



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA  
DE MANABÍ**

**MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRÍCOLA**

**Tema:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
RIEGO POR GOTEJO PARA PIMIENTO (*Capsicum  
annuum* L.) EN EL ÁREA CONVENCIONAL, ESPAM–MFL.**

**AUTORES:**

**ANDRÉS BOLÍVAR INTRIAGO VIDAL**

**JOSÉ LUIS SACÓN ZAMBRANO**

**TUTOR: ING. LEONARDO MENDOZA CEDEÑO.**

**Calceta, Marzo 2012**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Andrés Bolívar Intriago Vidal y José Luis Sacón Zambrano, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí detallado y descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

---

Andrés Bolívar Intriago Vidal

---

José Luis Sacón Zambrano

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Leonardo Mendoza Cedeño certifica haber tutelado la tesis titulada “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) EN EL ÁREA CONVENCIONAL, ESPAM – MFL**”, que ha sido desarrollada por Andrés Bolívar Intriago Vidal y José Luis Sacón Zambrano, previa a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. LEONARDO MENDOZA CEDEÑO**

**TUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos miembros del tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO la tesis titulada “**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) EN EL ÁREA CONVENCIONAL, ESPAM – MFL**”, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Andrés Bolívar Intriago Vidal y José Luis Sacón Zambrano, previa a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Federico Díaz Trelles

MIEMBRO

Ing. Sergio Vélez Zambrano

MIEMBRO

Ing. Gonzalo Constante Tubay

PRESIDENTE

## AGRADECIMIENTO

A la Institución que nos dio la oportunidad de instruirnos y capacitarnos en la cual nos hemos formado durante este ciclo de estudio.

Al Ing. Leonardo Félix López, Rector de la ESPAM-MFL, por forjar que la Universidad brinde cada día mayor y mejor oportunidades de formación a los estudiantes.

Al Ing. Leonardo Mendoza Cedeño, Tutor de la tesis por sus meritorias explicaciones y correcciones hábiles.

A los señores Ingenieros Miembros del tribunal de tesis de la Carrera de Ingeniería Agrícola.

Al Ingeniero Mg.Sc. José Loo Ponce, por su cooperación para el desempeño de la tesis.

Al Ingeniero Jesús Chavarría, por su aportación desinteresada para la finalización de la tesis. GRACIAS

.

Al personal docente y administrativo de la Carrera de Ingeniería Agrícola por contribuir a nuestra formación y educación.

A todas aquellas personas que aportaron con ideas para la consecución y culminación de la presente investigación.

## DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis se lo dedico primordialmente a Dios, por permitirme dejado llegar hasta esta instancia de mi formación profesional.

A mis padres Daniel Sacón y Nelly Zambrano a quienes adoro y aprecio con todo mi corazón por que han sabido guiarme y otorgarme ejemplo de vida, sacrificio y con sus consejos cultos que han sido valores fundamentales en mi vida.

A mis hermanos, Abel, Betsy, Javier, Lucia, que me apoyaron y comprendieron en todo momento de mi vida educativa, estando en las buenas y en las malas.

Con mucho amor a mi hijo Mathieus Jhosue por ser mi motivo de inspiración y lo más lindo que Dios me ha dado, para llegar a culminar mi anhelo.

A mis sobrinos: Danielita, Aldahír, y Berckham por ser parte de mi sueño logrado.

A mi tía Teresa, papa Nelo por comprenderme en todo momento, a mi Abuelita Eva por brindarme su cariño y amor hasta el momento que estuvo con nosotros.

A mis amigos y compañeros que fueron partícipe en mi meta alcanzada.

**Autor**

**José Luis Sacón Zambrano**

## DEDICATORIA

Este trabajo de tesis se lo ofrezco principalmente a Dios, por haberme permitido llegar hasta esta instancia de mi vida educativa.

A mi Madre Betty Vidal y mi Abuela Ángela García a quien amo y admiro con todo mi corazón por guiarme y otorgarme su comprensión en todo momento que recurrí a ellas.

Con un infinito amor a mi hija Andrea Intriago por ser mi inspiración y orgullo para conseguir y culminar mi aspiración.

A mi Esposa Patricia Guayaquil por su apoyo desinteresado, su comprensión, cariño y amor para el alcance de mi sueño anhelado.

A mis hermanos, Patricio y Diana Bravo por comprenderme y otorgarme su cariño

**Autor**

**Andrés Bolívar Intriago Vidal**

## INDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG</b>
DERECHOS DE AUTORÍA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
CONTENIDO GENERAL.....	VII
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
<b>I. ANTECEDENTES</b>	
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 MORFOLOGÍA DEL PIMIENTO.....	6
2.2 EL RIEGO.....	8
2.3 PARTICULARIDADES DE LA EFICIENCIA DEL RIEGO.....	10
2.4 SISTEMAS DE RIEGO.....	10

2.5 RIEGO POR GOTEO.....	11
2.6 REDUCTORES DE PRESIÓN.....	15
2.7 PIEZAS ESPECIALES.....	15
2.8 EL MONTAJE.....	15
2.9 DISPOSICIÓN DE LAS TUBERÍAS EN LOS SISTEMAS ESTACIONARIOS	16
2.10 DISEÑO AGRONÓMICO.....	17
2.11 DISEÑO HIDRÁULICO.....	27

### **III DISEÑO METODOLÓGICO**

3.1 UBICACIÓN.....	31
3.2 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS.....	31
3.3 METODOLOGÍA.....	32
3.4 DISEÑO AGRONÓMICO.....	33
3.5 DISEÑO HIDRÁULICO.....	36
3.6 PASOS PARA LA INSTALACIÓN.....	41

### **IV RESULTADOS.....**

44

### **V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....**

47

5.1 CONCLUSIONES.....	47
-----------------------	----

5.2 RECOMENDACIONES.....	49
--------------------------	----

### **BIBLIOGRAFÍA.....**

51

### **ANEXOS.....**

55

## RESUMEN

El presente estudio de investigación se basó en el Diseño e Implementación de un Sistema de Riego por Goteo para Pimiento (*Capsicum annuum* L.) en el área Convencional, ESPAM – MFL, durante los meses de Octubre 2011 a Febrero 2012. Una vez hecho los cálculos del Diseño Hidráulico mediante la fórmula de Blasius para el óptimo manejo del sistema y del Diseño Agronómico para cumplir con los requerimientos hídricos del cultivo del Pimiento se obtuvo los siguientes resultados; en la parte hidráulica, el caudal necesario para un lateral o porta goteros es de 189 L/h y la presión necesaria de 14.524 psi. El caudal necesario para una terciaria o porta laterales fue de 11718 L/h y el diámetro comercial de la tubería es 47.20 mm, la presión adecuada utilizada en éste módulo fue 16.905 psi, la tubería de conducción instalada es de 63 mm de diámetro que se determinó por cálculos previamente realizados, la misma que servirá como conducción a otro sistema de goteo de iguales características hidráulicas. Para el diseño agronómico se consideró las condiciones climáticas promediando las necesidades hídricas del cultivo y las reservas de agua fácilmente disponible para el cultivo de pimiento, determinando que los intervalos de riego son cada 1.5 días y el tiempo de riego es de 51.40 minutos diarios en sus respectivas períodos. Los costos incurridos en diseñar e implementar el sistema de riego es de \$ 2519.92 USD, comprendida la mano de obra y el porcentaje de imprevistos.

## SUMMARY

This research study was based on the Design and Implementation of Drip Irrigation for pepper (*Capsicum annuum* L.) in the conventional area of the ESPAM – MFL, during the months of October 2011 to February 2012. Having done the calculations of Hydraulic Design by Blasius formulas for optimal management and system design to meet Agricultural water requirements of the pepper crop was obtained the following results on the hydraulic flow required for emitter side or holder is 189 L/h and pressure of 14.524 psi required. The flow required for a lateral slide third was 11718 L/h and the commercial diameter of the pipe is 47.20 mm the appropriate pressure used in this module was 16.905 psi, the conduit is installed on 63 mm diameter was determined by calculations previously made, it will serve as driving to another peer with the same hydraulic characteristics. For the design was considered agronomic climatic conditions by averaging the crop water needs and readily available water supplies for growing pepper determining that the irrigation intervals are every 1.5 days and the run time is 51.40 minutes per day in their respective periods. Costs incurred in designing and implementing of the irrigation system is \$ 2519.92, including labor and incidentals.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las actividades más antiguas que realiza el hombre y desde entonces uno de los factores que no puede controlar para beneficio de sus cultivos es el clima. En determinados momentos y lugares se ha tenido graves problemas por el exceso de agua producto de las precipitaciones, y el mismo inconveniente cuando existe escasez. Es así, que el agua para uso y consumo, ha pasado hacer el recurso natural más valioso en las regiones del planeta. (Infroagro, 2003).

En los vegetales, el agua no solo que es el elemento indispensable, sino que sirve para cumplir importantes funciones en los procesos vitales de los mismos. La velocidad con la que las plantas absorbe el agua, dependen en muchas ocasiones por el clima y el efecto que este tiene. La frecuencia de volumen de agua que debe aplicarse al suelo obedece a la cantidad de agua tomada por la planta de la reserva de humedad del suelo y esta relacionada con las distintas condiciones climáticas (temperatura, humedad, viento,) y condiciones físicas (texturas, permeabilidad). (Ducroq, 1990).

En el Ecuador se estima que alrededor de 180.000 ha, se encuentra ubicado en ambiente de escasas e irregulares precipitaciones lo que constituye una de las principales causas para la obtención de bajos rendimientos por lo cual la necesidad de aprovechar el recurso hídrico. (INIAP, 1996).

En la provincia de Manabí las hortalizas se cultivan realmente en las zonas influenciadas por los sistemas de riego Poza Honda y Carrizal – Chone, en los que sus rendimientos están asociados con factores como uso de semilla

multiplicada por el propio productor e inadecuada tecnología en el manejo del cultivo y de los recursos suelo y agua. (INIAP, 1996).

La economía del agua en el valle del río Carrizal se vuelve una necesidad importante ya que el desperdicio de este líquido influye negativamente sobre el agricultor, por un lado, el pago de tarifa extras por concepto de su uso y por otro la mayor utilización de mano de obra. En caso extremo, el déficit de agua traería como consecuencia un crecimiento y desarrollo anormal de las plantas que incidiría directamente sobre su producción, de allí la necesidad de conocer estos dos aspectos, los agronómicos e hidráulico para que el cultivo se desenvuelva en condiciones normales de productividad.

El presente trabajo pretende proveer de información importante, relacionadas a los requerimientos hídricos en el cultivo de Pimiento partiendo de las condiciones climáticas y fisiológicas del mismo, el cual servirá de medio de consulta a profesionales, estudiantes, y en especial a todos aquellos productores que se encuentran influenciados por la construcción del sistema de riego Carrizal- Chone. De modo que le ayude a optimizar el uso del recurso agua.

# I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los principales problemas de la provincia de Manabí a través de la historia ha sido la falta de agua, sin embargo los gobiernos de turno para contrarrestar aquello, desde la época de los años setenta han construido importantes obras hidráulicas en la provincia como son los embalses de Poza Honda con una capacidad de 100 millones de m<sup>3</sup> y la Esperanza con una capacidad de 450 millones de m<sup>3</sup>. De la misma forma construyéndose obras complementarias como son los sistemas de riego por canales para Poza Honda y para riego por superficie en la Esperanza, instalándose de igual manera en una primera etapa tuberías de conducción para regar aproximadamente 7000 ha, con riego presurizado, (aspersión y goteo), para esta. (Medranda y Loor, 2011).

Igualmente en nuestra Provincia existe poca cultura sobre el manejo del riego, en su gran mayoría lo que se ha venido haciendo es tirar el agua, recurriendo por lo general a los conocimientos ancestrales, consistiendo solo en verter cantidades de agua en las parcelas de los cultivos en base a datos globales referenciales de consumo de agua de los mismos, esto hace que se desperdicie agua por percolación tanto en las fase inicial, floración y fructificación de desarrollo de la planta, debido a que el sistema radicular de la misma no alcanza mayor profundidad para su captación, esto nos da a entender que la aplicación del agua al suelo debe hacerse en base a los requerimientos hídricos del cultivo, utilizándose muy poco los conocimientos técnicos actuales de riego, ya que no se deduce el aspecto agronómico e hidráulico, causa que influye directamente en la producción, en donde los productos obtienen bajos rendimientos por hectárea.

Según Vara (2010), de las 8 millones de hectárea cultivada en Ecuador, únicamente el 12% cuenta con sistemas de riego construidos por el estado (823 mil hectáreas). Estos sistemas de riego están destinados a cultivos de exportación. A los pequeños agricultores no les ha quedado más remedio que encontrar por si mismos la manera de poder regar sus plantaciones buscando el agua abriendo pozos en la tierra y acequias en la mayoría de los casos sin revestimiento. Al realizar canales construidos sobre tierra, existe un desperdicio muy alto de agua que se filtra.

