el costo de fabricación ya que se desea construir con materiales desechados por la industria.

Con el robot previamente instalado se obtendrá lo siguiente:

Aportar información para investigaciones futuras a estudiantes por medio de los elementos de diseño proporcionados por el diseñador Francisco Martín Hernández Hdz., y de la parte constructiva desarrollada en esta tesis.

Otro aspecto que debo mencionar es que con la ejecución de este proyecto la Universidad seguirá produciendo especies como: costilla de vaca (*Atriplex canescens*, Pursh Nutt) y maguey pulquero (*Agave atrovirens*, Kraws), para dependencias Gubernamentales, como son CONAFOR y SEMARNAC.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

- Construir y evaluar un robot de riego diseñado por el C. Francisco Martín Hernández Hernández.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Construir el robot de riego previamente diseñado a menor costo y con una alta eficiencia.
- Evaluar el robot y alcanzar un alto porcentaje en la prueba del coeficiente de uniformidad (mayor al 80%) en el sistema de riego.

1.4 Hipótesis:

Con los cálculos establecidos por Francisco Martín Hernández Hdz. es posible la construcción y evaluación de un robot con características similares a partir de componentes existentes en el mercado nacional que no necesariamente deben ser nuevos, sino pueden ser componentes reciclados de la industria y otros ya existentes dentro del área de trabajo, al final se obtendrá un robot de menor costo y con alta eficiencia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El riego de un vivero

El riego es muy importante debido a que la pérdida excesiva de humedad del suelo ocasiona que las semillas se sequen y se pierdan los beneficios obtenidos con el tratamiento pregerminativo, ya que la germinación se reduce considerablemente. También hay que cuidar la presión del agua, pues si es mucha o cae directamente sobre las semillas puede ocasionar que se desentierren y queden expuestas, lo que provocaría su desecación. Por otra parte, el exceso de humedad promueve el decaimiento de la germinación por la incidencia del mal del semillero (*damping-off*) y por otros agentes patógenos. Es importante recalcar que los riegos no deben aplicarse en las horas de mayor incidencia de calor, porque esto aumenta considerablemente la evapotranspiración y provoca lesiones en las plántulas e incluso su muerte.

Aunque las temperaturas del suelo consideradas como críticas varían según la edad y la especie, está comprobado que el daño ocurre con más frecuencia en plantas jóvenes. Cuando se presentan temperaturas críticas en el vivero, la intensidad y la frecuencia adecuada de los riegos son variables y depende parcialmente del tipo de suelo. El sombreado evita una excesiva insolación, pero cuando las temperaturas superficiales del suelo excedan los 30°C una adecuada aplicación del riego regula la temperatura.

La aplicación del agua de riego sobre la superficie donde se encuentran los contenedores debe ser siempre uniforme y esta en función de cinco factores:

- Tipo del aspersor o difusor.
- Tamaño de la boquilla.
- Presión del agua en la boquilla.
- Espaciamiento y dispersión de los aspersores de riego.
- Viento.

2.2 Selección del tipo de riego

La selección de uno u otro tipo de riego podrá depender de varios factores relacionados con el cultivo, entre ellos, la ubicación donde se va a desarrollar el cultivo, bien en invernadero o en el exterior, en suelo o elevado en mesa de cultivo, la especie cultivada, el grado de sectorización necesario, la movilidad precisada en la programación del cultivo, el costo económico, la uniformidad deseada, la disponibilidad de agua y la calidad del agua como se muestra en la Figura 2.1.

De la exigencia sobre estos factores dependerá el mayor o menor aprovechamiento del agua por la planta, y consecuentemente la eficiencia del sistema de riego.

Todo sistema de riego requiere de una revisión y mantenimiento que nos permitirá asegurar el correcto funcionamiento, y así obtener una elevada eficiencia. Para ello, el equipo de filtrado es fundamental para evitar posibles obturaciones. Suelen utilizarse filtros de arena, filtros de malla o filtros de anillos y es común que aparezcan a la vez filtros de malla en la red de distribución, en función de la calidad del agua. Todos los elementos de este sistema requieren de un mantenimiento periódico, para lo cual es útil colocar manómetros antes y después de estos, procedimiento a la limpieza cuando se rebase una “diferencia de presión máxima aceptable” que normalmente se establece entre 3-5 m.c.a (metros de columna de agua).

En general es una técnica que avanza y se renueva día a día, impulsada principalmente por el cultivo agrícola y que puede llegar a presentar un grado de sofisticación muy elevado, para la elección y aplicación en viveros forestales mediterráneos depende de la inversión que se quiera llevar a cabo y del diseño del vivero. Furuta (1978) menciona que los tipos de riego pueden agruparse en 3 categorías: aspersión, localizado y subterráneo.

Los criterios para definir una clasificación de los diversos tipos de riegos son varios, siendo el propio diseño del emisor, el alcance, y el tamaño de la gota, los más utilizados se resumen en el siguiente cuadro.

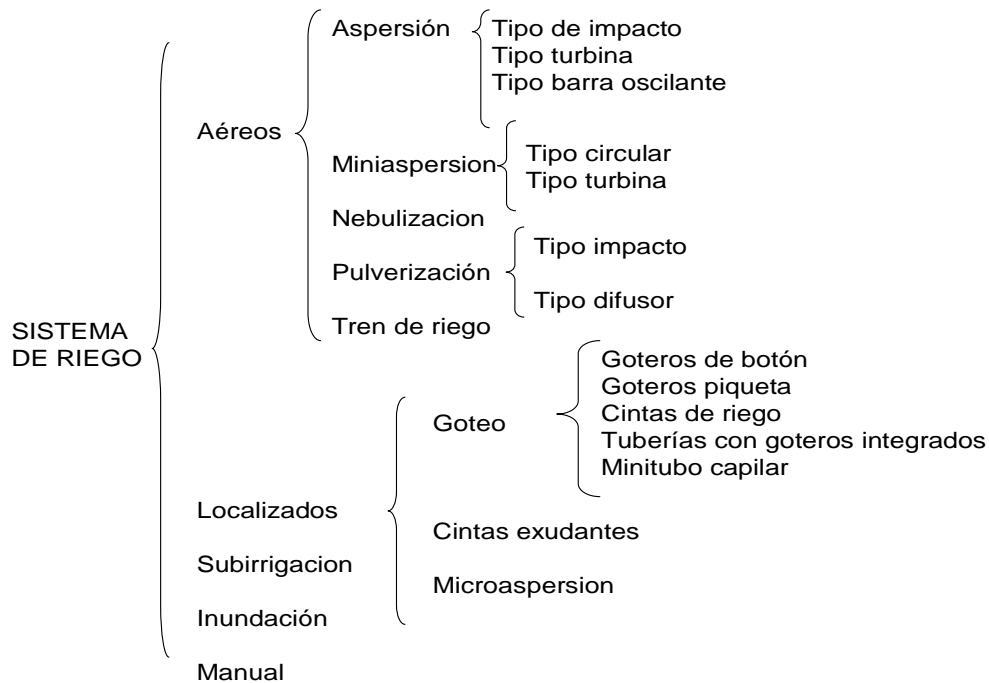


Fig. 2.1 Diversos tipos de riego.

2.3 Sistema de riego seleccionado

El sistema de riego seleccionado es el de aspersión ya que es el apropiado para el riego de cultivos en el exterior en los que se desee aportar una precipitación de tipo medio (5 a 20 l/hm²), o bien cuyo objetivo sea el abaratamiento de la instalación (menos emisores debido a una mayor separación entre aspersores) con la posibilidad de alcanzar en ambos casos uniformidades entre el 80-90%. Un equipo completo de riego por aspersión consiste básicamente en los siguientes elementos:

- Grupo de bombeo.
- Tuberías principales de transporte de agua.
- Tuberías secundarias de distribución del agua.
- Aspersores o difusores.
- Elementos auxiliares o complementarios.

Son todos aquellos útiles que sirven para aumentar la eficacia del sistema de riego como programadores automáticos de riego, filtros, electroválvulas, dispositivos de fertirriego o biocida etc.

Este popular sistema de riego consiste de un aguilón orientado horizontalmente, el cual lleva una tubería de distribución, conteniendo una serie

de boquillas regularmente espaciadas. La estructura es tirada mecánicamente a lo largo del área de cultivo por un motor eléctrico, y normalmente cubre una o más mesas. El aguilón se regresa mecánicamente cuando alcanza el final de la mesa y las plantas se riegan en dirección opuesta. Normalmente se requiere determinado número de pasos para saturar por completo a los contenedores, ver el Cuadro 2.1.

Cuadro. 2.1. Distintos tipos de aspersores y principales características de los modelos más utilizados en aspersión.

Tipo	R	Pn	Q	ϕ	M	(Pr)	X
Aspersores de impacto	11-14	3-4	400 1000	2-4,5	Plástico o metal	5-10	10x10 12x12
Aspersores de turbina	9-12	3-4	200 1000	1-4,5	Plástico	5-25	10x10 14x6
Barras oscilantes (riego rectangular)	8	2,5	115 Por m.l.	1	Metal	7-10	16x80

R: radio de acción (m), **Pn:** presión nominal (bar), **Q:** caudal nominal (l/h), **(Pr):** rango habitual de precipitaciones (l/hm²), **M:** material de construcción, **X:** marco de instalación (m), ϕ : Diámetro de orificio (mm).

2.4 Eficiencia del riego con aspersores

El riego con aspersores que es comúnmente usado en la mayoría de los viveros forestales que producen planta en contenedor, es muy ineficiente. Handreck y Black (1984), estimaron que menos de un tercio del agua de riego aplicada con aspersores, alcanza el sustrato. No existen datos publicados para viveros forestales, pero Weatherspoon y Harrell (1980) compararon aspersión desde arriba y riego por goteo en un vivero ornamental: los aspersores de impulso

tuvieron una eficiencia de riego (esto es, el porcentaje de agua aplicada retenida por el sustrato) de 26%, y los aspersores giratorios tuvieron una eficiencia todavía menor de 13%. El riego móvil de aguilonos puede ser más eficiente que los sistemas de riego fijos, pues el agua es aplicada sólo a las plantas, más que a toda el área de cultivo. La eficiencia del riego gradualmente disminuirá durante la etapa de crecimiento, conforme las copas de las plantas intercepten y derramen una cada vez mayor cantidad del agua aplicada.