De ahí, la importancia de mejorar los sistemas existentes, buscando lograr la mayor eficiencia en la aplicación del agua. Esforzándose por lograr métodos y sistemas de riego que utilicen solamente el agua requerida por el cultivo, sin desperdicios de nutrientes ni de tierras por el riego.

De acuerdo a Sica (2009), el cultivo del Pimiento en estos últimos tiempos se ha intensificado debido a su demanda comercial. Estos cultivos de ciclo corto son de mucha importancia para el pequeño, mediano y gran productor por sus usos en la alimentación humana y por su utilización en la industria y exportación. Por otra parte, debido a la constitución altamente acuosa de los frutos se hace indispensable dotar al cultivo de humedad suficiente, requerida y oportuna para así obtener una producción remunerativa y económica.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El movimiento agrícola en las tierras del valle del río Carrizal, es muy intensa, donde se desarrollan cultivos hortícolas de ciclo corto, pastizales frutales los mismos que para su mantenimiento y desarrollo necesitan una aplicación óptima del recurso hídrico. Gracias a la implementación en los últimos años del Sistema de Riego Carrizal Chone, se han abierto grandes expectativas de desarrollo agrícola en la parte baja del cantón y en toda la zona colindante de los cantones Tosagua, Bolívar, Junín y Chone que forman parte del valle de los ríos Carrizal y Chone. (Swiss Contact, 2011).

El Sistema Carrizal Chone busca suministrar agua en 13.268 hectáreas y facilitar el desarrollo del sector agropecuario de los cantones anteriormente descritos. En la primera etapa del Proyecto se alcanzó un área de 7.250 hectáreas y actualmente se encuentra en desarrollo la segunda etapa que busca abarcar 6.018 hectáreas adicionales de riego. (Swiss Contact, 2011).

Janet (1990), indica que todo diseño de riego se lo realiza en base a una estricta relación suelo-agua-planta-clima, factores que determinan el tipo y método de riego a emplear. Es importante la calidad y el volumen global para aportar la cantidad de agua necesaria y este volumen está de acuerdo al tipo de suelo por la facilidad con que el agua puede penetrar y ser retenida.

La presión demográfica y la necesidad de alimentos adicionales imponen el desarrollo rápido del regadío en todo el mundo. En muchas regiones la tierra se puede regar con el agua que hay disponible. Sin embargo, en muchos casos, menos de la mitad del agua disponible beneficia a los cultivos. (Gurovich, 1985).

Berlín (1997), menciona que el material vegetativo está constituido de un 90% de agua, es por esta razón que las plantas solo pueden aprovechar el agua del suelo cuando tienen a su disposición la cantidad necesaria del aire, y por lo consiguiente, la cantidad de estos dos elementos en el suelo debe estar en un cierto equilibrio para obtener un alto rendimiento de los cultivos, por lo tanto, la problemática que se ha planteado es controlar el suministro del flujo de agua para las plantas, en este caso del pimiento.

Por lo cual la ESPAM, se ve en la necesidad de mostrar una opción adecuada la que consiste en diseñar e implementar un sistema de riego por goteo en el área de cultivos convencional, el cual abarcara una superficie de 8821.32 m<sup>2</sup>, producción establecida para cultivos de ciclo corto.

El método de riego por goteo viabilizará la siembra e irrigación adecuada de los cultivos, suministrando la cantidad de agua demandada por las plantas manteniéndose así un equilibrio equivalente de humedad en el suelo. Por las razones anotadas, el objetivo de este trabajo es la de diseñar e implementar un sistema de riego por goteo para el pimiento para optimizar los requerimientos hídricos del mismo.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL.**

- Diseñar e implementar un sistema de riego por goteo para optimizar el abastecimiento hídrico en el cultivo de Pimiento (***Capsicum annuum L.***), en el área de producción convencional de la ESPAM-MFL.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el diseño del sistema de riego por goteo en función de los parámetros agronómicos considerando las condiciones climáticas, las propiedades físicas del suelo y las necesidades hídricas para el cultivo de pimiento.
- Elaborar el diseño hidráulico del sistema de riego por goteo para su normal funcionamiento.
- Establecer los costos incurridos en el diseño e implementación del sistema de riego por goteo para el cultivo de pimiento.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 MORFOLOGÍA DEL PIMIENTO**

Es una planta herbácea perteneciente a la familia de las solanáceas de especies (*Capsicum annuum*), de tallos erectos y ramificados, de diversa altura, entre 0.50 m a 1 m, según la variedad, y que puede ser mayor en los cultivos forzados. La raíz es pivotante con numerosas raíces adventicias. Las hojas son ovales, lanceoladas alargadas y acuminadas, enteras, lampiñas, verde oscuras, de bordes enteros y ondulados y de peciolo corto. En general, las flores son solitarias, raras veces agrupadas en números de dos a tres y están provistas de un pedúnculo torcido hacia abajo. Los frutos son unas bayas huecas y vistosas de tamaño y forma diferente según la variedad. (Rodríguez, 2001).

#### **2.1.2 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.**

Son preferibles los suelos francos y profundos. Con un pH que fluctúe entre 5.5 y 7. No son aconsejables los suelos con mal drenaje que presentan tendencia al anegamiento, pues la especie es sensible a la asfixia radicular y el anegamiento favorece el desarrollo de enfermedades criptogámicas, entre ellas la llamada tristeza del pimiento en general la especie requiere 7850 cm<sup>3</sup> de agua por ha. La frecuencia de riego varía en función de las condiciones climáticas del lugar donde se realiza el cultivo. Los suelos mas adecuados para el cultivo del pimiento son los franco arenosos, profundos, ricos, con un contenido de materia orgánica del 3 – 4 % y principalmente bien drenados. (Fernández, 2000).

No se recomienda la acumulación de agua en el suelo y se recomienda una profundidad útil igual o superior a 25-30 cm, textura media, pH comprendido entre

6 y 7,5 y una conductividad eléctrica (CE) menor de 2,5 ds/m a 25 Co. No es recomendable la utilización de turba con presencia de Fito patógenos y con tasas altas de degradación recomendándose una porosidad mayor del 85 %.(Belda y Alcázar 2002).

### **2.1.3 NECESIDADES HÍDRICAS DEL CULTIVO DE PIMIENTO**

El cultivo de pimiento requiere de 800 a 1000 mm de agua a lo largo de la vida del cultivo uniformemente. El pimiento no tolera estancamiento de agua y el exceso de humedad. Si las condiciones saturadas se mantienen durante 24 horas las plantas mueren. Las condiciones saturadas inhiben el crecimiento el crecimiento de las plantas llevando a un menor rendimiento. Las fases más críticas de humedad son el establecimiento inicial de los ejemplares trasplantados e inmediatamente a la floración. La falta de agua en la floración lleva a la caída de la flor y el fruto. (Torres, 2001).

Según Barrera (1990), el uso eficiente del agua está en función del suelo y depende, sobre todo del regador y del método de riego empleado, así como de varios factores naturales y económicos es posible que un método mejor para determinar las necesidades de riego del pimiento, pudiera ser aquel que tomara en cuenta las necesidades naturales del propio cultivo. Lógicamente, este método eliminaría variaciones resultantes de los factores humanos, físicos y económicos asociados con el riego y el factor más importante de qué la planta aproveche la humedad del suelo es el que la planta misma sea capaz de extraer el agua del suelo con tal velocidad que puede soportar o igualar las pérdidas por transpiración y por su desarrollo. Así, el criterio exacto para un adecuado abastecimiento de humedad, fácilmente aprovechable en el suelo, depende en forma principal de la profundidad y distribución del sistema radicular, etapa del crecimiento de la planta, retención y conducción del agua del suelo, así como de otros factores del clima que afectan a la evapotranspiración.

La aplicación excesiva de agua durante las primeras etapas del crecimiento de las plantas frecuentemente crea condiciones desfavorables en la zona radicular. Tales prácticas tienen a mantener el suelo excesivamente húmedo y frío en la zona radicular, causando que el abastecimiento de oxígeno para la planta en desarrollo se reduzca, favoreciéndose así la susceptibilidad de las plantas a enfermedades, por lo tanto es necesario mantener siempre una humedad fácilmente aprovechable en la zona de máxima actividad radicular. (Martelloto, 2004).

## **2.2 EL RIEGO**

Una manera moderna de regar, es la utilización de los métodos de riego por goteo y micro aspersión (riego localizado), que consiste en la aplicación del agua al suelo en forma localizada, es decir, sólo se moja una zona restringida del volumen radicular. Estos métodos son apropiados para zonas donde el agua es escasa, ya que su aplicación se hace en pequeñas dosis y de manera frecuente, consiguiendo con esto un mejor control de la aplicación del agua y algunos otros beneficios agronómicos. (Moya, 2002).

### **2.2.1 EL RIEGO LOCALIZADO**

El riego localizado se empezó a ensayar en Alemania en 1860 y en Estados Unidos en 1918, mediante tuberías porosas o perforadas enterradas. El sistema resultó caro por el tipo de tuberías que se empleaban y presentaba problemas de obstrucción, porque las raíces de las plantas acababan taponando las salidas. (Megh y Goyal 2010).

Puede afirmarse que el riego localizado tal como se conoce en la actualidad, empezó en Inglaterra, después de la Segunda Guerra Mundial, en invernaderos, semilleros y jardinería, utilizándose micro tubos como emisores. Sin embargo, es en la década de los sesenta, en Israel, cuando se inicia su expansión, tras el perfeccionamiento de las técnicas de extrusión e inyección de los plásticos. (Wikipedia, 2010).

Así, Israel fue uno de los países pioneros de la investigación y desarrollo de este tipo de riegos para sus zonas áridas, semiáridas y desérticas. Simultáneamente se investigó en Italia, Inglaterra, Francia y Estados Unidos, llegando a buenos resultados, saltando de la etapa experimental a la fase de expansión agrícola. (Claude, 1993).

### **2.2.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL RIEGO LOCALIZADO**

Según Pizarro (1996), el riego localizado ofrece una serie de ventajas e inconvenientes que son precisos conocer y evaluar para tomar una decisión razonable a la hora de elegir o no su implantación. Las ventajas con respecto a los sistemas de riego tradicionales son las siguientes:

- Mejor aprovechamiento del agua.
- Posibilidad de utilizar aguas con un índice de salinidad más alto.
- Mayor uniformidad de riego.
- Mejor aprovechamiento de los fertilizantes.
- Aumento de la cantidad y calidad de las cosechas.
- Menor infestación por malas hierbas, debido a la menor superficie de suelo humedecida.
- Posibilidad de aplicación de fertilizantes, correctores y pesticidas con el agua de riego.

- Facilidad de ejecución de las labores agrícolas, al permanecer seca una buena parte de la superficie del suelo.
- Se necesita un personal más calificado.
- Hay que hacer un análisis inicial del agua.
- Cuando se maneja mal el riego existe riesgo de salinización del bulbo húmedo.
- Hay que vigilar periódicamente el funcionamiento del cabezal y de los emisores, con el fin de prevenir las obstrucciones.
- Es preciso hacer un control de las dosis de agua, fertilizantes, pesticidas y productos aplicados al agua de riego.
- Exige una mayor inversión inicial.

### **2.3 PARTICULARIDADES DE LA EFICIENCIA DEL RIEGO.**

En general, cuando se aplica un riego, no toda el agua queda almacenada en la zona del suelo explorada por las raíces, sino que parte se pierde por evaporación, escorrentía y percolación profunda, siendo muy diferentes la cuantía de cada tipo de pérdida según el tipo de suelo y sistema de riego. Conceptualmente, la idoneidad de un riego depende del incremento del agua almacenada en la zona radicular del cultivo producido por el riego. (Armoni, 2002).

### **2.4 SISTEMAS DE RIEGO.**

Se denomina sistema de riego o perímetro de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas. El sistema de riego consta de una serie de componentes. Sin embargo debe notarse que no necesariamente el sistema de riego debe constar de todas ellas, el conjunto de componentes dependerá de que si se trata de riego superficial, por aspersion, o por goteo. (Valverde, 2007).

Según Losada (2000), el riego consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan favoreciendo así su crecimiento. Se utiliza en la agricultura y en jardinería. Los sistemas de riego que existen en los cultivos son:

- Riego con aspersores
- Riego con difusores
- Riego por goteo
- Riego subterráneo
- Riego con cintas de exudación
- Riego con micro aspersores
- Riego con manguera
- Macetas de auto- riego
- Riego por surcos (por ejemplo, el huerto)
- Riego a manta (por ejemplo, inundando un ariete)

## **2.5 RIEGO POR GOTEO**

Un sistema de riego por goteo consiste de líneas principales, líneas secundarias y laterales. Las líneas laterales pueden ser de tubo plástico pequeño combinado con goteros, o simplemente de tubo plástico de baja presión con orificios. Estas están diseñadas para distribuir agua al campo con un grado aceptable de uniformidad. La línea secundaria actúa como un sistema de control, la cual puede ajustar la presión de agua de tal forma que suministre la cantidad de flujo requerido en cada lateral. También se utiliza para controlar el tiempo de riego en campos individuales. La línea principal sirve como un sistema de transporte para suministrar la cantidad total de agua requerida en el sistema de riego. Los goteros, líneas laterales, líneas secundarias y principales se consideran partes principales del sistema. Hay otros componentes importantes tales como filtros, reguladores de presión, indicadores

de presión, válvulas, inyectoras de fertilizante, y otros, los cuales sirven de diferentes propósitos en un sistema de riego.(Megh y Goyal 2000).

Un sistema de riego por goteo está hecho de la combinación de tubos plásticos de diferentes tamaños, los cuales usualmente se consideran como conductos lisos. La fórmula de Blasius se puede utilizar para determinar el flujo turbulento en un conducto liso.La mayor parte de los grandes sistemas de irrigación por goteo utilizan un cierto tipo de filtro de agua para impedir la obstrucción de los pequeños tubos surtidores. El riego por goteo, igualmente conocido bajo el nombre de riego gota a gota, es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abono. (Wikipedia, 2009).

Si está correctamente montado, instalado, y controlado, el riego por goteo puede ayudar a realizar importantes economías de agua por la reducción de la evaporación. Por otro lado, el riego gota a gota puede eliminar muchas enfermedades que nacen del contacto del agua con las hojas. (Claude, 1993).

### **2.5.1 GOTEROS.**

Los goteros son otra de las partes fundamentales del sistema, ya que son los encargados de aplicar el agua a las plantas. Las dos características principales que deben reunir todos los goteros son: regular el caudal adecuado de agua, y tener un orificio de salida de un tamaño apropiado que evite posibles obstrucciones (uno de los principales problemas de los sistemas de riego por goteo). Para evitar esto debemos colocar un pequeño filtro en la toma del agua que retenga y limpie las pequeñas impurezas que pueda contener el agua. (Wikipedia, 2010).

De acuerdo a Pizarro (1996), entre los diferentes modelos de goteros que existen en el mercado los más adecuados para nuestra instalación son los goteros auto compensante. Estos goteros tiene la virtud de aportar la misma cantidad de agua en cada gotero. Además cuestan prácticamente lo mismo que un gotero normal, pero ayudan a que la presión sea igual a lo largo de todo el circuito y además sabemos el caudal aproximado de agua que vierte cada uno. El inconveniente en estos goteros, como comentábamos anteriormente, es que se atascan fácilmente, especialmente por la cal del agua, precisando de un buen filtrado si el agua es de pozo. Así que el agua cuando menos caliza, mejor. Atendiendo a la configuración de su conducto, los goteros se pueden clasificar de la siguiente forma:

#### **2.5.2 DE LARGO CONDUCTO.**

El gotero de micro tubo consiste en un tubo de pequeño diámetro y gran longitud. Su exponente de descarga varía de 0,75 a 1.0. Debido a los inconvenientes de su régimen próximo al laminar, el micro tubo ya no se utiliza como gotero, sino como elemento de conducción. (Valverde, 2007).

#### **2.5.3 GOTERO DE CONDUCTO HELICOIDAL**

Tiene un exponente de descarga que varía de 0,65 a 0,85 (régimen parcialmente turbulento). Es bastante sensible a las obstrucciones y a los cambios de presión y temperatura, por lo que apenas se utiliza. (Valverde, 2007).

#### **2.5.4 GOTERO DE LABERINTO**

El agua recorre una trayectoria en laberinto, por lo que aumenta la turbulencia del flujo (exponente de descarga comprendido entre 0,45 Y 0,55). Es poco sensible a las obstrucciones y a los cambios de presión y temperatura. (Grassi, 2000).

### **2.5.5 GOTERO DE ORIFICIO**

El agua descarga a través de uno o varios orificios de pequeño diámetro. El régimen es turbulento (exponente de descarga próximo a 0,5). Es poco sensible a las variaciones de presión y temperatura, pero se obstruye con facilidad debido a pequeño diámetro de los orificios. (Valverde, 2007)

### **2.5.6 GOTERO DE REMOLINO O «VORTEX»**

Este emisor tiene una cámara circular en donde se produce un remolino, en cuyo centro se localiza el punto de emisión. Debido a la pérdida de carga adicional que se origina, el diámetro del conducto puede ser mayor que en otros emisores, reduciéndose el riesgo de obstrucción. El exponente de descarga varía de 0,45 a 0,55, por lo que son poco sensibles a las variaciones de presión. (Grassi, 2000).

### **2.5.7 GOTERO AUTOCOMPENSANTE**

Este emisor tiene un dispositivo que permite variar el tamaño del conducto con relación a la presión de entrada. El dispositivo es, generalmente, una membrana flexible que se deforma bajo el efecto de la presión, limitando el caudal. El efecto autocompensante se consigue dentro de una determinada gama de presiones, que debe ser indicada por el fabricante. Tienen un coeficiente de descarga que varía de cero a 0,3. Proporcionan un caudal correcto dentro de una amplia variación de presión, por lo que están especialmente indicados en terrenos accidentados, en donde se producen importantes diferencias de presión. Tienen el inconveniente de que las variaciones de temperatura afectan a la membrana flexible, por lo que al cabo de cierto tiempo de funcionamiento pierden su autocompensación. Son bastante sensibles a las obstrucciones. (Wikipedia, 2010).

## **2.6 REDUCTORES DE PRESIÓN**

Por regla general los riegos por goteo necesitan muy poca presión de agua para funcionar. Los reductores de presión cumplen la importante función de reducir la elevada presión que sale del grifo evitando así que alguna de las conexiones del sistema se suelte y el agua saga a borbotones. Conviene instalar algún filtro junto con el reductor de presión para evitar así que pequeñas impurezas obstruyan los goteros. Muchos de los modelos de reductores de presión a la venta en grandes superficies traen ya el sistema de filtro incorporado, por lo que si compráis uno de estos reductores no será necesario comprar ningún filtro. (Claude, 1993).

## **2.7 PIEZAS ESPECIALES**

Además de todas las piezas descritas anteriormente necesitaremos para nuestro montaje de otras especialmente ideadas para unir, conectar, acoplar y cegar (tapar) los tubos de distribución y micro tubos. Estas piezas son: las "T", los "codos", los "empalmes", los "conectores", las "llaves de paso" y los "tapones" (Montero, 2010).

## **2.8 EL MONTAJE**

A la hora del montaje los pasos a seguir son sencillos, y no precisan de herramientas o conocimientos especiales, sólo necesitaremos unas tijeras, un cúter, un punzón y quizás algún trozo de teflón para sellar las uniones. También podemos precisar de alguna abrazadera metálica y bridas de nylon para la correcta sujeción de los tubos. Debemos preparar siempre todo el material antes de empezar, así se evitan las chapuzas. (Wikipedia, 2009).

La principal ventaja de estos sistemas de riego es que sólo consumen la cantidad de agua que nuestras plantas precisan, ahorrando agua, tiempo y dinero. Además al ser un sistema automatizado podemos dejarlo funcionando y salir unos días de vacaciones con la tranquilidad de que al regresar las plantas estarán en perfecto estado. (Losada, 2002).

## **2.9 DISPOSICIÓN DE LAS TUBERÍAS EN LOS SISTEMAS ESTACIONARIOS.**

Según Fuentes (2000), las disposiciones básicas más frecuentes son las siguientes:

### **2.9.1 DISPOSICIÓN UNILATERAL.**

El ramal de alimentación se sitúa en la lindera de la parcela, mientras que los ramales laterales se colocan a un solo lado de dicho ramal. Cuando los ramales laterales son portátiles se van desplazando a lo largo del ramal de alimentación a medida que se realiza el riego.

### **2.9.2 DISPOSICIÓN BILATERAL.**

El ramal de alimentación se sitúa atravesando la parcela por su centro, mientras que los ramales laterales se colocan en ambos lados de aquél. Si los ramales laterales son portátiles se van desplazando sucesivamente a lo largo del ramal de alimentación. Si la instalación es fija se va regando por bloques de riego, ya que

de esta forma, al disminuir los bordes para el trazado de los ramales laterales hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Forma de la parcela
- Topografía del terreno
- Cultivo
- Dirección del viento dominante

De igual forma indica, q cuando no sea posible atender a todos estos factores se tomará la decisión más favorable. Dentro de lo posible se seguirán las siguientes recomendaciones relativas a los ramales laterales:

- Se situarán paralelos a una de las lindes de la parcela.
- Se colocarán en dirección perpendicular al viento dominante.
- Se colocarán en la dirección de las hileras de las plantas.
- Se colocarán en dirección perpendicular al viento dominante.
- Se colocarán en la dirección de las hileras de las plantas.

## **2.10 DISEÑO AGRONÓMICO.**

El diseño agronómico representa la primera fase del procedimiento de diseño de cualquier tipo de riego, con el que se determina la cantidad de agua que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad. Que tiene por finalidad garantizar que la instalación sea capaz de suministrar la cantidad suficiente de agua, con un control efectivo de las sales y una buena eficiencia en la aplicación del agua. Se desarrolla en dos fases:

- Cálculo de las necesidades de agua.
- Determinación de los parámetros de riego: dosis, frecuencia e intervalo entre riegos, caudal necesario, duración del riego, número de emisores y disposición de los mismos. (Fuentes, 2003).

Fuentes (2000), muestra que una vez calculadas las necesidades de riego hay que determinar la dosis, frecuencia y duración del riego, así como el número de emisores por plantas y el caudal por emisor. Para finalmente decidir la disposición de los emisores calculando lo siguiente:

- Superficie mojada por emisor.
- Porcentaje de la superficie mojada.
- Número de emisores por planta.
- Profundidad del bulbo.
- Dosis de intervalo entre riego y profundidad de riego.
- Disposición de los emisores.

El mismo manifiesta, que para realizar el diseño agronómico, primero debemos tomar varios datos del suelo donde se va a instalar el sistema de riego, por lo que se procederá a ejecutar una calicata del cual se tomarán muestras para ser llevadas a laboratorio y así poder determinar los siguientes parámetros:

- Densidad Aparente.
- Textura.
- Capacidad de Campo del Suelo Seco (Cc).
- Humedad en el Punto de Marchitamiento (Pm).
- Fracción de Agotamiento del Agua Disponible (F).
- Eficiencia de Aplicación (Ea).
- Lamina Neta de Riego.
- Lamina Total de Riego.
- Intervalos de Riego.

### 2.10.1 DENSIDAD APARENTE

Construmática (2011), este es igual al peso de suelo seco / volumen por el peso del recipiente.

$$da = \frac{pps}{V * P.rec} \quad (02.01)$$

Da = densidade aparente.

Pss= peso de suelo seco.

V=volumem.

P.rec = peso del recipiente.

### 2.10.2 TEXTURA

La textura del suelo es la proporción en la que se encuentran distribuidas variadas partículas elementales que pueden conformar un sustrato. Según sea el tamaño, porosidad o absorción del agua en la partícula del suelo o sustrato, puede clasificarse en 3 grupos básicos que son: la arena, el limo y las arcillas.

La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra el suelo y lo atraviesa. (Wikipedia, 2011).

### 2.10.3 CAPACIDAD DE CAMPO DEL SUELO SECO (CC.). (Scribd, 2008).

El concepto se introdujo por Israel en y West, (1922), para designar el contenido en humedad de un suelo sometido a drenaje libre (después de un riego intenso o fuertes lluvias) durante 48 horas.

La capacidad de campo se determina mejor en los suelos de textura arenosa que en los de textura arcillosa, ya que en los primeros, con gran número de macro poros, el final del drenaje es más evidente. En cualquier caso, y debido a que se pueden presentar diferentes estratos en el perfil, es aconsejable determinar la capacidad de campo en cada caso concreto.

$$CC. = 0.48Ac + 0.16L + 0.023Ar + 2.62$$

(02. 02)

CC. = Capacidad de campo, expresada como humedad gravimétrica en %.

Ac = contenido de arcilla, expresada como humedad gravimétrica en %.

L = contenido de lino, expresada como humedad gravimétrica en %.

Ar = contenido de arena, expresada como humedad gravimétrica en %.

#### **2.10.4 HUMEDAD EN EL PUNTO DE MARCHITAMIENTO.** (Edafología, 2011).

Representa cuando el suelo se deseca a un nivel tal que el agua que queda está retenida con una fuerza de succión mayor que las de absorción de las raíces de las plantas. Es el agua que queda a una presión de 15 atmósferas. El agua contenida corresponde al agua higroscópica más el agua capilar no absorbible.

El concepto de punto de marchitez o de marchitamiento permanente ha sido definido como "el contenido de humedad en la zona de las raíces, según el cual la planta se marchita y no puede recobrar igual turgencia al colocarla en una atmósfera saturada de agua durante doce horas". Se puede determinar mediante membrana de Richard relacionándolo con el contenido en humedad a un potencial matricial de 15 bares (1500 kpa). Pues se ha comprobado que el contenido de humedad de un suelo a una succión matricial de 1500 kpa se encuentra dentro del intervalo en el que una gran parte de las plantas se marchitan.

$$P_m = 0.302A_c + 0.102 L + 0.0147A_r$$

(formula de Bridges).

(02. 03)

$P_m$  = punto de marchitamiento, expresada como humedad gravimétrica en %.