2.5 La robotización en la producción de plantas

Partiendo de la base que la robotización Calvo (2006) es la gestión automatizada de algún proceso, deberíamos preguntarnos en primer lugar porque debemos o cual es la necesidad de automatizar o robotizar un proceso de producción, un invernadero, o una explotación de manera global. La respuesta es obvia, aunque mientras muchos creen que no es necesario, para los que llevan muchos años cultivando con ayuda de la tecnología les cuesta entender la poca implantación de automatismos en la horticultura ornamental española, si bien es verdad que las exigencias marcan la manera fundamental en la necesidad de automatización de una explotación.

Mientras en Holanda, Dinamarca u otros países de latitudes mas al norte están prácticamente obligados a una gestión integral automatizada de sus explotaciones, ya sea debido al rigor del clima o al costo de producción, aquí parece carecer de sentido la automatización.

2.5.1 Robot de riego

Menciona Ruano (2003) que el robot de riego es un sistema apropiado para plantas en invernaderos, y de plantas en maceta o contenedor en el exterior. El sistema consiste de un brazo regante, regulable de altura, que se desplaza sobre un carro con ayuda de una motoreductor, el cual corre sobre un riel, llevando consigo la tubería o manguera de conducción del agua. Este puede correr de ida y vuelta sobre el riel. Los aspersores se encuentran distribuidos a una distancia de 50 cm aprox., los cuales proporcionan una alta uniformidad. Existen dos tipos de robot de riego, los sistemas suspendidos y los que circulan

sobre ruedas apoyadas en el suelo. Los primeros son más utilizados en invernaderos los cuales tienen una anchura de 6 a 10 m, mientras que los segundos se fabrican en anchuras superiores (llegando hasta los 40 m), y están orientados al riego de viveros al exterior. La longitud que se puede alcanzar para ambos casos, puede alcanzar hasta los 150 metros.

2.6 Definición de emisores de riego

Los emisores de riego Ángeles (s/a) son los dispositivos que controlan la salida del agua desde las líneas laterales, en puntos discretos o continuos. Constituyen uno de los elementos más importantes en los sistemas de riego a presión, tanto porque son los encargados de aplicar el agua en los predios agrícolas, con un caudal acorde a las necesidades hídricas de los cultivos, como el que representan un considerable porcentaje del costo total de la instalación.

El emisor regula el gasto de descarga a través de la línea lateral, en función de la línea de presión con la que el agua llegue hasta el punto de emisión. En el caso particular de los goteros, la presión con que debe salir el agua a la atmósfera debe ser prácticamente nula, para lo cual se usan un paso de flujo largo, una serie de orificios o uno solo que fuerza al agua a perder su energía.

Se recomienda, en general, que los emisores proporcionen un caudal pequeño, con el objetivo de que los diámetros de las tuberías, no se dañen, sobre todo las líneas laterales y tuberías terciarias sean estos reducidos; debido a que lo grande de estas tuberías se emplean en los sistemas de riego hacen un ligero incremento en su diámetro encareciendo de forma importante la instalación.

2.6.1 Tipos de boquillas pulverizadoras

Matthews, y Tronhill (1996), mencionan que se pueden emplear varios tipos de puntas, esta dependerá de la superficie (ejemplo cultivo, suelo, estructura) de que se trate, como se muestra en el Cuadro 2.2.

Cuadro. 2.2. Principales tipos de puntas o boquillas comercializadas en el mercado.

Principales Tipos de Boquillas

Perfil abanico

Abanico estándar
Abanico de baja presión
Abanico de pre-orificio
Abanico de perfil homogéneo
Deflector

Perfil cono

Cono hueco
Cono total
Cono variable

2.6.2 Boquilla de turbulencia o chorro cónico

El líquido es sometido en la hélice a un movimiento de rotación, con el cual llega a la cámara de turbulencia, saliendo después en forma de torbellino por el orificio de un disco o boquilla. De este modo se genera un chorro cónico, característico de este tipo de boquillas Figura 2.2. Con las boquillas de turbulencia se obtienen poblaciones de gotas de entre 100 y 350 μ m.



Fig. 2.2 Boquilla de turbulencia o chorro cónico.

2.6.3 Boquilla de ranura o chorro plano

Se definen así aquellas cuyos orificios de salida que no tienen sección circular, sino en forma elíptica o rectangular. Esquemáticamente están constituidos por un cuerpo, una boquilla propiamente dicha, un filtro y un tornillo de fijación, tal como se muestra en la Figura 2.3.

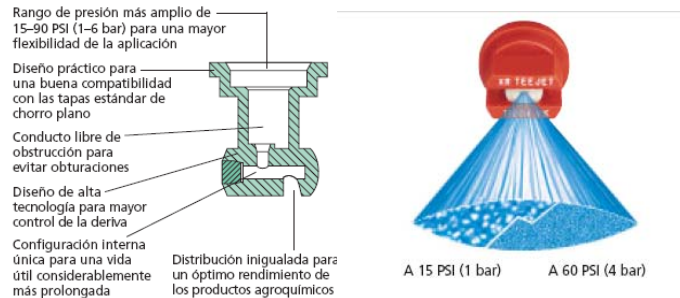


Fig. 2.3 Boquilla de ranura o chorro plano.

2.6.4 Boquilla de abanico

El líquido atraviesa el filtro, depositándose en este las partículas que por su tamaño pueden obstruir la ranura de salida o bien ocasionarle un excesivo desgaste. El chorro producido es plano, en forma de abanico más o menos grande, según la forma de la ranura, mostrado en la Figura 2.4

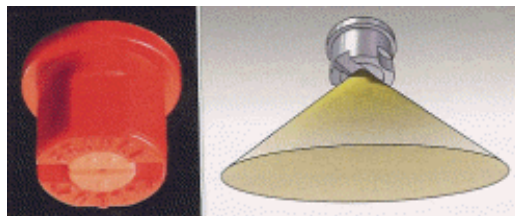


Fig.2.4 Boquilla de abanico

El montaje de estas boquillas en la barra de pulverización, ha de realizarse de manera que los planos medios que caracterizan los abanicos a la propia barra.

De este modo se evitan interferencias entre las gotas de las extremidades de los abanicos de dos boquillas consecutivas. Para ello algunos fabricantes facilitan al usuario una pequeña llave que le permite efectuar tal orientación.

2.6.5 Boquilla de espejo (de choque)

Si se reemplaza la ranura por un plano más o menos inclinado, fijo o movable y suficientemente distante de la salida del tubo cilíndrico, se obtiene una boquilla de espejo, Figura 2.5.

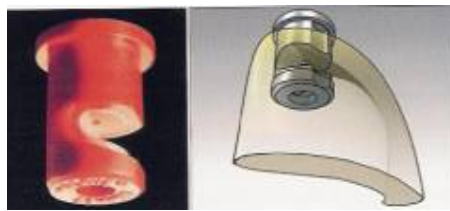


Fig. 2.5 Boquilla de espejo o de choque.

2.6.6 Boquilla de tres salidas

Constan de un cuerpo hueco relativamente largo por donde circula el líquido a baja presión. En su extremo inferior dispone de tres orificios por donde sale el líquido fragmentándose en gotas bastante gruesas (hasta $1,000 \mu\text{m}$).

2.6.7 Descripción de los elementos de las boquillas

La boquilla de aspersión, a pesar de ser la parte mas pequeña de un sistema de aspersión, es la parte más importante ya que de ella depende que se tenga una buena o mala aplicación ya que la boquilla regula el flujo, determina el patrón de aspersión y el tamaño de la gota Spraying Systems (2003).

2.6.8 Elementos estándares

Existen muchas clases de boquillas que producen diferentes caudales, ángulos de pulverización, tamaños de gota y perfiles. Algunas características de estas puntas de pulverización están indicadas por el número correspondiente de la punta, como se puede observar en la Figura 2.6.

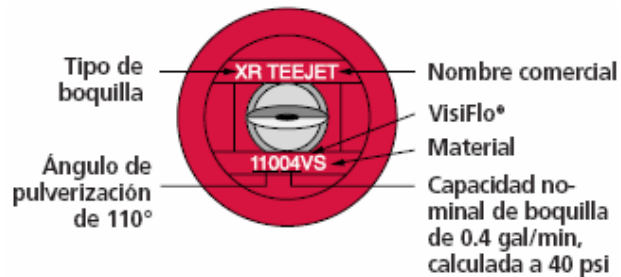


Fig. 2.6 Puntas de pulverización.

2.7 Vida Útil

Las boquillas no están diseñadas para durar eternamente. El desgaste de la boquilla se caracteriza por un aumento en la capacidad de la boquilla seguido por un deterioro del patrón de aspersion. Cuando una boquilla presente un 10% más de gasto en comparación con una boquilla nueva, es necesario reemplazarla.

Si tenemos un aguilón con 21 boquillas, es necesario rectificar 2 o 3 boquillas y si estas tiran un 10% mas, es necesario reemplazarlas todas véase Figura 2.7. Para comprobar el desgaste se recomienda utilizar un cronometro, un manómetro y un recipiente calibrador o utilizar un comprobador de boquillas Spraying Systems.

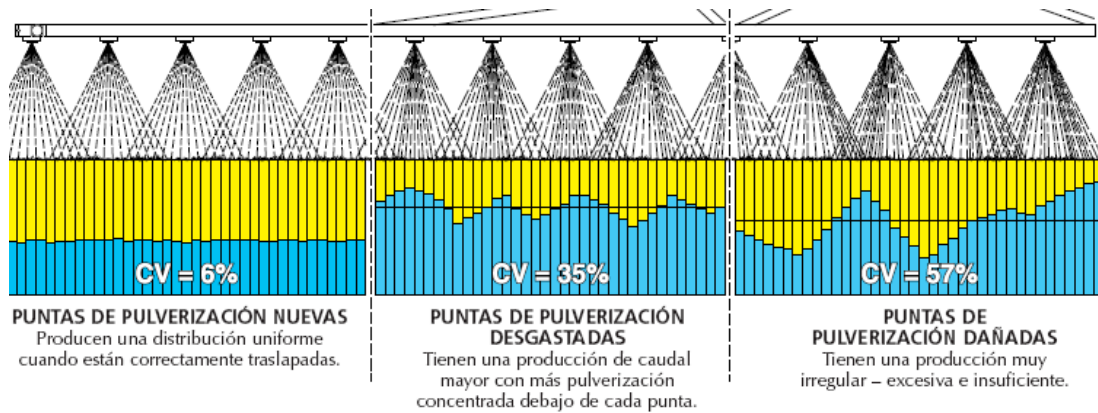


Fig. 2.7 Muestra las boquillas desgastadas y sus efectos en tiempos diferentes.