$A_c$  = contenido de arcilla, expresada como humedad gravimétrica en %.

$L$  = contenido de lino, expresada como humedad gravimétrica en %.

$A_r$  = contenido de arena, expresada como humedad gravimétrica en %.

### 2.10.5 PROFUNDIDAD DEL SUELO EXPLORADO POR LAS RAÍCES.

Naturalmente las raíces de las plantas parecen no sobrepasar la profundidad del suelo humectada por la lluvia. De la misma manera con el riego las raíces se desarrollan en todo el espesor de suelo humectado. El riego entonces permite “dirigir” ese fenómeno. Prácticamente, es ventajoso favorecer el enraizamiento profundo que permite poner a disposición de la planta una mayor masa de recursos nutritivos y evitar el riesgo de la desecación en superficie. Es un porcentaje del sistema radicular total de la planta que equivale a un 40%. Se llama bulbo húmedo al volumen de suelo humedecido por un emisor de riego localizado. Es el 40% del volumen total de la raíz de la especie. (Grassi, 2000).

### 2.10.6 FRACCIÓN DE AGOTAMIENTO DEL AGUA DISPONIBLE.

Según Fuentes (2003), el método recomendable y más utilizado para calcular las pérdidas de agua por evapotranspiración (ETC) es el recomendado por la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1997), en el que la ETC se calcula como el producto de tres términos:

$$ET_c = ET_o * k_c * k_r.$$

(02. 04)

- ETc: evapotranspiración máxima del cultivo
- ETo: evapotranspiración potencial o de referencia
- kc: coeficiente de cultivo.
- kr: coeficiente de desarrollo del cultivo (superficie cubierta por la copa).

Se determina de acuerdo al tipo de cultivo, el tipo de suelo y la magnitud de la transpiración. (Vienen dados en tablas para los valores de los cultivos), depende del cultivo, el tipo de suelo y la magnitud de la transpiración.

### 2.10.6 SUPERFICIE MOJADA POR EMISOR

La superficie mojada por un emisor es la proyección horizontal del bulbo húmedo que forma ese emisor. Se determina mediante pruebas de campo o mediante fórmulas o tablas. Dada la gran heterogeneidad de suelos, las fórmulas y las tablas sólo se deberán utilizar, con mucha prudencia, en el diseño o a título orientativo, siendo mucho más fiable la medición directa en el propio campo. El diámetro de la superficie mojada se puede calcular mediante las fórmulas siguientes, que vienen en función del tipo de suelo y del caudal del emisor: (Fuentes, 2003).

#### Cuadro # 1 Diámetro de textura de suelo

Textura del suelo		Diámetro	
Textura fina	d =	$1,2 + 0,1 q$	
Textura media	d =	$0,7 + 0,11 q$	q
Textura gruesa	d =	$0,3 + 0,12 q$	q

d = Diámetro de la superficie mojada, en metros.

q = Caudal del emisor, en litros/hora.

Fuentes (2010), estas fórmulas deben usarse con prudencia, ya que la textura del suelo no informa adecuadamente del movimiento del agua en el mismo, puesto que influyen otros factores, tales como la estratificación.

### 2.10.8 PORCENTAJE DE SUPERFICIE MOJADA

Dado que en riego localizado se moja solamente una fracción del suelo, hay que prever un mínimo de superficie mojada para que el sistema radical se desarrolle normalmente. El porcentaje de superficie mojada (P) viene definido por:

$$P = \frac{\text{Superficie mojada por planta}}{\text{Superficie ocupada por planta}} \quad (02.05)$$

La superficie mojada se debe medir a 30 cm de profundidad, aunque en caso de cultivo de raíces poco profundas la medición puede hacerse a 15 cm de profundidad.

Se recomiendan los siguientes valores de P:

Cultivos de marco amplio 25 <P 35

Cultivos de marco medio 40 <P <60

Cultivos hortícolas 70 <P <90

Los valores altos de P dan mayor seguridad, sobre todo, en situaciones de apuro (averías, evapotranspiración extrema), pero encarecen la instalación, al exigir mayor número de emisores. (Moya, 2000).

### 2.10.9 NÚMERO DE EMISORES POR PLANTA. (Fuentes, 2010).

El número de emisores por planta (n) viene dado por la siguiente expresión:

$$n = \frac{\text{Superf. mojada por planta}}{\text{Superf. mojada por emisor}} \quad (02.05)$$

$$= \frac{\text{Superf. ocupada por planta} * P}{100 * \text{Superf. mojada por emisor}} \quad (02.06)$$

### 2.10.10 PROFUNDIDAD DEL BULBO

La profundidad del bulbo debe estar comprendida entre el 90 y el 120 % de la profundidad de las raíces. A la menor profundidad del bulbo corresponde mayor número de emisores y mayor eficiencia desde el punto de vista agronómico, pero la instalación resulta más cara. La mayor profundidad del bulbo puede ser la adecuada para que actúe como fracción de lavado en el control de la salinidad, salvo que la calidad del agua aconseje mayor fracción de lavado, en cuyo caso no se considera la restricción de profundidad de bulbo expresada anteriormente. (Fuentes, 2003).

### 2.10.11 DOSIS, INTERVALO ENTRE RIEGOS Y DURACIÓN DEL RIEGO

La cantidad de agua aplicada en cada riego o dosis de riego será:

$$Dt = n * q * \quad (02.07)$$

$$Dt = Nt * 1 \quad (02.08)$$

Dt=Dosis total, en litros

n=Número de emisores

q=Caudal de cada emisor, en litros/hora

t =Tiempo de duración del riego, en horas

Nt=Necesidades totales, en litros por día

1 = Intervalo entre riegos, en días

De ambas ecuaciones se deduce la siguiente:

$$\boxed{TN \cdot q > t = Nt \cdot 1} \quad (02.09)$$

Ecuación con dos incógnitas, intervalo y tiempo, en donde hay que fijar una de ellas. En suelos de textura arenosa, en donde se originan bulbos estrechos y profundos, se tiende a intervalos muy cortos (uno o dos riegos diarios), tiempos breves y número elevado de emisores. En suelos de textura arcillosa se tiende a intervalos más largos (tres o cuatro días por semana), tiempos de riego más amplios y menor número de emisores. En suelos de textura franca se suele regar una vez por día. (Berenjena, 2000).

El tiempo de riego vendrá dado por la expresión:

$$\boxed{t = \frac{Nt \cdot l}{n \cdot q}} \quad (02.10)$$

### 2.10.12 PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

Para programar el riego eficientemente, los productores deben conocer las características del suelo y la cantidad de agua que puede almacenar. Se puede usar una técnica de balance, similar a un registro de cheques, para llevar un control de las cantidades de agua que entran por medio de las precipitaciones y el riego, y las que salen por el uso de agua o la evapotranspiración del cultivo. Los porcentajes de agotamiento de agua se pueden medir directamente o pueden

calcularse. Los dos métodos requieren información acerca de la profundidad de enraizamiento de un cultivo y la capacidad de retención de agua que tiene el suelo. (Pannunzio, 2003).

#### **2.10.13 DISPOSICIÓN DE LOS EMISORES.** (Pizarro, 1996).

Al distribuir sobre el terreno las tuberías porta emisores hay que tener en cuenta varias consideraciones:

- Proporcionar a cada planta el número de emisores requeridos en el diseño agronómico.
- No dificultar las labores de cultivo.
- Hacer la mínima inversión.

En la colocación de los goteros a lo largo de las tuberías portagoteros se pueden tomar dos criterios distintos:

- La zona húmeda forma una línea continua, a lo largo de la cual las plantas desarrollan su sistema radical. Este sistema ofrece la ventaja de facilitar las labores agrícolas, pero tiene el inconveniente de que puede producirse la caída de las plantas de porte alto.
- Se adapta bien a los cultivos en línea.
- Se forman una serie de puntos húmedos alrededor de las plantas, con lo cual las raíces se desarrollan en varias direcciones y es menor el riesgo de ser abatidas por el viento

#### **2.10.14 EFICIENCIA DE APLICACIÓN.** (Megh y Goyal 2010).

Para conseguir una alta eficiencia de riego se debe aportar el agua en riegos cortos y muy frecuentes. Atendiendo al cultivo, suelo, clima etc., la duración del riego puede variar desde varios riegos en un solo día hasta intervalos de 3 y 4

días. Para el cálculo de esta eficiencia, es necesario hacer mediciones directas en la parcela, en relación con las entradas y salidas de agua para poder estimar los diferentes componentes de la función. Esta se obtiene mediante el volumen disponible sobre el volumen suministrado.

$$Ea = (V \text{ disp}) / (V \text{ sumins.}) \quad (02.11)$$

$Ea$  = Eficiencia de aplicación.

$V. \text{ disp.}$  = volumen disponible.

$V. \text{ sumins.}$  = volumen suministrado.

#### 2.10.15 LAMINA NETA DE RIEGO

$DPH$  = lamina neta de riego.

$f$  = fracción de agotamiento. (02.12)

$$DPH = f * HA * ZR$$

$Ha$  = humedad aprovechable.

$ZR$  = profundidad radicular.

$P$  = área a humedecer

#### 2.11 DISEÑO HIDRÁULICO

El diseño hidráulico tiene por finalidad el cálculo de las dimensiones de la red de distribución y del óptimo trazado de las mismas. La presión del agua en todos los emisores sea lo más parecida posible. (Playan, 2002).

El agua en su recorrido por la red va perdiendo presión debido al rozamiento, cambios bruscos de dirección, pasos por filtros, etc. A esta pérdida de carga se la

conoce como pérdida de carga. Lógicamente cuando el recorrido de la tubería de carga sea ascendente tendremos pérdida de presión y ganancia cuando sea descendiente. (Rocha, 2003).

### 2.11.1 CÁLCULOS DE LATERALES

Los laterales o porta-emisores son las tuberías que distribuyen el agua a las plantas por medio de los emisores acoplados a ellas. En su cálculo hay que aplicar el factor de Christiansen, ya que las salidas del agua están uniformemente espaciadas a lo largo de la tubería. En una sub-unidad de riego se admite una variación máxima de caudal entre los distintos emisores del 10 % del caudal medio. Con esta condición, las variaciones admisibles de presión vienen dadas por la fórmula:(Fuentes, 2000).

$$dH = \frac{0,1}{x} H \quad (02. 13)$$

dH =Variación máxima de la presión.

H =Presión de trabajo del emisor.

x = Exponente de descarga del emisor.

### 2.11.2 LONGITUD FICTICIA DEL LATERAL

$$L_f = Longitudreal + Longitudequivalente = 40 \times 40 \times 0.2 = 48 \text{ m} \quad (02. 14)$$

Se elige una tubería de polietileno de baja densidad y se comprueba si la perdida de carga está dentro de los límites admisibles. Elegimos la tubería normalizada de

diámetro exterior 16 mm (diámetro interior 13,2 mm y presión 2,5 atmosferas). (Megh y Goyal 2010).

### 2.11.3 CALCULO DE TUBERÍAS TERCIARIAS O PORTA LATERALES.

Las pérdidas de carga producidas en un lateral son menores del 55 % de las producidas en la subunidad, debido a que se toma un diámetro comercial que, por lo general, tiene una pérdida de carga inferior a la admitida. Por tanto, las pérdidas de carga admisibles en la terciaria serán igual a las perdidas admisibles en la subunidad menos las pérdidas reales producidas en un lateral, y vienen dadas por la fórmula:

$$h'a = \frac{0,1}{x} H - h \quad (02. 15)$$

$h'a$  = Perdidas de carga admisibles en la terciaria

$H$  = Presión de trabajo del emisor

$x$  = Exponente de descarga del emisor

$h$  = Perdida de carga real en un lateral

Este valor admisible de la perdida de carga debe ser, como máximo, igual a la perdida de carga que se produce en la terciaria.

$$h' = J + F \cdot Lf \quad (02. 16)$$

$h'$  = Perdida en la terciaria, en mca

$J$  = Perdida de carga unitaria, en mca/m lineal

$F$  = Factor de Christiansen

$Lf$  = Longitud ficticia, en m

La presión en el origen de la terciaria viene dado por la formula

$$P_o = P_o + 0,73 h, \pm \frac{Hg}{2} \quad (02. 17)$$

$P_o$  = Presión en el origen de la terciaria

$P_o$  = Presion en el origen del lateral

$h$  = Perdida de carga en la terciaria

$Hg$  = Desnivel geométrico entre los extremos de la terciaria (signo + cuando es ascendente y signo – cuando es descendente). (Megh y Goyal 2010).

#### 2.11.4 CAUDAL DEL RAMAL.

El cálculo del diámetro de un ramal se basa en la uniformidad conseguida en la descarga del agua. El número de laterales por el caudal del lateral (Grassi, 2000).

$$Q_r = NL * q_L \quad (02. 18)$$

$Q_r$  = caudal del ramal.

$NL$  = número de laterales.

$q_L$  = caudal del lateral.