2.7.1 Desgaste

Las principales causas de desgaste son el uso constante de las boquillas, la utilización de productos abrasivos, el aumento de la presión de trabajo; ya que a mayor presión existe mayor desgaste y la limpieza inadecuada; porque nunca deben utilizarse clips, clavos u objetos de metal, ya que dañarían la boquilla. En la Figura 2.8, se muestran los perfiles de desgaste en una boquilla.

Para prevenir el desgaste prematuro se recomienda no pasar de la presión recomendada, utilizar boquillas de mejor calidad, utilizar boquillas con el gasto adecuado y elegir el material adecuado; ya sea bronce, acero inoxidable, polímetro, cerámica, acero inoxidable endurecido, etc.

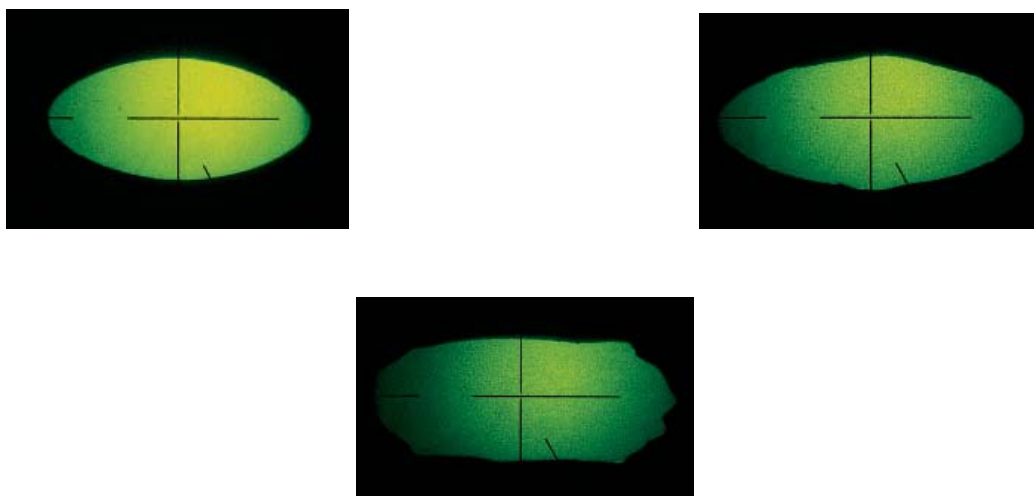


Fig.2.8 Perfiles de desgaste en las boquillas.

2.8 La formación de las gotas en caso de aplicar algún químico en el riego

El proceso de formación se da por el paso del líquido a cierta presión a través de las pastillas (parte del pico que determina la cantidad de flujo, el tamaño y la distribución de las gotas).

Es muy importante que el líquido llegue a los puntos de la planta en los que los que esta lo requiera, con un cubrimiento uniforme y lo más completo posible.

Sin embargo es importante considerar que una planta tiene una capacidad máxima de retención y que un exceso en la aplicación, se pierde por escurrimiento. También hay que considerar que lo que se riega es un área de follaje y por lo tanto las dosis deben ser de acuerdo al cultivo, como se muestra en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3 Tamaño de las gotas según el químico que se agregue.

Tipo	Nº de gotas/cm ²	Diámetro de gotas (micras)
Fungicida	50-70	150-250
Insecticida	20-30	200-350
Herbicida de contacto	30-40	200-400
Herbicida de preemergencia	20-30	400-600
Abonos líquidos	5-15	500-1000

La formación de las gotas se puede realizar por medio de tres maneras distintas:

a) Pulverización de presión de líquido.- La división de gotas se produce cuando el líquido, impulsado a una determinada presión, atraviesa una pequeña sección de una tobera en contacto con el ambiente. La resistencia que opone la tobera a la penetración de la vena líquida genera su fragmentación en gotas a la par que estas adquieren la energía cinética necesaria para su transporte. El dispositivo encargado de la fragmentación es la boquilla de pulverización; caracterizada por la sección de paso, forma de la misma y presión de trabajo.

b) Corriente de aire.- El ambiente de la boquilla hidráulica es proyectado solamente unos pocos centímetros hacia el objetivo tal que con arbustos altos y

árboles es necesario movilizar las gotas de pulverizado mediante una corriente de aire. Los pulverizadores utilizados se conocen comúnmente como atomizadores. Idealmente las gotas de pulverizado están en el rango de tamaño de atomizado, es decir $50-100\mu\text{m}$ VDM (diámetro volumétrico medio) para que puedan permanecer en el flujo de aire hacia el cultivo. Es necesario considerar cuidadosamente dos aspectos de la asistencia por aire; la velocidad y el volumen por aire.

c) Fuerza centrífuga.- Las gotas se deben a una fuerza centrífuga que somete a la vena líquida a un esfuerzo de tracción, depositando el líquido sobre unas aspás o discos que giran a una velocidad de 4,000 a 20,000 rpm. Las gotas serán más pequeñas conforme la velocidad sea mayor. Sin embargo, las gotas más pequeñas serán más sensibles a la deriva y a la evaporación. El diámetro de gotas oscila entre 50 y 100 micras. Este sistema se emplea generalmente en los tratamientos aéreos. El aparato empleado es el pulverizador centrífugo, mostrado en la Figura 2.9.

De los anteriores procedimientos el que utilizaremos es el de presión de líquido.

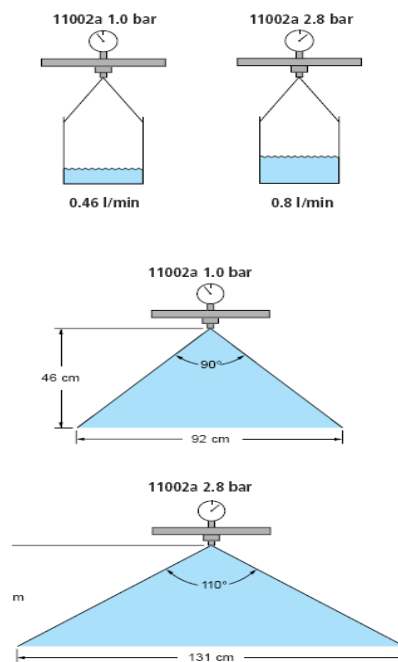


Fig.2.9 Presiones y ángulos alcanzados por el pulverizador centrífugo.

2.8.1 Importancia del tamaño de gota

Los investigadores han revelado la importancia del tipo de gotas de aspersión para optimizar el combate de plagas Muller (1969). Este autor enfatiza que una buena aspersión es aquella que esta constituida por gotas de tamaño uniforme, sin embargo, la característica de la mayoría de los equipos y formulaciones, es que, al realizar la aspersión se forma un amplio rango de tamaño de gotas simultáneamente, las cuales son afectadas por el viento, la turbulencia y la evaporación, principalmente las de tamaño menor a los 150 micrones.

El tamaño de las gotas es altamente importante si se quiere obtener una aplicación eficiente con un mínimo de contaminación del medio, Matthews (1977) y agrega que lo mas comúnmente usado internacionalmente para la medición de las gotas es el diámetro volumétrico medio (DVM) medido en micrones, que se define como el diámetro que divide el volumen de la aspersión en dos partes iguales, de manera que la mitad del volumen es asperjado con gotas menores al DVM y la otra mitad con gotas de tamaño superior.

El diámetro numérico medio (DNM), que sigue en orden de importancia, es el diámetro medio de gota sin referencia alguna a su volumen, que otorga considerable énfasis a las gotas más pequeñas. Se dice que como la medición de DVM y DNM es afectada por la proporción de gotas grandes y pequeñas respectivamente, el cociente entre estos diámetros es una indicación precisa del rango de gotas, por lo que la mayor uniformidad del espectro del tamaño de gotas se consigue con cocientes que tiendan más hacia uno.

Spellman (1982) destaca que la elección del tamaño de las gotas debe estar basada en primer lugar, en la efectividad biológica sobre el objetivo y que desde luego, el tipo de producto juega su papel y debe tenerse presente, además que las gotas mas pequeñas son más propensas a ser desviadas por el viento fuera del objetivo de aplicación, favoreciéndose mas la evaporación; por otro lado las gotas mas grandes pueden provocar grandes pérdidas hasta de un 50%.

Existen diferentes opiniones acerca del tamaño óptimo de gota Hernández (1985). El criterio más generalizado se inclina a que las gotas más pequeñas ofrecen un mayor efecto biológico y tienen mayor penetración y distribución en el follaje de la planta.

En la práctica muchos pulverizadores hidráulicos se usan con una gran proporción del volumen contenido de gotas entre 100-500 μ m de diámetro, la distribución real depende del tipo de boquilla y la presión de operación. Luego de la proyección inicial del pulverizado, la trayectoria de las gotas esta subsecuentemente determinada por los efectos de gravedad, viento y otros factores.

2.9 Métodos de aplicación de aspersión

Se le llama aspersión a la acción de romper un líquido en pequeñas gotas. En esta acción se derivan otras características para diferentes actividades ya sea en el campo, trabajo o estudio.

Existen varios tipos de aspersión, como por ejemplo:

- Aspersión dirigida.
- Aspersión total o al voleo.
- Ventilador.
- Pistola.

2.9.1 Variables a considerar para la aplicación

Las variables a considerar son: a) variables controladas (presión, gasto, etc.), b) variables no controladas: humedad, temperatura, viento, etc. y c) otro de los aspectos que se deben tomar en cuenta es la uniformidad, ya que se debe aplicar la misma cantidad en toda el área de cultivo.

Es mas fácil ver cuando la aplicación no es uniforme en un invernadero, pues se nota como las plantas de las orillas crecen menos al recibir menos cantidad de nutrientes.