#### 2.11.5 .CÁLCULO DE TUBERÍAS SECUNDARIAS

Las tuberías secundarias son aquellas de las que derivan la terciaria. Conociendo los caudales y fijando la velocidad se calcula el diámetro con ayuda del ábaco correspondiente. (Fuentes, 2000).

## III DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN.

Este trabajo se realizó entre los meses de Octubre del 2011 a Febrero 2012, en una superficie de 8821.32 m<sup>2</sup>. En el campus de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, MFL en el área experimental de cultivos convencionales de la Carrera de Agrícola, ubicado en el sitio El Limón del cantón Bolívar, provincia de Manabí, geográficamente localizada en las siguientes coordenadas 0° 49´ 27" Latitud Sur; y 80° 10´ 47" Longitud Oeste y una Altitud de 15 msnm.<sup>1/</sup>

### 3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS.

#### CLIMA.<sup>1/</sup>

Precipitación media anual.	838,7 mm.
Humedad relativa media.	78%.
Temperatura media anual.	25,6°C.
Heliofanía.	1158 Horas sol al año.
Evaporación.	1365,2 mm.

#### EDAFICOS.<sup>2/</sup>

Topografía.	Plana.
Drenaje.	Buena
Textura.	Franco Limoso
pH	6 a 7

---

<sup>1/</sup> Estación meteorológica de la Escuela superior politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM MFL) citada por Zambrano, E. (2011).

<sup>2/</sup> Vera, A. 2005 determinación de las curvas de resistencia del agua de los suelos agrícolas en el campus de la ESPAM- MFL.

### **3.3 METODOLOGÍA**

Para el diseño del sistema de riego por goteo para el cultivo de pimiento se realizó un levantamiento planimétrico utilizando el G.P.S, que permitió obtener datos reales y exactos mediante coordenadas programadas.

Se procedió a delinear en Auto CAD la superficie tomada con el equipo mencionado y se diseñó el sistema de riego por goteo determinando la cantidad de materiales y equipos a utilizar. Cabe indicar que no se realizó el levantamiento altimétrico, porque el terreno tiene una topografía plana.

#### **3.3.1 ANALISIS DE SUELO**

Para los análisis físicos se realizó una calicata o pozo agrologico de 1. 20 m de profundidad 1 m de ancho y 1.20 m de largo en el cual se tomaron muestras de las diferentes capas y llevadas al laboratorio de suelo de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López en la cual se determinaron los siguientes parámetros:

- Densidad Aparente: Método de la hoja lata
- Capacidad de Campo del Suelo Seco: Método de pelee.
- Humedad en el Punto de Marchitamiento: Método Formula de Bridges
- Textura: Método del pipeteo o Robinson.

### 3.4 DISEÑO AGRONÓMICO

#### 3.4.1 DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA ( $ET_o$ .)

La  $ET_o$  se la determinó mediante el método de la Cubeta Evaporimétrica que se basó en relacionar la evaporación del agua de la cubeta con la evapotranspiración del cultivo de referencia mediante la siguiente formula:

$$ET_o = K_p * E_p$$

$ET_o$  = Evaporación del cultivo de referencia, expresada en mm por día.

$K_p$  = Coeficiente de la cubeta de la clase A,

$E_p$  = Evaporación de la cubeta, expresada en mm por día

#### 3.4.2 CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO ( $ET_c$ .)

Se la calculó por medio de la siguiente formula:

$$ET(cultivo) = ET_o * K_c$$

$ET(cultivo)$  = Evapotranspiración del cultivo o real, expresada en mm.

$ET_o$  = Evaporación del cultivo de referencia, expresada en mm por día.

$K_c$  = Coeficiente del cultivo.

### 3.4.3 DÍAS DE SIEMBRA Y CICLO DEL CULTIVO DEL PIMIENTO.

120 días considerados desde el momento de la siembra.

<b>ETAPAS DEL CULTIVO</b>	
I	25 Días.
II	35 Días.
III	40 Días.
IV	20 Días.

### 3.4.4 PRECIPITACIÓN EFECTIVA.

Cuando P es superior a 75 mm, la precipitación efectiva (Pe) se puede calcular mediante la fórmula:

Pe= precipitación efectiva.

P=precipitación.

$$Pe = 0.8P - 25$$

Cuando P es inferior a 75 mm, se aplica la fórmula:

$$Pe = 0.6 P - 10$$

### 3.4.5 NECESIDADES DIARIAS.

$$ND = \frac{\text{N mensuales}}{\text{\# dias mes}}$$

### 3.4.6 FÓRMULA UTILIZADA PARA CALCULAR AGUA DISPONIBLE.

Ad=agua disponible

Cc=capacidad campo

Pm=punto marchitez

$$Ad = Cc - Pm$$

### 3.4.7 RESERVA DE AGUA DISPONIBLE.

Ra=reserva agua

Ad=agua disponible

Pr=profundidad raices

$$Ra = Ad * P. raices$$

### 3.4.8 RESERVA DE AGUA FÁCILMENTE DISPONIBLE.

R. Fd = reserva agua facilmente disponible

Rad=reserva de agua disponible

$$R. Fd = Rad * F. a$$

### 3.4.9 INTERVALOS DE RIEGO.

$$Ir = \frac{\text{reserva facilmente disponible}}{\text{Et(cultivo)diario}}$$

### 3.4.10 DOSIS NETA AJUSTADA.

$$Dn \text{ Ajustado} = Et * \text{intervalo}$$

### 3.4.11 DOSIS TOTAL AJUSTADA.

$$Dta = \frac{Dn}{Ef.riego}$$

### 3.4.12 TIEMPOS DE RIEGO.

$$Tr = \frac{60 \text{ min} * \text{necesidadHidrica}}{Qdegotos /planta}$$

### 3.4.13 CAUDALES NECESARIOS

$$Q = 10 * \frac{\# \text{ de lineas} * Dt}{Dias * Ir}$$

## 3.5 DISEÑO HIDRÁULICO

El diseño hidráulico de fórmula generalizada se lo calculó de acuerdo a las conducciones del sistema de riego a presión para goteo.

Según Fuentes (2000), El diseño hidráulico de fórmula generalizada es el cálculo de las conducciones de sistemas de riegos a presión, haciendo uso de las fórmulas de Blasius.

Para determinar la longitud de las mangueras se calculó una media de todas las líneas instaladas en el sistema de riego por goteo, que proporcionó como resultado 36 metros de longitud.

### 3.5.1 DIÁMETRO DEL CAUDAL

$$Q = n \cdot q$$

Q = Caudal en el origen, en litros/seg.

n = Número de emisores de lateral.

q = Caudal medio del emisor, en litros/seg.

### 3.5.2 LONGITUD FICTICIA.

$$L_f = L + (N_g * L_e)$$

L<sub>f</sub> = Longitud ficticia, en m.

L = Longitud real, en m.

N<sub>g</sub> = Número de emisores (goteros) del lateral.

L<sub>e</sub> = Longitud equivalente del emisor, en m.

### 3.5.3 CARGA REAL

$$h = \frac{0.496 * Q^{1.75} * F_c * L_f}{D^{4.25}}$$

h = Pérdida de carga en el lateral, en mca.

Q = Caudal en litros/hora.

D = Diámetro de la tubería comercial elegida, en mm.

F<sub>c</sub> = Factor Christiansen.

L<sub>f</sub> = Longitud ficticia.

### 3.5.4 PRESIÓN NECESARIA EN EL ORIGEN DEL LATERAL.

$$P_o = P_m + 0.73 * h + H_g/2$$

P<sub>o</sub> = Presión en el origen del lateral.

P<sub>m</sub> = Presión media en el lateral gotero.

h = Pérdida de carga en el lateral.

H<sub>g</sub> = Desnivel geométrico entre los extremos del lateral.

De una conducción terciaria o porta cintas se derivaron 62 y 58 cintas de goteo de las características del ejemplo anterior, la separación del lateral fue de un metro y la distribución del primer lateral a la secundaria un metro. El origen de la secundaria está en una cota de catorce (14) metros y el final a una cota de 14.50 metros.

### 3.5.5 CAUDAL DEL PORTA MANGUERAS O TERCIARIA.

$$Q = n \cdot q$$

Q = Caudal en el origen, en litros/seg.

n = Numero de emisores de lateral.

q = Caudal medio del emisor, en litros/seg.

### 3.5.6 LONGITUD REAL.

$$L = n \cdot Le + do$$

L = Longitud Real.

n = Numero de goteros emisor.

Le = Longitud equivalente.

do = Diámetro de origen.

### 3.5.7 LONGITUD FICTICIA

$$Lf = a \cdot l$$

$$Lf = 1.20 \cdot L$$

a varia de 1.05 a 1.20

### 3.5.8 PERDIDA DE CARGA ADMISIBLE EN LA TERCIARIA.

$$h_a = \frac{0.1}{x} * H - h$$

Ha = Perdidas de cargas admisibles en la terciaria.

H = presión de trabajo del emisor.

x = Exponente de descarga del emisor.

h = Perdida de carga real en el lateral (se toma el lateral de mayor pérdida de carga).

### 3.5.9 CÁLCULO DEL DIÁMETRO.

$$D = \left( \frac{0.496 * Q^{1.75} * F * L_f}{0.055 * h} \right)^{1/4.75}$$

D = Diámetro de la terciaria en m.

Q = Caudal en litros/hora.

Lf = Longitud ficticia, en m.

h.a = Perdidas de carga admisibles.

Se eligió la tubería P.V.C de diámetro interior de 47.4 y diámetro nominal o comercial de 50 mm.

### 3.5.10 PERDIDA DE CARGA PRODUCIDA EN LA TERCIARIA.

$$h = \frac{0.49 * Q^{1.75} * F * L_f}{D^{4.75}}$$

### 3.5.11 PRESIÓN DE ORIGEN EN LA TERCIARIA

$P_o'$  = presión de origen

$h^1$ =perdida de carga

$H_g$ =diferencia de altura

$$P_o' = P_o + 0.73 * h * \frac{H_g}{2}$$

### 3.5.12 VELOCIDAD.

$V$ = velocidad

$D$ =diámetro

$Q$ =caudal

$$V = \frac{4 Q_t}{3.1416 (D^2)}$$

### 3.5.13 DIÁMETRO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN O PRIMARIA.

$D$ =diámetro

$Q$ =caudal

$V$ =velocidad

$$D = 0.5947 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

Se fijó una tubería de P.V.C de diámetro interior de 60.4mm y de diámetro exterior comercial de 63mm.

### 3.5.14 LONGITUD FICTICIA DEL TRAMO.

$$L_f = 1.20 * L$$

### 3.5.15 PERDIDA DE CARGA.

$$h = \frac{0.496 * Q^{1.75} * Lf}{D^{4.75}}$$

### 3.5.16 PRESIÓN NECESARIA EN EL ORIGEN.

**Po = presión en el origen**

h= pérdida de carga.

$$Po = Pro + h$$

## 3.6 PASOS PARA LA INSTALACIÓN.

### 3.6.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Se procedió al levantamiento topográfico con el G.P.S. el cual dio los ejes puntuales del terreno para dibujarlo en auto cat, conociendo que el área neta del sistema a implementar fue de 8821.32 m<sup>2</sup>, teniendo estos datos se continuo a la instalación conociendo en si los materiales a utilizar.

### 3.6.2 EXCAVACIÓN.

Cumplido el diseño hidráulico se ajusto al croquis y se trasladó al campo o área a instalar, se escavó la zanja en la mitad del terreno en dimensiones de 0,80 m. de

ancho por 0,60 m. de profundidad teniendo en cuenta que la misma no se profundizara mucho.

### **3.6.3 INSTALACIÓN DE TUBERIAS.**

Los tubos de marca Pacífico fueron de 50 mm. X 1, 3 mm. X 0,63 MPA/6 amt. Se acopló a una tubería primaria a la toma del sistema carrizal que es 75 mm, a una reducción de 60 mm para la secundaria y 50 mm para los portas mangueras, siguiendo los cálculos del diseño hidráulico.

### **3.6.4 INSTALACIÓN DEL CABEZAL DE RIEGO**

Se utilizó un filtro de malla de dos pulgadas de salida, para las impurezas existentes en el sistema carrizal, 2 reguladores de presión de dos pulgadas de diferentes ajustes para controlar diferentes presiones teniendo en cuenta que el mismo podrá servir como automatizador.

### **3.6.5 INSTALACIÓN DE CHUPONES**

Una vez ubicada la tubería en el terreno, se procedió a taladrar la misma con distanciamiento de 1 m entre líneas escogido por la distancia que se utiliza entre hileras en el cultivo de pimiento. Cada chupón mide 0.80 m de largo para su mejor manejo, el cual esta provista de una llave de paso para poder utilizar las líneas de riego según los cálculos establecidos.

### **3.6.6 INSTALACIÓN DE LAS MANGUERAS DE RIEGO**

Las mangueras se colocaron con el gotero hacia arriba para evitar el taponamiento de estas, las cuales se aseguran con la llave y al final de ésta se asevera envolviendo en una estaca.