Para obtener la aspersión se tiene que obligar al líquido por medio de presión, a pasar a través de un orificio, para esto es necesario utilizar una boquilla de aspersión, que es un componente de precisión diseñado para desempeñar funciones específicas.

El tamaño del equipo que se necesita, el cual deberá ser proporcional a las superficies que se deben cubrir y a los tiempos disponibles para hacerlo.

Los equipos para la aplicación de productos fitosanitarios forman parte de la maquinaria que se utiliza en el medio rural: **Agrícola, Ganadero y Forestal**. Por ello, han sido incluidos en el sistema de clasificación establecido para este tipo de maquinaria, según aparece en la forma internacional ISO 3339 Botta (2001).

2.9.2 Alcance y cobertura de aplicación de aspersión

Niveles bajos de uniformidad requieren incrementar la dosis para conseguir una eficacia generalizada. La uniformidad es adimensional y puede valorarse mediante el inverso del coeficiente de variación de las deposiciones sobre diferentes zonas de objetivo.

El perfil de distribución muestra la repartición de las gotas, perpendicular a la dirección del avance de la maquina. La boquilla no descarga el líquido uniformemente a todo el ancho de la base de su cono de pulverización. La selección y empleo de las boquillas, son aspectos importantes para una aplicación exacta. El volumen del líquido que fluye a través de cada boquilla, el tamaño de las gotas y la distribución del líquido sobre la superficie pulverizada, pueden influir los resultados.

Para la mejor uniformidad de distribución se debe tomar en cuenta el adecuado traslape de aspersión entre patrones adyacentes es esencial para asegurar variaciones mínimas en la distribución de aspersión, la cantidad de traslape esta obviamente en función del espacio de la boquilla en el aguilón, de la altura del aguilón, de la inclinación del ángulo de la boquilla, así como de la presión del liquido en la boquilla ya que presiones altas, incrementan la velocidad de aspersión inicial de las gotas, lo cual ocasiona patrones mas amplios de aspersión. Así la cantidad de traslape para cierta boquilla y también la presión a que trabaja la boquilla Azimi (1985).

La uniformidad de cobertura en la superficie de la planta puede ser verificada agregando pintura fluorescente o material de solución fluorescente a la mezcla para asperjar y después mirando la superficie con una luz fluorescente (con filtro ultravioleta) en la oscuridad. Un registro permanente puede obtenerse por medio de fotografía ultravioleta Kepner (1978).

2.9.3 Ancho de aplicación de aspersión

La anchura por boquilla es función de su diseño, su espaciamiento a lo largo del aguilón y su orientación sobre él. No se puede alterar el diseño de las boquillas por lo que es muy importante realizar una selección adecuada. Es posible que el flujo de una boquilla de abanico plano sea igual al de una aplicación uniforme, solamente en este aspecto estriba la similitud. El espaciamiento y la orientación no serán los mismos para estos dos ni para otros tipos, normalmente las boquillas se sitúan a 50 cm. de distancia entre si en las barras de pulverización horizontales.

2.9.4 Factores que afectan la aspersión

En las diferentes boquillas que se comercializan existen diversos factores que afectan la aspersión, tales como las siguientes:

- a) Presión.- La fuerza que impulsa el líquido a través de la boquilla.
- b) Angulo.- Es la abertura de los bordes del patrón de aspersión.
- c) Capacidad.- Es la cantidad de un líquido que pasa a través del orificio a una presión determinada en un tiempo dado. Para duplicar el gasto de una boquilla es necesario aumentar 4 veces la presión.
- d) Líquido.- Tiene diferentes propiedades que pueden afectar la aspersión.

2.9.5 Alturas mínimas de pulverización

Las indicaciones sobre la altura de las boquillas están basadas en el recubrimiento mínimo requerido para obtener una distribución uniforme. Sin embargo, los ajustes estándares de la altura están basados en una relación 1:1 en la distancia entre boquillas y altura. Por ejemplo, las puntas de pulverización de chorro plano de 110° situadas a 50 cm. la una de la otra, suelen ajustarse a 50 cm. por encima del objetivo. La altura de pulverización esta basada en un ángulo de orientación desde 30° hasta 45°. La altura de la punta de pulverización gran angular depende de la orientación de la boquilla. El factor crítico es un recubrimiento doble perfil de pulverización.

2.10 Factor que afecta a la disponibilidad del agua en los envases

2.10.1 Sustratos

Una vez mas se recuerda la profunda diferencia que existe entre cultivar a raíz desnuda sobre un suelo natural y el cultivo que podemos hacer sobre un suelo artificial preparando a nuestra conveniencia. Precisamente en la formulación del sustrato, elegimos a nuestro particular interés, los componentes que nos van a facilitar los elementos para que nuestro trabajo de preparación de un brinjal tenga un nivel optimo. Un sustrato basado en fibra de coco, turba, vermiculita, etc. Tiene una alta capacidad de retención de agua, que es una de las cualidades que mas nos interesan.

Otro aspecto del sustrato viene constituido por el movimiento del agua en su interior. El porcentaje de infiltración y la capilaridad del sustrato cambian con la cantidad de agua. Cuando se aplica un riego a un cultivo de plantas en envase, la velocidad de absorción del agua por el sustrato, esta relacionada con el porcentaje de infiltración, la tasa de infiltración es un medio de turba y vermiculita es relativamente alta por la elevada porosidad que tiene dicho sustrato.

2.11 La economía de un diseño a construir.

La consideración del costo tiene una función tan importante en el proceso de la decisión de diseño que fácilmente podríamos el mismo tiempo en estudiar el factor del costo como en el estudio de todo el tema de diseño. Aquí solo se introducen algunos de los enfoques generales y reglas simples.

Primero observe que no se puede decir nada en un sentido absoluto respecto a los costos. Los materiales y la mano de obra a menudo incrementan su costo de un año a otro. Pero es de esperar que los costos del procesamiento de materiales presenten una tendencia a la baja debido al empleo de maquinas herramientas automatizadas y robots industriales. El costo de fabricar un mismo producto varia de ciudad en ciudad y de una planta a otra, debido alas diferencias en los gastos generales, mano de obra impuestos y fletes y a las ligeras variaciones en la manufactura.

2.11.1 Estimación de los costos de un diseño.

Hay muchas formas de obtener las cifras relativas de los costos, de manera que dos o más diseños se comparan aproximadamente. En algunos casos se requiere cierto criterio. Por ejemplo, se puede comparar el valor relativo de dos automóviles mediante su costo monetario por unidad de peso. Otra manera de comparar el costo de un diseño con otro es simplemente contando el número de partes. El diseño que tenga el número menor de partes tal vez cueste menos. Si se utilizan muchos estimadores de costos, según sea la aplicación, como área, volumen, potencia, par de torsión, capacidad, velocidad y diversas relaciones de desempeño.

2.12 ¿Que es la soldadura?

La soldadura es un proceso para la unión de dos metales por medio de calor y/o presión y se define como la liga metalúrgica entre los átomos del metal a unir y el de aporte.

Existen diversos procesos de soldadura los que difieren en el modo en que se aplica el calor o la energía para la unión. A continuación se presenta una manera general de agruparlos:

1. Soldadura blanda.
2. Soldadura fuerte.
3. Soldadura por forja.
4. Soldadura con gas.
5. Soldadura con resistencia.
6. Soldadura por inducción.
7. Soldadura por arco.
8. Soldadura por vaciado.
9. Soldadura por fricción.
10. Soldadura por explosión.

2.12.1 Soldadura por arco eléctrico.

Es el proceso en el que su energía se obtiene por medio del calor producido por un arco eléctrico que se forma entre la pieza y un electrodo. Por lo regular el electrodo también sirve de metal de aporte, el que con el arco eléctrico se funde, para que así pueda ser depositado entre las piezas a unir. La temperatura que se genera en este proceso es superior a los 5,500°C. La corriente que se utiliza en el proceso puede ser directa o alterna, utilizándose en la mayoría de las veces la directa, debido a la energía es más constante con lo que se puede generar un arco estable. Las máquinas para corriente directa se construyen con capacidades hasta de 1,000 A, con corrientes de 40 a 95 V. Mientras se efectúa la soldadura el voltaje del arco es de 18 a 40 A.

Esta soldadura es de las más comunes para este tipo de trabajos y también es la que mas se utiliza en el Departamento de Maquinaria Agrícola, ya que se cuenta con la maquina de soldar.

2.13 Pruebas y evaluación de maquinaria agrícola.

La selección, prueba y evaluación de maquinaria y de los equipos agrícolas es una actividad emprendida por el usuario haciendo uso de la información obtenida de una gama de fuentes, aunque también se presenta la información de la prueba de fabricantes, la maquinaria que se prueba comúnmente ha sido esencialmente una actividad empleada como fuente de información para los fabricantes y a los distribuidores de maquinaria. Es necesaria la prueba para emprender principalmente en campos de los agricultores sin la necesidad de la instrumentación elaborada. Sin embargo, la prueba de la maquinaria es solamente una faceta de la información necesitada para que el agricultor individual haga una evaluación completa de la conveniencia de una maquina para el uso sostenible y provechoso en sus circunstancias únicas. La selección y la evaluación de la maquinaria requieren un acercamiento más sistemático al usuario, más responsable. Se sugiere que la responsabilidad de poner la información necesaria a disposición para los fabricantes y agricultores por un “servicio de mecanización” autorizar para coordinar el trabajo de instituciones relevantes, trabajando posiblemente en la colaboración estrecha de instituciones

que tienen un expediente del éxito en el trabajo con los agricultores para solucionar sus problemas agrícolas de la mecanización FAO (1995).

2.13.1 ¿Que es una prueba?

El termino “Prueba” se refiere a un análisis del comportamiento de una maquina, comparándola con normas o valores definidos bajo condiciones ideales, con el propósito de obtener información confiable y repetible. Los procedimientos de prueba no abarcan aquellas mediciones y características que estén influenciadas por las condiciones cambiantes del medio, pues de lo contrario no serian repetibles Smith y Sims (1990).

2.13.2 ¿Que es una evaluación?

El termino “Evaluación” involucra el análisis del comportamiento de una maquina bajo condiciones agrícolas reales. El propósito es obtener información de las maquinas bajo condiciones del medio para el cual fue diseñada y que varia continuamente Smith y Sims (1990).