## IV RESULTADOS

Una vez realizado el diseño agronómico al cultivo de pimiento en toda su etapa fenológica, que lo constituye un área de 0.8821 Ha, se consideraron varios parámetros para sus cálculos:

Propiedades físicas del suelo del lote donde se desarrollo el cultivo. Fueron determinadas por análisis en el laboratorio arrojando como resultado un suelo de clase textural Franco Areno Arcilloso, con una densidad aparente que varia entre 1.32 a 1.50 gr/cm<sup>3</sup>, y con una capacidad de campo que va de 19 a 22%.

Los datos necesarios para realizar los demás cálculos del diseño agronómico fueron tomados de la estación meteorológica de la ESPAM – MFL, estos fueron considerados por un periodo de un año antes de la fecha de inicio del diseño e implementación del sistema de riego. (Anexo 1)

Las Necesidades diarias del cultivo en todas sus etapas calculada para los 120 días considerándolo después de su trasplante fluctúan entre 1,05 mm a 2.27 mm diarios. (Anexo1)

La reserva de agua fácilmente disponible considerando las propiedades físicas del suelo y la profundidad de las raíces del cultivo es de 1.62 mm.

Para determinar el balance hídrico del cultivo se consideraron la Precipitación Efectiva en los meses calculados, para las etapas de Octubre y Noviembre no se

Considerara la precipitación por cuanto no influye en la aportación de agua al cultivo según los cálculos realizados, en el mes de diciembre no se realizara riego por cuanto las precipitaciones cumplen con el requerimiento hídrico del cultivo.

Los Intervalos de riego para el cultivo de pimiento según las etapas y meses calculados serán de 1.5 días. El método de riego implementado es el de goteo ya que se consideró la eficiencia de aplicación del agua del mismo que es del 90%, por cuanto se ajusta a las necesidades diarias de aplicación del agua. (Anexo 1)

Considerando los cálculos agronómicos se determinó el tiempo de riego para el cultivo de pimiento en sus etapas, el cual fluctúa entre 46.86 min y 51.40 min. El caudal necesario para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de pimiento en toda su etapa fenológica, es de 23.424 m<sup>3</sup> de riego.

El Diseño Hidráulico para el cultivo de pimiento el cual posee un área de 0.8821 Ha, por la des uniformidad del área las mangueras de riego no tienen la misma longitud.

El caudal de la longitud de la manguera de pared fina por el distanciamiento de los goteros fue de 189 L/h, teniendo este una pérdida de carga real 0.226 mca y la presión necesaria en ese origen del lateral fue de 18.214 mca que en psi nos da una presión de 14.52.

La conducción secundaria donde se derivó 62 y 58 mangueras de pared fina con una separación de lateral de 1 metro y la distribución del primer lateral a la secundaria de igual condición. El resultado del caudal de la terciaria o porta

gotero fue de 11718 L/h siendo su diámetro de 47.20 mm con una pérdida de carga de 1.996 mca.

La tubería terciaria o porta laterales necesitan un caudal en el origen de 11718 L/h, la longitud real es de 62 m siendo la longitud ficticia calculada 74.4 m. La pérdida de carga admisible es 1.996 mca. El diámetro interior de la tubería fue 47.20 mm y la exterior nominal o comercial de 50 mm, la pérdida de carga de 1.95 mca y la presión necesaria en el origen de la terciaria es de 11.85 mca o 16.905 psi.

Los costos incurridos en la compra de materiales, en el diseño e implementación del sistema de riego por goteo para el cultivo de Pimiento es de \$ 2519.92 incluida la mano de obra como el porcentaje de imprevistos.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Cada vez que se fuera a establecer un ciclo de cultivo debemos considerar la época del año y sus variables climatológicas para así obtener datos precisos estadísticos para el buen balance hídrico del mismo.
- Para conseguir un riego uniforme en el área de cultivo y abastecer a las plantas con las cantidades necesarias de agua, regar solo con 62 mangueras abiertas por lateral o módulo.
- El método de riego por goteo reducirá los inconvenientes fúngicos, propagación de rastrojales, hospederos de plagas y enfermedades para las plantas y así también los costos.
- La tubería de conducción primaria instalada fue de 63 mm de diámetro lo cual se constituye como base para la implementación de otro sistema de riego de goteo de parecidas características hidráulicas.
- La presión que se debe tener en cuenta en el origen de la secundaria del lateral A-B es de 11.88 mca o 16.905 psi, para un correcto funcionamiento de los goteros.
- La velocidad mínima se debe fijar en 0.5 m/seg, para evitar la sedimentación de las partículas en suspensión, la máxima deberá oscilar

entre 2.5 y 3 m/seg para evitar problemas de sobrepresiones y depresiones (golpe de ariete).

- Los costos incurridos en la implementación del sistema de riego por goteo son justificados por el ahorro de la mano de obra en la ejecución de algunas prácticas, (control de malezas, plagas, riego y fertilización), en el cultivo.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Evaluar anualmente el funcionamiento del sistema de riego implementado, para no tener inconvenientes en la distribución del agua en los posteriores cultivos.
- Efectuar mantenimientos a las mangueras de riego ya que estas son vulnerables por el mal uso de las herramientas en las labores de la superficie donde se encuentra el sistema de riego.
- Guardar las mangueras de riego después de cada cosecha para que no se deterioren por el uso de herramientas agrícolas y además limpiar el filtro semanalmente ya que este acumula impurezas del sistema de riego Carrizal – Chone.
- Seguir las disposiciones del uso del sistema de riego por goteo tanto en la parte estratégica como en las especificaciones de los cálculos agronómicos, y así prolongar la vida útil del sistema de riego.
- Trabajar con la presión del origen de la secundaria, siendo esta la requerida para el normal funcionamiento sistema de riego.
- Realizar investigaciones en láminas y frecuencias de riego en los diferentes cultivos hortícolas que se producen en la zona.

- Automatizar los sistemas de riego implementados en las áreas de producción de la Carrera de Agrícola de la ESPAM - MFL.

## BIBLIOGRAFÍA

- Armoni, S. 2002. Riego por goteo y Microjet. Facultad de Ingeniería agrícola universidad de concepción. Primera edición Madrid España.
- Barrera, L. 1990. Riegos y Drenajes. Ed. Usta. Colombia, p.299-301.
- Belda, J. y Alcázar. M. 2002. Producción integrada en cultivo de pimiento (En línea). Consultado 01-06-2011. Formato html. Disponible en <http://www.eumedia.es/articulos/vr/hortofrut/144pimiento>.
- Berlín, A. 1997. Riego y drenaje. Manual para educación agropecuaria. Editorial trillas. México. p. 9 - 13 – 41
- Berenjena, J. 2000. Necesidades de agua y programación de riego. Ed. IRYDA. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid – España.
- Construmática 2011. Densidad Aparente. (En línea). Contrupedia, enciclopedia construcción. Consultado 2011-14-06. Formato html. Disponible en [http://www.construmatica.com/construpedia/Densidad\\_Aparente](http://www.construmatica.com/construpedia/Densidad_Aparente).
- Claude, H. 1993. Irrigation, 5th Edition, Pair, editor, published by the Irrigation Association.
- Ducroq, M. 1990. Sistemas de irrigación. Guías de agricultura y ganadería. Ediciones CEAC, S.A. Barcelona. España.
- Edafología. 2011. Lección 3. Constituyentes del suelo. El agua y los gases (En línea). Consultado 2011-14-06. Formato html. Disponible en <http://www.edafologia.ugr.es/introeda/tema03/tema>.
- Fernández, J. 2000, Enciclopedia práctica de la agricultura y ganadería. Hortalizas aprovechadas por sus frutos. Pimiento. Edición océano, S.A. Barcelona. España. p. 634.

Fuentes, J. 2000. Técnicas de Riego. Cuarta edición. Ministerio de Agricultura y Pesca. España ed. por Mundi-prensa. . p 235-279.

\_\_\_\_\_. 2003. Tácticas de Riego. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid. España. p 256-258.

\_\_\_\_\_. 2003. Técnicas de Riego. 4ta Edición – Edición Mundi Prensa Colección – Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación Madrid.

\_\_\_\_\_. 2010. Tuberías de riego. (En línea). Consultado 2011-10-15. Formato html. Disponible en <http://monografias.com/trabajos6/tube/tube>.

Grassi, C. 2000. Fundamentos del Riego. Serie de Riego y Drenaje-38. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT). Merida. Venezuela. p.21.

Gurovich, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. Levantex. San José, Costa Rica.p211-214.

INIAP (Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias, Ec). 1996. Recomendaciones generales para la producción de maíz. Condiciones de Manabí. Boletín divulgativo plegable 182 p 4.

INFOAGRO (Información Técnica Agrícola). 2003. El cultivo del pimiento. (En línea). Consultado: 10 de Diciembre del 2009. Formato html Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento>.

Janet, K. 1990. El Agua en el suelo. Agricultura de las Américas, 2da edición editorial. Acribia. España.p146-150.

Losada, A. 2000. El Riego fundamento hidráulico. 3ª edición. Universidad Politécnica de Madrid Ministerio de agricultura alimentación y pesca Madrid. España.

\_\_\_\_\_, A. 2002. El Riego fundamento de su hidrología y su práctica. 4ª edición. Catedrático de Ingeniería Hidráulica. Ministerio de agricultura alimentación y pesca Madrid. España.p268-271.

- Martelloto, E. 2004. El sitio agrícola resultado en pimiento con riego 3<sup>a</sup> edición. Suplementación en siembra directa continúa. Ministerio de agricultura en Madrid. España.
- Medranda, D; Loo R. 2011. Capacitación en riego para estudiantes de ingeniería agrícola y profesionales de la provincia de Manabí. Tesis. Ing. Agrícola. U.T.M. Portoviejo-Manabi.EC.
- Megh, R. Goyal, L. 2000. Manejo de Riego Por Goteo. Dr. Ingeniería Agrícola y Biomédica, primera edición, Universidad de Puerto Rico- Recinto de Mayagüez, P.
- \_\_\_\_\_. 2010. Manejo de Riego Por Goteo” Profesor en Ingeniería Agrícola y Biomédica, Universidad de Puerto Rico- Recinto de Mayagüez, P.O. box 5984, Mayagüez.
- Montero, J. 2010. Análisis de la Distribución de Agua en los sistemas de riego por aspersión y goteo. Desarrollo del módulo de simulación de riegos. (Sirias).
- Moya, J. 2000. Riego localizado y Fertirrigación. 3<sup>a</sup> edición. Ministerio de agricultura alimentación y pesca Madrid. España.p.323-327.
- Pizarro, F. 1996. Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF). Goteo, Micro aspersión. Ediciones Mundi Prensa. Tercera Edición. Madrid. España.p.59-60.
- Pannunzio, A. 2003 .Evaluación económica de sistemas de riego localizado en naranja Washington navel.vii congreso argentino de ingeniería.
- Playan, E. 2002. Riego por superficie conceptos básicos. Ed. IRYDA. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid. España. p.311-317.
- Rodríguez, F. 2001. Cultivo moderno del pimiento. Grupo mundi prensa libro sa. Segunda edición. Madrid. Barcelona. p 14 – 15.
- Rocha, A. 2003. Los modelos como herramienta valiosa para el diseño Hidráulico. Primera edición.
- Scribd, C. 2008. Capacidad de campo. (En línea). Consultado 2010-17-06. Disponible en <http://www.scribd.com/doc/.../Capacidad-de-Campo>.

Sica (Servicio de Información Agropecuaria). 2009. Estudio potencial agroindustrial y exportador de la península de Santa Elena y de los recursos necesarios para su implantación. (s/f). (En línea). Consultado, 9 de junio. Dirección URL. Disponible en [http://www.sica.gov.ec/agronegocios/est\\_peni](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/est_peni).

SwissContact 2011. Fundación Suiza para la Cooperación Técnica/Creamos oportunidades-ECUADOR., (En línea). Consultado, 2011-08-05 Disponible en [http://\(www.swisscontact.org.ec/site/swiss/index.php?navid=6...1\)SWISSCONTA](http://(www.swisscontact.org.ec/site/swiss/index.php?navid=6...1)SWISSCONTA).

Torres, C. 2001. Enciclopedia terranova tomo 2 segunda edición p 7-18

Valverde, J. 2007. Riego y Drenaje. Universidad Estatal A Distancia. San José, Costa Rica.

Vara, A. 2010. Problemática del Agua en el Ecuador, (En línea). Consultado 2010-08-04, y 2011-07-03. Formato html Disponible en <http://www.laruta.nu/es/articulos/problematika-del-agua-en-ecuador>

Vera, A. 2005. Determinación de las curvas de retención de agua de los suelos agrícolas en el campus de la Escuela Superior Politécnica de Manabí. Tesis de grado para Ing. Agrícola. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Calceta. p. 42.

Wikipedia, 2009. Riego. La enciclopedia libre. (En línea). Consultado, 2011-28-05. Dirección URL. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Riego>.

\_\_\_\_\_.2010. El Riego por Goteo. (En línea). Consultado 30 /08/2010.Y 2011-03-06. Disponible en [http:// wikipedia.org/wiki/Riegopor\\_goteo](http://wikipedia.org/wiki/Riegopor_goteo).