Ambos conceptos pruebas y evaluación se complementan para dar una apreciación integral de las maquinas agrícolas.

En la mayoría de los países desarrollados, las pruebas y evaluación de la maquinaria agrícola, se han llevado a cabo de manera rutinaria y sostenida desde hace ya muchos años, este es el caso de países tales como Estados Unidos que desde 1920 inicio con las pruebas de Nebraska, Inglaterra en SILSOE, Francia CEMAGREF, Canadá PAMI y Japón desde 1950 en el BRAIN.

Entre los múltiples propósitos que tienen dichas pruebas, se pueden mencionar: controlar la calidad del producto, ofrecer a los productos criterios o referencias para la selección de sus equipos, proporcionar apoyo a los fabricantes para el desarrollo y mejoramiento de la maquina, verificar la seguridad en la operación de la maquina para la prevención de accidentes, establecer acciones contra posibles problemas al medio ambiente, etc.

Lo anterior ha traído como resultado que la maquinaria y equipo agrícola que se fabrica y se comercializa en dichos países, este certificada de acuerdo con normas o estándares apropiados para sus condiciones particulares. En el caso de

México, aun cuando se cuenta con alguna infraestructura para llevar a cabo pruebas de evaluaciones para la maquinaria agrícola, los esfuerzos realizados han sido aislados y sin reconocimiento oficial, por lo tanto los resultados de dichas pruebas no pueden ser utilizados como base para certificar la calidad, durabilidad, seguridad y funcionamiento del equipo probado Hoyos F (2004).

Por otra parte también existen regiones geográficas y económicas procedimientos y normas de pruebas de evaluación de la técnica agrícola como prueba de organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) o (Organization for Economic Co-operation and Development "OECD").

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

El presente trabajo se desarrollo en las instalaciones del parque de maquinaria agrícola en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” y en el lugar donde se instalo (los pinos), consiguiéndose una diversidad de materiales Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. De materiales utilizados comprados en la realización del robot de riego.

DESCRIPCIÓN	MEDIDA Y/O CAPACIDAD	CANT.
ANGULO	1/8" x 1 1/4"	12
SOLERA	1/8" x 2"	4
TORNILLO GALV.	5/16" x 1"	8
TORNILLO GALV.	5/16" x 1 1/2"	2
SOLDADURA ELEC.	1/8"	1 Kg.
SEGUETA	Dientes	2
PTR	2" x 2"	11/2
ANGULO	2" x 2"	11/2
TORNILLO COMPLETO.	5/16" x 1 1/2"	10
TORNILLO COMPLETO.	5/16" x 3"	10
POLEA ALUMINIO SENCILLA	6 1/2"	2
SOLDADURA ELEC.	1/8"	1 kg.
TENSOR G-A	gancho argolla	2
ABRAZADERA	38 mm	6
NUDO DE ACERO	1/4"	6
TORNILLO MAQ.	1/2 x 2 1/2"	2
ANCLA	1/4 x 2 1/2"	33
ESTOPA BLANCA	2 kg.	2 Kg.
PINTURA ESMALTE	1 lt.	2
CABLE	3/16" x 250 ft.	1
MOTOBOMBA	1 hp.	1
TNACO ROTOPLAS	2500 lt.	1
BROCA P/CONCRETO	1/4" x 4"	1
TUBULAR	1" x 1"	7
REDUCTOR 30	1lt	3

Cuadro 3.2. Material utilizado en le estructura porta aguilonos

Material utilizado en la estructura Porta Aguilonos								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	Cantidad	Precio unitario por tramo	Precio total
PTR	2"X 2" X 81,61"	50,8 X 50,8 X 2200	2200	4,76	14	2	\$192,00	\$140,80
PTR	2"X 2" X 25,39"	50,8 X 50,8 X 645	645	4,76	14	1	\$192,00	\$20,64
PTR	2"X 2" X 21,39"	50,8 X 50,8 X 543,4	543,4	4,76	14	2	\$192,00	\$34,78
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1/4	\$27,08	\$6,77
								\$202,99

Cuadro 3.3. Material utilizado en la estructura del chasis del robot

Material utilizado en la estructura del Chasis del Robot								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	Cantidad	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULOS	2"X 2"X 47,24"	50,8 X 50,8 X 1200	1200	4,76	3/16	4	\$252,00	\$201,60
ANGULOS	2"X 2"X 20,01"	50,8 X 50,8 X 508,48	508,48	4,76	3/16	2	\$252,00	\$42,71
SOLERA	2"X 2"X 3"	50,8 X 12,7 X 76,2	76,2	12,7	1/2	4	\$354,66	\$18,02
SOLERA	2"X 2"X 5,51"	50,8 X 12,7 X 140	140	12,7	1/2	4	\$354,66	\$33,10
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1/4	\$27,08	\$6,77
								\$302,20

Cuadro 3.4. Material utilizado en la fabricación del riel

Material utilizado para la fabricación del riel								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	Cantidad en tramos	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULO	11/4 X 1/8 X 236,22	37 X 3 X 6000	72000	3,175	1/8"	12	\$98,80	\$1.185,60
SOLERA	2 X 1/8 X 25,29	25,4 X 3 X 642,38		3,175	1/8"	4	\$94,21	\$376,82
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1 1/2	\$27,08	\$40,62
								<u>\$1.562,42</u>

Cuadro 3.5. Características de limits switch

LIMITS SWITCH					
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	CANTIDAD	Precio unitario	Precio total
Limits Switch	4,02" X 2,5" X 1,55"	102,108 X 63,5 X 39,37	2	\$225.00	\$550.00
					\$550.00

Cuadro 3.6. Características de la tortillería utilizada

Tortillería							
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Calibre mm	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario	Precio total
TORNILLOS	5/16 X 3	7,937 X 76,2	alta resistencia	5/16 X 3	6	\$5,40	\$32,40
TORNILLOS	5/16 X 1-1/2	7,937 X 38,1	alta resistencia	5/16 X 1-1/2	16	\$2,00	\$32,00
TORNILLOS expansores	1/4 X 2-1/2	6,35 X 63,5		1/4 X 2-1/2	42	\$2,76	\$115,92
TORNILLOS	3/16 X 1-1/2	4,762 X 38,1		3/16 X 1-1/2	4	\$2,00	\$8,00
TORNILLOS	1/2 X 2/12	12,7 X 63,5	alta resistencia	1/2 X 2/12	2	\$7,48	\$14,96
TORNILLOS	1/8 X 2	3,175 X 50,8	alta resistencia	1/8 X 2	2	\$4,80	\$9,60
TORNILLOS	5/16 X 2	7,937 X 50,8	alta resistencia	5/16 X 2	3	\$5,00	\$15,00
Nudo de acero (perros)	¼	6,35	alta resistencia	0,25	2	\$7,48	\$14,96
Cable de acero	3/16 X 250´	76,25 METROS		3/16" X 250´	1	\$478,63	\$478,63
							\$721,47

Cuadro 3.7. Material utilizado en lo aguilones

Descripción del material utilizado en la elaboración de la estructura Barra Porta boquillas							
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Calibre mm	Calibre comercial	Cantidad	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULOS	2 X 2 X 31,49	50,8 X 50,8 X 800	4,76	3/16	2	\$252,00	\$67,20
TUBULAR	1 X 1 X 236,20	25,41 X 25,41 X 6000	1,59	18	2	\$80,00	\$160,00
TUBULAR	1 X 1 X 3,93	25,41 X 25,41 X 100	1,59	18	2	\$80,00	\$2,67
TUBULAR	1 X 1 X 7,41	25,41 X 25,41 X 188,3	1,59	18	2	\$80,00	\$5,02
TUBULAR	1 X 1 X 11,84	25,41 X 25,41 X 300,74	1,59	18	2	\$80,00	\$8,02
TUBULAR	1 X 1 X 16,26	25,41 X 25,41 X 413,18	1,59	18	2	\$80,00	\$11,02
TUBULAR	1 X 1 X 20,69	25,41 X 25,41 X 525,63	1,59	18	2	\$80,00	\$14,02
TUBULAR	1 X 1 X 25,12	25,41 X 25,41 X 638,04	1,59	18	2	\$80,00	\$17,01
TUBULAR	1 X 1 X 237,7	25,41 X 25,41 X 6037,7	1,59	18	2	\$80,00	\$161,01
TUBULAR	1 X 1 X 44,94	25,41 X 25,41 X 1141,67	1,59	18	2	\$80,00	\$30,44
TUBULAR	1 X 1 X 44,10	25,41 X 25,41 X 1120,34	1,59	18	2	\$80,00	\$29,88
TUBULAR	1 X 1 X 41,47	25,41 X 25,41 X 1053,35	1,59	18	2	\$80,00	\$28,09
TUBULAR	1 X 1 X 38,94	25,41 X 25,41 X 989,31	1,59	18	2	\$80,00	\$26,38
SOLDADURA	1/8	3,175	3,175	1/8	1	\$27,08	\$27,08
							\$587,83

Cuadro 3.8. Material utilizado en la base del reductor

Material Para la base del reductor								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULOS	2 X 2 X 15,74	50,8 X 50,8 X 400	300	4,762	3/16	2	\$252,00	\$25,20
ANGULO	1 X 1 X 11,81	25,4 X 25,4 X 300	60	4,762	3/16	4	\$98,80	\$0,99
Solera	1 X 1 X 300	25,4 X 25,4 X 300	180	4,762	3/16	3	\$98,80	\$2,96
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1/8	\$27,08	\$3,39
								\$32,54

Cuadro 3.9. Características del Motoreductor.

Descripción del MOTOREDUCTOR								
MATERIAL	RPM	PAR DE TORSION (pulgada/libras)	Voltaje	Capacidad	MARCA comercial	CANTIDAD	Precio unitario	Precio total
MOTOREDUCTOR	21	100	115	1/15 H.P. de entrada	DAYTON	1	\$1.500,00	\$1.500,00
								\$1.500,00

Cuadro 3.10. Especificaciones de las ruedas

Ruedas del robot con sus componentes								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario/tramo	Precio total
RUEDAS DE ROBOT CON BALERO DE RUEDA SELLADOS	4" de ØEXT Y balero con un ancho ,5" X ØEXT = 1,65" X ØINT = 7/8" DE BARRENO.	104 de ØEXT y con una balero ANCHO 12,7 X ØEXT = 42 X ØINT = 22,226				4	\$130,00	\$520,00
PERNOS DE RUEDAS	4" X ,825"	101,6 X 20,98	101,6	20,98		4	\$180,00	\$12,19
RONDANAS PLANAS PARA PERNO	1,39" ,088" Espeso y un barreno de 7/8"	35,36 X 2,26 Espesor y un barreno de 22,225mm		22,225	7/8	8	\$1,50	\$12,00
TUBO SEPARADOR	LARGO ,669" X ØEXT=1" X ØINT=7/8"	LARGO 17 X ØEXT=25,4 X ØINT=22,226	136	ØEXT=1", ØINT=7/8"	ØEXT=1", ØINT=7/8"	8	\$180,00	\$32,64
SEGUROS DE RUEDAS						4	\$0,50	\$2,00
								\$522,00

Cuadro 3.11. Material eléctrico utilizado

Material Eléctrico								
MATERIAL	Calibre comercial	Tipo	Longitud a utilizar metros	Capacidad	MARCA comercial	CANTIDAD	Precio unitario / metro	Precio total
Cable	14	Duplex	37	110 volts		36	\$9,00	\$324,00
Cable	8	Sencillo	270	220volts		270	\$13,50	\$3.645,00
								\$3.969,00

Cuadro 3.12. Especificaciones de pintura utilizada

PINTURA					
MATERIAL	COLOR	NOMBE COMERCIAL	CANTIDAD (LITROS)	Precio unitario	Precio total
PINTURA ESMALTE	AMARILLO	BEREL	1	\$85,56	\$85,56
PINTURA ESMALTE	VERDE LIMON	BEREL	1	\$85,56	\$85,56
ESTOPA BLANCA		DE PRIMERA	3	\$25,19	\$75,57
BROCHA		2"	1	\$20,00	\$20,00
REDUCTOR 30			3	\$22,77	\$68,31
					\$246,69

Cuadro 3.13. Especificaciones de las boquillas aspersoras

Sistema de Aspersión								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar metros	Capacidad	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario	Precio total
Manguera	1	25,4	44		1"	44	\$15,00	\$660,00
Tubo PVC	1	25,4	12	200 Psi	1"	2	\$100,00	\$200,00
Tapas de Boquillas					Tejeet (CP25611-NY)	60	\$22,00	\$1.320,00
Cuerpos de tres Boquillas	1	25,4		150 Psi	Tejeet para tubo de 1" (2416A-1-NYB)	20	\$33,00	\$660,00
Boquillas de aspersión					Tejeet (XR8002, XR8004, XR8006)	60	\$11,00	\$660,00
Filtro	1	25,4				1	\$350,00	\$350,00
Manómetro	1	25,4				1	\$190,00	\$190,00
Tinaco	1			2500 litros	ROTOPLAS	1	\$3.024,96	\$3.024,96
Bomba de agua	1			1 H.P.	EVANS	1	\$1.521,45	\$1.521,45
Abrazaderas		19-38				4	\$5,18	\$20,72
								\$8.607,13

Cuadro 3.14. Especificaciones del sujetador de los limits switch.

Material utilizado para sujetar (LIMITS SWITCH)								
MATERIAL	Pulgadas	Milímetros	Longitud a utilizar mm	Calibre mm	Calibre comercial	CANTIDAD	Precio unitario por tramo	Precio total
ANGULOS	2" X 2" X 4"	50,8 X 50,8 X 100	100	4,762	3/16	2	\$252,00	\$8,40
SOLERA	2-1/4" X 3/16" X 7,08"	57,15 X 4,762 X 180	180	4,762	3/16	2	\$105,00	\$6,30
SOLERA	1-1/4" X 3/16" X 3,93"	31,75 X 4,762 X 100	100	4,762	3/16	4	\$80,00	\$5,33
SOLERA	1-1/2" X 3/16" X 1,811"	38,1 X 4,762 X 46	38,1	4,762	3/16	2	\$90,00	\$1,14
SOLDADURA	1/8	3,175		3,175	1/8	1/8	\$27,08	\$3,39
								\$24,56

TOTAL DE MATERIALES= \$18,828.83
TOTAL DE MANO DE OBRA=\$10,000.00
TOTAL=\$28,828.83

NOTA: los materiales mencionados en las tablas anteriores, son los cotizados por Francisco M. Hernández Hdz; y la mayoría de estos fueron adquiridos con estos precios. Los precios de los materiales fueron consultados en diferentes puntos de venta, y observando que muchos de los materiales son desechados por la industria y otros cuantos ya existentes en el departamento de Maquinaria Agrícola, Fisiología Vegetal, por lo que los costos en su construcción se redujeron considerablemente. Ahora bien el mismo menciona una cotización hecha a cierta empresa distribuidora de robots y era de 12,000.00 Dlls. Esta no incluye tinacos, fletes y tampoco instalación.

3.2 Metodología de la construcción y evaluación.

Para realizar el diseño optamos por emplear el proceso de diseño de Shigley, Mitchell (1990), la cual se acopla a nuestras necesidades así como nuestro problema a resolver que incluye una serie de procedimiento que interactúan entre ellas, y que es una herramienta que facilita ordenamiento de las posibles alternativas y escoge la solución mas probable y viable.

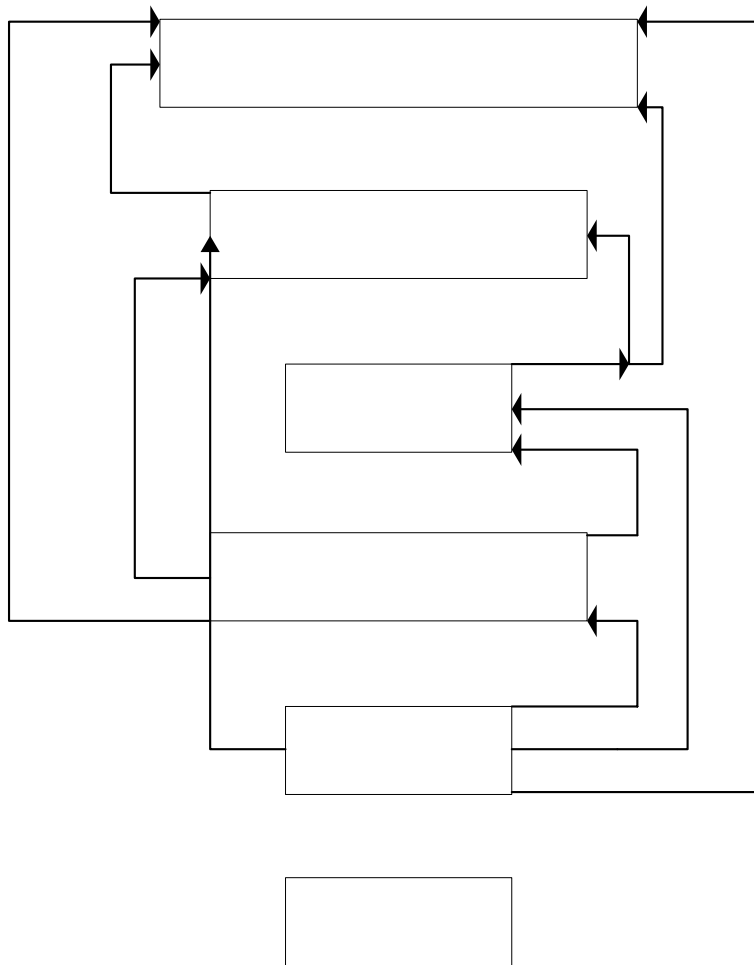


Fig.3.1. Muestra procedimiento seguida por Shigley, Mitchell, 1990

RECONOCIMIENTO

DEFINICIÓN D

3.2 Para la construcción:

La construcción del robot de riego esta basada en los cálculos y el diseño realizado por el C. Francisco Martín Hernández Hernández.



Fig.3.2. Construcción del robot de riego

3.3.1. Reconocimiento de la necesidad; la ingeniería se ve cada día mas ligada a la automatización, sin embargo toda tecnología debe apoyarse sobre bases sólidas, situación que hace necesario adquirir destrezas y habilidades. Lo anterior se refleja en que el vivero de la UAAAN cuenta con instalaciones que no son adecuadas para producir diversidad de plantas en lo que a sistema de riego se refiere.

3.3.2. Definición del problema; La palabra robot proviene de la palabra checa robota, que significa trabajo. El diccionario Webster define a robot como un dispositivo automático que efectúa funciones ordinariamente asignadas a los seres humanos. Con esta definición, se pueden considerar que las lavadoras son robots, por lo tanto el robot de riego es aquel que por su funcionalidad permitirá regar con una uniformidad y en cuestión de algunas pasadas de este para alcanzar las necesidades de la planta.

3.3.3. Síntesis; Se plantea la construcción y la evaluación de un sistema de riego (robot de riego). Con fines de alcanzar una alta optimalidad en el riego del vivero y poder alcanzar un alto nivel de producción de plántulas.

3.3.4. Análisis y optimización; la globalización de la economía de los países obliga a reducir y generar mayor valor agregado a los productos, para lo cual debe adoptar y crear tecnología. Como consecuencia la construcción del equipo se realizara a partir de componentes existentes en el mercado nacional que no necesariamente debe ser nuevo, sino componentes reciclados por la industria.

3.3.5. Evaluación; en esta etapa tan significativa del proceso del diseño, la evaluación del diseño para determinar el funcionamiento de las unidades del robot de riego se comprobara al realizar el riego del área y obteniendo un coeficiente de uniformidad al igual que el gasto obtenido por cada boquilla aspersor.