\_\_\_\_\_.2011. Punto\_de\_Marchitez. (En línea). Consultado 2011-11-06 Disponible en [http://www.es.wikipedia.org/wiki/Punto\\_de\\_marchitez\\_permanente](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Punto_de_marchitez_permanente).

\_\_\_\_\_.2011. Sistema Riego Carrizal Chone, (En línea). Consultado, 2011-08-05 la enciclopedia libre. Disponible en [http://www.es.wikipedia.org/wiki/Bolívar\\_\(cantón\)\)](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Bolívar_(cantón))) Bolívar (cantón).

\_\_\_\_\_. 2011. Textura del Suelo-Wikipedia, (En línea). Consultado, 2011-14-06 la enciclopedia libre. Disponible en [http://www.es.wikipedia.org/wiki/Textura\\_del\\_suelo](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Textura_del_suelo)).

# **ANEXOS**

## **ANEXO # 1**

# **DISEÑO AGRONÓMICO**

## CÁLCULOS DETALLADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS AGRONÓMICOS PARA EL CULTIVO DE PIMIENTO.

Determinación de los coeficientes de cultivo en cada una de las cuatro etapas del cultivo de pimiento, cuya duración del período vegetativo es de 120 días. El mismo se sembró el día 7 de octubre del 2011.

Ciclo del Cultivo: 120 días considerado después del Trasplante del cultivo en el Campo.

Etapas del Cultivo:

Etapas	Duración Días	kc
Primera Etapa * I	25 Días	kc = 0,35
Segunda Etapa* II	35 Días	kc = 0,70
Tercera Etapa * III	40 Días	kc = 1,05
Cuarta Etapa * IIII	20 Días	kc = 0,90

## CÁLCULOS DE LA ETO MENSUAL Y DIARIO

La  $k_p$  o coeficiente de la cubeta se determina por la velocidad del viento expresado en km/h y la distancia de la estación al área del cultivo en este caso 300 m, durante las 24 horas.

$$Eto = Kp * Ep$$

$$Eto \text{ Octubre} = 0,85 \times \frac{154,2}{31} = 4,22 \text{ mm día//}$$

$$131,07 \text{ mm mes//}$$

$$Eto \text{ Noviembre} = 0,85 \times \frac{119,5}{30} = 3,39 \text{ mm día//}$$

$$101,58 \text{ mm mes//}$$

$$Eto \text{ Diciembre} = 0,85 \times \frac{87,8}{31} = 2,407 \text{ mm día//}$$

$$74,63 \text{ mm mes//}$$

$$Eto \text{ Enero} = 0,85 \times \frac{103,2}{31} = 2,83 \text{ mm día//}$$

$$87,72 \text{ mm mes//}$$

$$Eto \text{ Febrero} = 0,85 \times \frac{122,6}{28} = 3,721 \text{ mm día//}$$

$$104,21 \text{ mm mes//}$$

### CÁLCULO ET DE LAS NECESIDADES DE AGUA PARA EL PIMIENTO

Fecha	Duración	Eto media	Kc	Et del cultivo mm/día
Octubre 07 2011 31 2011	25 Días I Etapa	4.22	0.35	1.48
Noviembre 01 2011 30 2011	30 Días II Etapa	3.26	0.70	2.28
Diciembre. 01 2011 05 2011	5 Días	2.41	0.70	1.69
Diciembre 06 2011 31 2011	26 Días III Etapa	2.41	1.05	2.53
Enero 01 2012 14 2012	14 Días	2.83	1.05	2.97
Enero 15 2012 31 2012	17 Días	2.83	0.90	2.55
Febrero 01 2012 03 2012	3 Días IV Etapa	3.36	0.90	3.02

### CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA DURANTE TODO EL PERIODO VEGETATIVO

Fecha	Duración Días	Necesidades Diarias mm/ día	Necesidades Por Periodo mm	Necesidades Por Mes
Octubre 07 2011 31 2011	25 Días I Etapa	1.48	37.00	Octubre 37.00
Noviembre 01 2011 30 2011	30 Días II Etapa	2.28	68.00	Noviembre 68.00
Diciembre. 01 2011 05 2011	5 Días	1.69	8.45	Diciembre 74.23
Diciembre 06 2011 31 2011	26 Días III Etapa	2.53	65.78	Enero 84.93
Enero 01 2012 14 2012	14 Días	2.97	41.58	84.93
Enero 15 2012 31 2012	17 Días	2.55	43.35	Febrero 9.06
Febrero 01 2012 03 2012	3 Días IV Etapa	3.02	9.06	9.06

## CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN EFECTIVA.

Cuando P es superior a 75 mm, la precipitación efectiva (Pe) se puede calcular mediante la fórmula:

$$Pe = 0.8P - 25$$

Cuando P es inferior a 75mm, se aplica la fórmula:

$$Pe = 0.6 P - 10$$

En el mes de Octubre:

$$Pe = 0,6 (0,7) - 10$$

$$Pe = -9,5\text{mm}$$

En el mes de Noviembre:

$$Pe = 0,6 (3,6) - 10$$

$$Pe = -7,84\text{mm}$$

En el mes de Diciembre:

$$Pe = 0.8 (268,2) - 25$$

$$Pe = 189,56\text{mm.}$$

En el mes de Enero:

$$Pe = 0,8 (93.6) - 25$$

$$Pe = 49,88\text{mm}$$

En el mes de Febrero

$$Pe = 0,8 (100.2) - 25$$

$$Pe = 55,16\text{mm} \div 28$$

$$Pe = 1,97 \frac{\text{mm}}{\text{dia}} * 3 \text{ dias} = 5,91\text{mm}$$

Balance hídrico del cultivo considerando la aportación de agua al cultivo mediante la precipitación. Estos datos fueron tomados de la Estación Meteorológica de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. ESPAM - MFL.

### CÁLCULO DE LAS NECESIDADES MENSUALES EFECTIVA

$N_{efm} = \text{necesidades mes cultivo} - \text{precipitación efectiva}$

$$N_{efm} = 74,23 \text{ mm} - 189 \text{ mm} = -114,6 \text{ mm}$$

$$N_{efm} = 84,93 \text{ mm} - 49,88 \text{ mm} = 35,05 \text{ mm}$$

$$N_{efm} = 9,06 \text{ mm} - 5,91 \text{ mm} = 3,15 \text{ mm}$$

### CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DIARIAS

$$ND = \frac{\text{N mensuales}}{\text{\# días mes}}$$

$$\text{Octubre} = \frac{37,00 \text{ mm}}{25 \text{ Días}} = 1,48 \text{ mm/días.}$$

$$\text{Noviembre} = \frac{68,00 \text{ mm}}{30 \text{ Días}} = 2,27 \text{ mm/días.}$$

$$\text{Enero} = \frac{35,05 \text{ mm}}{31 \text{ Días}} = 1,130 \text{ mm/días.}$$

$$\text{Febrero} = \frac{3,15 \text{ mm}}{3 \text{ Días}} = 1,05 \text{ mm/días.}$$

Para el mes de Octubre y Noviembre no se considera la precipitación por cuanto no influye en la aportación de agua en el cultivo según el cálculo realizado para considerar la precipitación efectiva.

Para el mes de Diciembre no se realizará riego por cuanto las precipitaciones cumplen con el requerimiento hídrico del cultivo.

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS DATOS DEL ANÁLISIS DE SUELO**

$$C_c = 22 \text{ mm}$$

$$P_m = 13 \text{ mm}$$

#### **Fracción de agotamiento del agua disponible para los cultivos**

$$F. a = 0.30$$

#### **Profundidad efectiva del sistema radical de algunos cultivos.**

$$P. \text{ raices} = 0.60 \text{ m}$$

#### **Agua disponible.**

$$A_d = C_c - P_m$$

$$A_d = 22 \text{ mm} - 13 \text{ mm}$$

$$A_d = 9 \text{ mm}$$

#### **Reserva de agua disponible.**

$$R_a = A_d * P. \text{ raices}$$

$$R_a = 9 \text{ mm} * 0.60 \text{ m}$$

$$R_a = 5,4 \text{ mm.}$$

**Reserva fácilmente disponible.**

$$R. Fd = Rad * F. a$$

$$R. Fd = 5,4 \text{ mm} * 0.30$$

$$R. Fd = 1,62 \text{ mm}$$

**INTERVALOS DE RIEGO.**

$$Ir = \frac{\text{reserva facilmente disponible}}{\text{Et(cultivo)diario}}$$

$$Ir = \text{OCTUBRE I} = \frac{1,62 \text{ mm}}{1,48} = 1,09 = 1 \text{ Dia}$$

$$Ir = \text{NOVIEMBRE II} = \frac{1,62 \text{ mm}}{2,28} = 0,71 = 0,5 \text{ Dias}$$

$$Ir = \text{ENERO III} = \frac{1,62 \text{ mm}}{1,13} = 1,433 = 1,5 \text{ Dias}$$

$$Ir = \text{ENERO IV} = \frac{1,62 \text{ mm}}{1,13} = 1,433 = 1,5 \text{ Dias}$$

$$Ir = \text{FEBRERO IV} = \frac{1,62 \text{ mm}}{1,05} = 1,542 = 1 \text{ Dias}$$

## DOSIS NETA AJUSTADA

Dn Ajustado = Et \* intervalo

Dn Ajustado de Octubre I = 1,48 mm \* 1 = 1,48 mm

Dn Ajustado de Noviembre II = 2,28 mm \* 0,71 = 1,62 mm

Dn Ajustado de Enero III = 1,13 mm \* 1,433 = 1,619 mm

Dn Ajustado de Enero IV = 1,13 mm \* 1,433 = 1,619 mm

Dn Ajustado de Febrero V = 1,13 mm \* 1,542 = 1,618 mm

**Eficiencia del método de riego = 0,90 riego por superficie**

Dt Ajustado de Oct I =  $\frac{1.48}{0.90} = 1.64$  mm.

Dt Ajustado de Nov II =  $\frac{1.62}{0.90} = 1.798$  mm.

Dt Ajustado de Ene III =  $\frac{1.619}{0.90} = 1.799$  mm.

Dt Ajustado de Ene IV =  $\frac{1.619}{0.90} = 1.799$  mm.

Dt Ajustado de Feb V =  $\frac{1.618}{0.90} = 1.798$  mm.

## TIEMPOS DE RIEGO.

Primera Etapa el cultivo necesita 1,64 mm.

Cada gotero emite 1,05 l/h

Cada planta de Pimiento es alimentada por 2 goteros.

Octubre I Etapa, el cultivo necesita 1.64 mm.

60 minutos ----- 2,10 L/H.

X ----- 1,64mm

X = 46,86 minutos.

Noviembre II Etapa, el cultivo necesita 2,53 mm.

60 minutos ----- 2,10 L/H.

X ----- 2,53mm

X = 72,29 minutos.

Enero III Etapa, el cultivo necesita 1,799mm.

60 minutos ----- 2,10 L/H.

X ----- 1,799 mm

X = 51,40 minutos.

Enero IV Etapa, el cultivo necesita 1,799 mm.

60 minutos ----- 2.10 L/H.

X ----- 1,799 mm

X = 51,40 minutos.

Febrero V Etapa, el cultivo necesita 1,798 mm.

60 minutos ----- 2.10 L/H.

X ----- 1,798mm

X = 51,40 minutos.

Los tiempos de riego van a depender de las condiciones climáticas y las etapas fisiológicas del cultivo.

Para calcular las cantidades necesarias tomamos el siguiente procedimiento.

Tenemos 62 líneas del módulo calculado a regar, por 36 metros lineales.

$62 * 36 \text{ m} = 2232/10000 = 0,223 \text{ ha}$ .

## CAUDALES NECESARIOS POR TURNO DE RIEGO

Octubre I Etapa.

$$Q = 10 * \frac{\# \text{ de líneas} * Dt}{\text{Días} * Ir}$$

$$Q = 10 * \frac{0.223 \text{ ha} * 1.64 \text{ mm}}{1 * 0.781} = 4.682 \text{ m}^3/\text{h}$$

Substituyo de unidades.

60 minutos ----- 1 H.

46.86 min ----- X

X = 0.781 Horas

Noviembre II Etapa.

$$Q = 10 * \frac{0.223ha * 2.53 mm}{0.5 * 1.204} = 9.37 m^3/h$$

Reemplazo de unidades.

60 minutos ----- 1 H.

72.29 min ----- X

$$X = 1.204 \text{ Horas}$$

Enero III Etapa.

$$Q = 10 * \frac{0.223 ha * 1.799 mm}{1.5 * 0.856} = 3.124 m^3/h$$

Reemplazo de unidades.

60 minutos ----- 1 H.

51.40min ----- X

$$X = 0.856 \text{ Horas}$$

EneroIV Etapa.

$$Q = 10 * \frac{0.223 ha * 1.799mm}{1.5 * 0.856} = 3.124 m^3/h$$

Reemplazo de unidades.

60 minutos ----- 1 H.