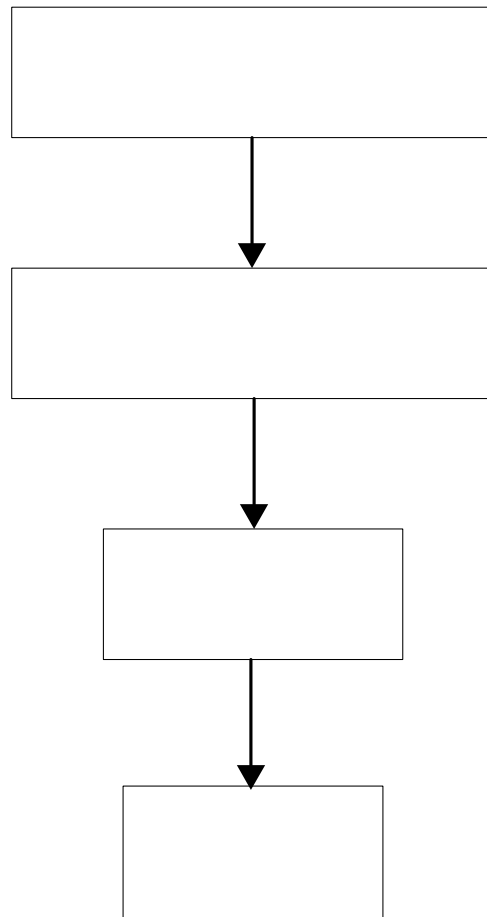


Fig.3.3. Diagrama seguido para la elaboración del diseño final

CONSTRUCCIÓN D

3.3.6. Presentación; en esta parte del proceso de diseño que es la presentación del proyecto, consiste en la demostración física del robot de riego, así como el escrito final de la tesis.



Fig.3.4. Demostración del robot terminado

3.3.7 Herramientas utilizadas

- ❖ Taladro Bosh
- ❖ Pulidora Makita
- ❖ Electrodo (Barras de soldadura calibre 1/8" , 6013)
- ❖ Maquina de soldar
- ❖ Martillo de 1 libra
- ❖ Cincel
- ❖ Llaves de:
 - ❖ 1/8",3/16",1/4",5/16",3/8",7/16",1/2",9/16",5/8",11/16",3/4",13/16",7/8",15/16",1"
- ❖ Perica de 2"
- ❖ Estilson 3"
- ❖ Torno
- ❖ Brocas de Varios calibres en pulgadas
 - ❖ 1/8",3/16",1/4",5/16",3/8",7/16",1/2",9/16",5/8",11/16",3/4",13/16",7/8",15/16",1"
- Paquetes Computacionales:
 - ❖ Word
 - ❖ Excel
 - ❖ Power point
 - ❖ AutoCAD 2006

3.4 Diseño de estructuras.

La estructura esta compuesta por varios elementos comenzando por un chasis del robot, torre porta aguilones, aguilones, y rieles, estos son de los elementos componentes más importantes del robot de riego.



*Fig.3.5. Construcción del chasis
Y torre porta aguilones*



Fig.3.6. Construcción de aguilones



Fig.3.7. Construcción de los rieles

3.5 Para la evaluación:

3.5.1 Instrumentos de medición.

Para realizar las pruebas debe contarse con los instrumentos de medición previamente calibrados o con calibración vigente, para medir: longitud, masa (peso), temperatura, presión, tiempo, ángulos, velocidad de revolución, flujo y troqué; y con los materiales necesarios. Los instrumentos de medición son:

- Comprobador de boquillas.
- Manómetro.
- Tacómetro.
- Verificador .de perfil
- Anemómetro.
- Cronometro.
- Termómetro.
- Flexometro.
- Probeta.

3.5.2 Pruebas de funcionamiento de la bomba

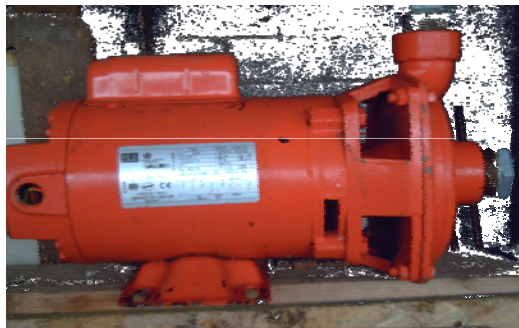


Fig.3.8. Bomba utilizada en el sistema.

El objetivo de esta prueba es conocer el funcionamiento de la bomba en condiciones de trabajo normal recomendada en los manuales del fabricante.

3.5.3 Pruebas de dosificación de boquillas



Fig.3.9. Pruebas de las boquillas

El objetivo es conocer la dosificación de las boquillas a diferentes presiones de trabajo y la uniformidad de dosificación.

3.5.4 Pruebas de funcionamiento de la parte de rieles



Fig.3.10. Pruebas de los rieles.

El objetivo es conocer que no haya fricción y que no valla interrumpir que la parte del bastidor tenga dificultades al trasladarse.

3.6 Determinación del “cu” para un riego móvil (carro o robot con sistema dé aguilonos)

a) Calibración del sistema de riego

- Con el carro sin movimiento, limpie los aspersores incluyendo microfiltros y diafragmas antigoteo.
- Gire los cuerpos de los aspersores, de tal manera que coincidan hacia abajo las boquillas de un mismo color o gasto.
- Ponga a operar el sistema de riego sin deslizar el carro y ajuste con las válvulas de paso la presión de salida del agua, conforme a la presión recomendada en el “Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento”. Si se observan boquillas con riego irregular, estas se deben desmontar y limpiar hasta que asperjen visiblemente la misma cantidad de agua.
- Numere recipientes (de dos o más litros de capacidad) en una cantidad igual al total de aspersores existentes en las dos barras húmedas. Todos los recipientes utilizados deberán ser de la misma capacidad y del mismo diámetro, preferentemente más anchos que altos.
- Deberá recibirse el agua de cada aspersor, por lo que habrán de colocarse suficientes personas ya sea para las dos barras o de una en una.
- Ponga a operar el sistema de riego sin deslizar el carro y espere de 5 a 10 segundos a que se estabilice el riego en todas las boquillas. En forma sincronizada haga que los ayudantes coloquen los recipientes bajo cada uno de los aspersores durante 30 ó 60 segundos. Los recipientes deben colocarse de tal manera que el agua no salpique y se salga de los contenedores.
- Mida con una probeta graduada y registre el volumen colectado en cada uno de los aspersores.
- Evalúe los resultados de la prueba. Revise y corrija las fallas de los aspersores donde los volúmenes colectados son notoriamente más grandes o muy bajos con relación al volumen promedio. Las fallas pueden ser por efecto de impurezas que obstruyan las boquillas o los

filtros, mal ajuste de los aspersores, aspersores defectuosos, boquillas de gasto distinto o con desgaste.

- El gasto o consumo de agua por minuto del sistema de riego, es igual a la suma de los volúmenes colectados en todos los aspersores durante un minuto. La determinación del gasto es importante para la calibración del sistema de dosificación de fertilizantes y la determinación de los tiempos de riego en el programa de fertirrigación.
- Esta determinación del gasto deberá realizarse para cada uno de los tres tipos de boquillas que contienen los aspersores.

B) Determinación del "CU".

Una vez realizada satisfactoriamente la calibración del sistema de riego, coloque cuando menos 20 recipientes de la misma capacidad y sobre todo del mismo diámetro, sobre las mesas porta charolas y/o camas de siembra. Numere los recipientes y colóquelos de manera aleatoria o sistemática a lo largo y ancho de las dos camas (áreas de cobertura de los dos brazos del carro), 10 recipientes por cama. Si la colocación la hace sistemática, cuide de considerar las diferentes posiciones en la cama, tanto a lo ancho como a lo largo, las orillas internas y externas, así como las cabeceras. Se recomienda hacer un croquis de la posición de los recipientes en cada cama.

Ajuste la altura de los recipientes o de las barras húmedas conforme a la altura recomendada en el "Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento" del sistema de riego. Normalmente la separación entre la altura de las barras húmedas y la superficie a irrigar es de 60 cm.

1. Gire los aspersores y active las boquillas de mayor gasto, para coleccionar la mayor cantidad de agua al paso del carro (sobre todo porque son las boquillas que se utilizarán con mayor regularidad).
2. Ponga en movimiento el carro asperjando agua en la velocidad de desplazamiento normal y hágalo pasar 2 ó 3 veces sobre los contenedores, o hasta que se colecciona un volumen medible.
3. Evalúe los resultados de la prueba siguiendo el mismo procedimiento que para el riego fijo, es decir, mida los volúmenes colectados por recipiente y regístrelos. Aplique la fórmula para el CU, a saber: $CU = 100 (1 - (B/A))$.

4. Valores inferiores al 95% de CU significan que uno o más de los aspersores no están asperjando correctamente, que la altura de las barras húmedas (o aguilones) no es la adecuada para lograr el traslape requerido, o que el desplazamiento del carro no es uniforme en alguna sección del módulo.
5. Haga los ajustes y reparaciones necesarias. Repita la prueba hasta lograr un coeficiente de uniformidad igual o mayor al 95%.

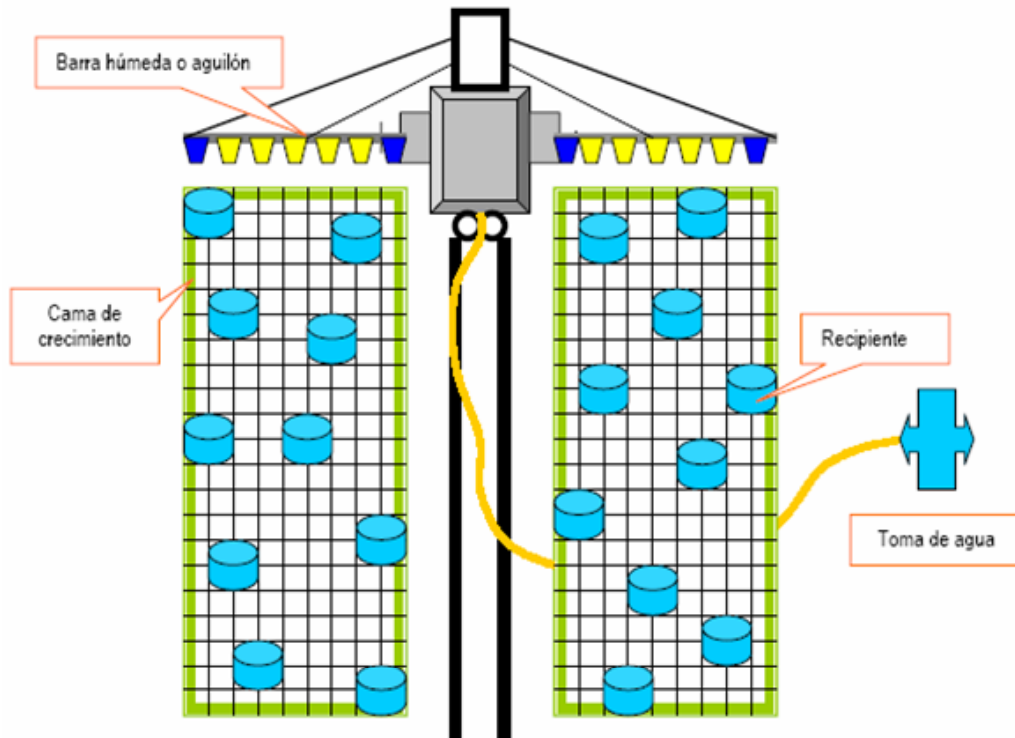


Fig.3.11. Determinación del Coeficiente de Uniformidad en un sistema de riego móvil

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Recomendaciones

- Hacer el croquis de ubicación de cada contenedor y rotularlos con un marcador permanente, señalando en el croquis la ubicación de cada recipiente, de tal manera que nos facilite localizar las fallas rápidamente.
- En el caso del riego fijo, hacer el croquis de la sección que se está evaluando, describiendo la distribución de aspersores, la diferenciación de boquillas si las hay, la presión a la que se riega, etc. Todos aquellos elementos que nos pueden caracterizar a l sistema de riego.
- Observar al momento de la prueba, el traslape vertical y horizontal que debe existir entre el patrón de riego de los aspersores (en sistemas de riego fijos y aéreos).
- La determinación del **CU** debe hacerse para todas las secciones de riego en el vivero.
- Realizar esta determinación cuando no haya viento, para evitar la deriva del agua asperjada.
- Para los sistemas de riego móviles, algunos diseños presentan boquillas de gasto mayor colocadas a los extremos tanto interior como exterior de cada brazo, por lo que en la evaluación del CU habrá que discriminar los volúmenes obtenidos de éstas cuando sea el caso. En donde las boquillas sean regulares a lo largo del aguilón, aplicar las recomendaciones generales que para el resto de boquillas.
- La evaluación del Coeficiente de Uniformidad debe realizarse cada inicio de ciclo de producción, de tal manera que se garantice la uniformidad tanto en el agua como en el fertilizante aplicado por planta.

4.2 Ventajas de los robots de riego

1. Eficientes en cuanto a consumo de energía eléctrica. La suma de los equipos de bombeo y operación del equipo es de 1 hp.

2. Máximo 32 boquillas para dar mantenimiento, limpiar o sustituir. El operador del riego se da cuenta inmediatamente de alguna boquilla tapada y no se corre el riesgo de zonas de pérdida de plantas por falta de agua.
3. Posibilidad de manejar eficientemente el vivero de acuerdo con el avance en siembra, crecimiento y desarrollo del cultivo.
4. Posibilidad de manejar diferentes especies en un mismo módulo de crecimiento.
5. Costos de mantenimiento anuales mínimos. No hay necesidad de reponer muchos aspersores ni realizar trabajos de rehabilitación de tuberías y conexiones.
6. Se puede elevar o bajar la barra de riego ajustando de acuerdo con el crecimiento del cultivo.
7. El riego es tiene una eficiencia de mas del 96% por lo que es muy exacta la aplicación de fertilizantes.
8. La selección de boquillas triples permiten aplicar fungicidas, herbicidas y otros agroquímicos así como micorizas.
9. Al ser una barra que avanza sobre las mesas de crecimiento cuadradas no se tienen problemas de:
 - Desperdicio de agua
 - Zonas de empalme doble o triple de aspersores (un aspersor redondo no puede cubrir una área cuadrada de manera eficiente)
 - Estorbo de tuberías, cables etc. En las mesas de crecimiento.
 - Realización de trabajos simultáneos o en coordinación con el avance del riego
10. Su diseño se realizó específicamente para riego de contenedores.

4.3 Conclusiones.

El principal objetivo de este trabajo fue cumplido satisfactoriamente ya que la realización se fue estructurando de acuerdo a las necesidades de las plantas a producir en el vivero, se tuvo un gran ahorro en la adquisición de este robot ya que como se menciono los que se encuentran en el mercado son de costos muy elevados, es de fácil fabricación y de fácil instalación ya que los elementos por los cuales esta conformado son de cómodo acceso, por lo que cualquier persona puede realizar las operaciones necesarias, se probaron diferentes de sus componentes y fueron sometidos a algunas pruebas para comprobar su

funcionamiento y estas fueron satisfactorias ya que se cumplió con los especificaciones del producto.

V. BIBLIOGRAFÍA

1. **Ángeles Montiel Vicente.** Fundamentos de hidráulica Para diseño y revisión de Riego presurizado Aspectos teóricos. Universidad autónoma de Chapingo
2. **Aldana barajas Rebeca. Aguilera Rodríguez Manuel** “procedimientos y cálculos básicos, útiles en la operación de viveros que producen en contenedor” Guadalajara, jal. Marzo de 2003.
3. **Backer E, Gregor Thomas, Kansas H.C** Procesos básicos de manufactura Mc Graw Hill.
4. **Boletín W-53-2SP.** Principios básicos de la soldadura eléctrica. Harnischfeger Corporation.
5. **Calvo Vergés Ignacio.** (REVISTA) artículo. La robotización en la producción de plántulas en maceta. 2006
6. **C Amstead B H., Ostwald y Begeman M.** Procesos de Manufactura, versión Si Compañía Editorial Continental
7. **Caballero Deloya Miguel. 2000.** La Actividad Forestal en México, Tomo 1, Universidad Autónoma Chapingo, México, Primera edición.
8. **G. A Matthews, E. W. Tronhill, 1996.** Equipo portátil de aplicación de pesticidas para uso de la agricultura, Volumen 1, BOLETIN DE SERVICIOS AGRICOLAS DE LA FAO, FAO, Rom.
9. **Manz David.** Evaluación del funcionamiento de los sistemas de conducción de agua para riego, usando modelos de simulación dinámica Departamento de ingeniería Civil Universidad de Calgary, 2500 University Drive N.W. Calgary, Alberta, CANADA.
10. **Montserrat Joan.** (REVISTA) artículo. Sistema de riego para uso en viveros. 2005
11. **Ruano Martínez J. Rafael. 2003.** Viveros Forestales, Mundi-Prensa, Madrid España.
12. **Robert L. Norton. 1999.** Diseño de Maquinas, Prentice hall, México, edición en español. 1ª ed.
13. **Shigley Joseph Edward, Mischke Charles R. 1985.** Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial Continental, 5ª edición, México.
14. **Tyler G. Hicks. 1998.** Manual de cálculos para las INGENIERÍAS, Mc Graw-Hill, tercera edición, México D.F.

15. Manual, MODELO BCC COMBI Boom, MANUAL de INSTALACIÓN y OPERACIÓN para un ROBOT de RIEGO AÚTOMÁTICO, año 2000, presentado por AGRINET. S. A. de C. V.
16. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor, año 2000, presentado por Thomas D. Landis, departamento de agricultura de los estados unidos, Pórtland, Oregon E.U.A.

PAGINAS DE INTERNET CONSULTADAS

1. http://www.grainger.com.mx/images/catalog/7_0070.gif
Consultada en Noviembre del 2006.
2. www.agrinet@avantel.com
Consultada en Noviembre del 2006.
3. www.teejet.com/MS/Tejeet/products.asp
Consultada en octubre
4. http://www.um.es/docencia/barzana/IATS/lats2003_04_9.html (8 de 15) [08/12/05 21:45:06] Apuntes. Aplicaciones de la informática, domotica, robótica, discapacidad...a al Trabajo Social 2003/04-9. Rafael Barzanallana. Universidad de Murcia
Consultada en diciembre del 2006
5. www.bioline.com, Copyright 2005 - Revista Científica UDO Agrícola
Consultada en octubre del 2006
6. www.conic-system.com.
Consultada en enero del 2007
7. www.ine.gob.mx
Consultada en octubre del 2006

ANEXOS.

SISTEMA DE RIEGO AÉREO ENCONTRADO DENTRO DE LAS
INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD AÚTONOMA AGRARIA “ANTONIO
NARRO”.

	Serie: XR 8002 XR11002 (50)	Serie: XR 8004 XR11004 (50)	Serie: XR 8006 XR11006 (50)
Numero de aspersores a usar en cada barra	10,00	10,00	10,00
Total de aspersores	20,00	20,00	20,00
Distancia recorrida (m)	2,70	1,50	1,75
Tiempo en recorrer (s)	23,00	12,15	13,95
Gasto por boquilla (mm)	218,52	240,05	319,90
Gasto por aguilón (litros)	2,19	2,40	3,20
Total gasto(litros)	4,37	4,80	6,40
Velocidad m/s	0,12	0,12	0,13
Tiempo en recorrer Largo del predio (minutos)	5,11	5,11	5,11
Área total a regar (metros cuadrados)	252,00	252,00	252,00
Volumen de agua aplicado por pasada (litros)	58,27	115,22	131,62
Lamina de agua aplicada por pasada (mm)	0,23	0,46	0,52
Numero de pasadas para completar el 1cm requerido	43,25	21,87	19,15
Numero de vueltas del robot	21,62	10,94	9,57
Tiempo de trabajo del ROBOT DE RIEGO (HORAS)	3,684	1,863	1,631

RECIPIENTES	ALTURA 1	BOQUILLA 1	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
SUMAS				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 2	BOQUILLA 1	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 3	BOQUILLA 1	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 4	BOQUILLA 1	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 1	BOQUILLA 2	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 2	BOQUILLA 2	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 3	BOQUILLA 2	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 4	BOQUILLA 2	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 1	BOQUILLA 3	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 2	BOQUILLA 3	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 3	BOQUILLA 3	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).

RECIPIENTES	ALTURA 4	BOQUILLA 3	ACUMULACION DE LIQUIDO EN RECIPIENTE EN MM.	No. DE PASOS
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Calcule el CU de las muestras obtenidas.

La fórmula para CU es:

$$CU = 100 [1 - (B/A)]$$

En donde:

A = La suma del volumen de agua total colectada

B = La suma de las desviaciones entre el volumen individual y el volumen medio (ignore el signo +/-).