51.40 min ----- X

$$X = 0.856 \text{ Horas}$$

Febrero IV Etapa.

$$Q = 10 * \frac{0.223 \text{ ha} * 1.799 \text{ mm}}{1.5 * 0.856} = 3.124 \text{ m}^3/\text{h}$$

Reemplazo de unidades.

60 minutos ----- 1 H.

51.40 min ----- X

$$X = 0.856 \text{ Horas}$$



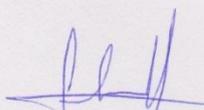
# ESPAM MFL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
"MANUEL FÉLIX LÓPEZ"

Ley 99 - 25 R.O. 181 - 30 - 04 - 1999  
CALCETA - ECUADOR

ESTACIÓN  
METEOROLOGICA  
ESPAM-MFL

MESES	HR%	T.MAXIMA°C	T. MINIMA	T.AMBIENTE	EVAPORACION	PRECIPITACION	HORAS SOL	VELOCIDAD VIENTO
sep-10	80	29,6	21,3	24,6	135,7	1,5	70,4	1,8
oct-10	79	29,7	20,8	24,3	154,2	0,7	95,8	1,7
nov-10	80	29	20,6	24	119,5	3,6	59	1,7
dic-10	84	28,4	21,6	24,5	87,8	268,2	43,6	1,6
ene-11	86	29,5	22,5	25,2	103,2	102,6	55,5	1,7
feb-11	84	30,4	22,4	25,9	122,6	98,3	112	1,4
mar-11	81	31,9	21,9	26,4	165,4	54,4	171,9	1,4
abr-11	84	28,3	22,4	26	119,3	210,2	148	1,3
may-11	82	31,6	21,5	26,2	142,9	1,9	128,7	1,4
jun-11	83	30,5	22,2	25,9	119,4	10,9	71,6	1,3
jul-11	81	30,3	21,4	25,6	127,9	9,3	74,1	1,5
ago-11	80	30,1	21,2	25,1	156	0,5	82	1,7
sep-11	79	31	20,4	25	175,2	0,1	129,1	1,5
oct-11	79	29,9	20,4	24,7	167,6	1,8	109,4	1,6
nov-11	77	30,5	19,8	24,7	170,8	0,7	134,3	1,7
dic-11	75	31,3	21,4	26,2	169,2	37,2	108,8	2,2
ene-12	89	30,8	22,7	26	80,5	474	97,1	1,7
TOTAL	81%	30,2 °C	21,4 °C	25,3 °C	2317,2 mm	1275,9 mm	1691,3	1,6 m/s

  
ING. JUAN MOREIRA SALTOS  
TECNICO RESPONSABLE

OFICINAS CENTRALES:  
10 de agosto No. 82 y Granda Centeno  
Telef: 593 05 685156 Telefax: 593 05 685134

[www.espam.edu.ec](http://www.espam.edu.ec)  
[rectorado@espam.edu.ec](mailto:rectorado@espam.edu.ec)

CAMPUS POLITÉCNICO CALCETA  
Sitio El Limón  
Telefax: 593 05 685048 - 685035

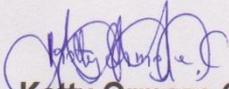
**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA AGROPECUARIA DE  
MANABI "MANUEL FÉLIX LOPEZ"**

**CARRERA DE AGRÍCOLA**

**LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICO DE SUELO**

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO DE SUELO**

MUESTR A	Profundidad	Da	Textura %			Clase textural	Cc	Pm
	m	gr/cm <sup>3</sup>	Ar	L	Ar		%	%
1	0.28	1.48	66	14	20	Franco Areno Arcilloso	22	13
2	0.52	1.32	72	16	12	Franco Areno	19	10
3	0.68	1.50	72	8	20	Franco Areno Arcilloso	22	13

  
Lic. Katty Ormaza Cedeño

Técnico Responsable



## **ANEXO # 2**

**INFORMACIÓN UTILIZADA EN LOS CÁLCULOS  
REALIZADOS EN EL DISEÑO AGRONÓMICO PARA  
EL CULTIVO DE PIMIENTO.**

## **METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS DATOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO UTILIZADAS EN EL DISEÑO AGRONÓMICO PARA EL CULTIVO DEL PIMIENTO.**

### **DETERMINACION DE LA TEXTURA POR EL METODO DE LA PIPETA O ROBINSON.**

#### **OBJETIVO:**

Determinar la textura de cada uno de los estratos del suelo por el método de la pipeta o Robinson.

#### **MATERIALES:**

Balanza analítica, Agua destilada, Pipeta, Hidróxido de sodio al 10%, Vaso de presentación. Matraz erlenmeyer, probeta de 100cc, licuadora de suelo.

#### **PROCEDIMIENTO**

- ✓ Se pesan a presión 50g de T.F.S.A. en la balanza analítica, y se introducen en una matriz Erlenmeyer tomando la precaución de no desperdiciar la muestra, luego se le agregan 20cc de Hidróxido de sodio al 10% cantidad necesaria para humedecer en su totalidad la muestra de suelo. La muestra se deja en reposo por espacio de 24 horas.
- ✓ El hidróxido de sodio al 10% agregado a la muestra sirve para dispersar las partículas de suelo. Transcurridas las 24 horas, se pasa el suelo del matraz, para lo cual se utiliza tomando la precaución de que no quedan particular de suelo en el matraz, para lo cual se utiliza agua destilada, tratando de no utilizar más de las  $\frac{3}{4}$  partes del vaso de la licuadora para después licuar la muestra por espacio de 15 minutos exactamente, con la finalidad de completar la finalidad de completar la disgregación o separación de las particular del suelo.
- ✓ Una vez que se a licuado la muestra, se la pasa a una probeta graduada de 1000cc tomando la precaución de no dejar particular de suelo en el vaso de la licuadora, enrasando con agua destilada dicha probeta a 1000cc.
- ✓ Una vez enrasada la probeta, la tapamos con un plástico y la amarramos con ligas para agilitar hasta que no quedan partículas de suelo asentadas en fondo de la probeta. En este momento colocamos la probeta en lugar accesible, la destapamos y se dejan transcurrir 40 segundos para tomar la primera pipeta de 25cc y se colocan en una cápsula de porcelana previamente pesada para someter, a estufa a 150<sup>0</sup> C de temperatura. Aquí se toma la precaución de enjuagar la pipeta con agua destilada para sacar las partículas que se quedan en ella y de igual modo se recogen en la cápsula misma.
- ✓ Los 40 segundos que se dejan transcurrir es el tiempo que se considera para qué se asienta en el fondo de la probeta la partículas de suelo mas pesada, o sea la ARENA, QUEDANDO ARRIBA LA arcilla y el LIMO que son las partículas que tomamos en la primera pipeta.
- ✓ En el momento que se coloca la probeta en el lugar accesible se debe tomar la precaución de no moverla por ningún motivo, ya que de lo contrario aceleraría la la caída de las partículas de suelo. Otra precaución debe tomarse al momento de pipetar, pues debe ser lentamente, la probeta debe permanecer en reposo por espacio de 4 horas.
- ✓ Transcurridas las 4 horas exactamente se toma la segunda PIPETA de 25cc tiempo que se considera que se han asentado en el fondo de la probeta las partículas de LIMO, que son las mas pesan después de la arena, quedando entonces la arcilla que es la partícula que recogemos en esta segunda pipetada e igualmente colocada en una cápsula de porcelana, previamente pesada, para someterla a estufa, para que se evapore la humedad de la muestra.
- ✓ Al tomar las muestras con la pipeta se debe tomar la precaución de hacerlo en todo el centro de la probeta, e introduciendo su punta unos 10cm dentro de la suspensión. Todas las muestras se someten a estufa hasta obtener una pesada constante, las muestras previamente a ser pesadas son colocados en el desecador.
- ✓ De la precaución con que se desarrollo el procedimiento de la práctica se obtendrán los mejores resultados.

## RESULTADOS:

Peso cápsula # 1.....47,390g  
 Peso cápsula # 2.....43,300g  
 Peso capsula # 1 + Muestra 1.....48.450g  
 Peso cápsula # 2 + Muestra 2.....43,620g

Factor de corrección del hidróxido de sodio al 10%.....0,050g 20cc de OH Na.al 10%

100 cc.....10% 1000 cc.....2g%  
 20 cc..... x = 2g % 25 cc..... x=  
 x = 0,050g

Limo + Arcilla.....80,80%

Peso cápsula # 2 + Muestra.....43,620 g  
 Peso cápsula # 2.....43,300 g.  
 Peso de la muestra.....0,320 g.  
 Peso de la muestra.....0,320 g.  
 Factor de corrección OH Na.....0,050 g  
 0,270 g  
 x 80 g. para llevar s 100cc ARCILLA 21,60 g.

Limo + Arcilla.....80,80%  
 ARCILLA.....21,60%  
 LIMO.....59,20%

Porcentaje.....100,80  
 Limo + Arcilla.....80,80  
 Arena.....19,20

## DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE

### OBJETIVO:

Determinar el punto de marchitez permanente del estrato de suelo

### MATERIALES:

Plántula de maíz, recipiente plástico con muestra de suelo en capacidad de campo, piola, funda plástica, capsula de porcelana, estufa, espátula desecadora.

### PROCEDIMIENTO:

Utilizando como base principal el recipiente de la capacidad de campo realizamos lo siguiente:

- ✓ Rellenamos el recipiente con TFSA y la humedecemos.
- ✓ Colocamos de 2 a 3 semillas de maíz
- ✓ Al emerger las plántulas de maíz escoger una y eliminar las demás.
- ✓ Después de haber transcurrido un tiempo en que la plántula tenga unos 10 a 15 cm. De altura procedemos a ponerle una funda plástica en la parte superior y ahorcada con una piola en la base del tallo.
- ✓ Luego de que observamos de que el pasar los días la plántula comienza a marchitarse esperamos hasta el día que la observamos que se encuentre flácida.
- ✓ Después de esto procedemos a soltar la plántula con el motivo de ver si se puede volver a recuperar o a regresar a su estado de turgencia.
- ✓ Si observamos que no regrese al estado de turgencia procedemos a tomar una muestra del recipiente que contiene TFSA humedecida para llevarla a estufa y con este dato realizar posteriores cálculos.

### RESULTADOS:

Peso de la capsula .....	88,500g
Peso de la capsula+ muestra húmeda.....	145,600g
Peso de la muestra húmeda.....	57,100g
Peso de la muestra seca .....	48,200g

## DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE POR EL MÉTODO DEL CILINDRO

### OBJETIVO:

Determinar la densidad aparente de cada uno de los estratos del suelo por el método del cilindro.

### MATERIALES:

Muestra de suelo, Estufa, Desecador, Balanza, analítica, Escuadra, Espátula

### PROCEDIMIENTO:

- ✓ En el laboratorio, se coloca el cilindro a estufa a 105°C de temperatura, en un tiempo mínimo de 24 horas.
- ✓ Una vez que se obtenga una pesada constante se saca el cilindro de la estufa y se coloca en un desecador para luego pesar la muestra que esta dentro del cilindro.
- ✓ Luego se procede a pesar la muestra en una balanza analítica.

### RESULTADOS:

Peso de muestra seca.....88,200g  
 Diámetro del cilindro.....4,1cm  
 Altura del cilindro.....5,7cm  
 Superficie total del cilindro.....13,202574cm<sup>2</sup>  
 Volumen del cilindro.....75,25cc

$$S = \pi \times R^2$$

$$V = S \times h$$

$$S = 3,1416 \times (2,05)^2 = 13,202574 \text{Cm}^2$$

$$V = 13,202574 \text{Cm}^2 \times 5,7 \text{Cm}$$

$$S = 13,202574 \text{Cm}^2$$

$$V = 75,2546718 \text{Cm}^3 \text{ (c.c)}$$

$$da = \frac{Pa}{Va}$$

$$da = \frac{88.200\text{g}}{75,25\text{cc}} = \frac{1.172}{\text{cc}}$$

**TABLAS UTILIZADA PARA CALCULAR LOS DIFERENTES PARAMETROS DEL DISEÑO AGRONÓMICO PARA EL CULTIVO DE PIMIENTO.**

**TABLA 1: PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SISTEMA RADICAL DE ALGUNOS CULTIVOS (EN M)**

Fresa	0,3 - 0,5
Fréjol	0,5 - 0,8
Frutales de hoja caduca	1,0 - 1,2
Girasol	0,9 - 1,0
Guisantes	0,6 - 0,9
Lechuga	0,3 - 0,4
Leguminosas grano	0,5 - 1,0
Maíz grano	0,8 - 1,2
Maíz verde	0,8 - 1,2
Manzano	0,9 - 1,0
Melocotonero	0,9 - 1,1
Melón	0,8 - 1,0
Nogal	1,1 - 1,2
Olivo	0,9 - 1,1
Palmera	0,8 - 0,9
Patata	0,4 - 0,8
Pepino	0,6 - 0,9
Peral	0,8 - 1,1
Pimiento	0,4 - 0,8
Piña	0,4 - 0,6
Plátano	0,9 - 1,2
Praderas	0,6 - 1,0
Remolacha azucarera	0,6 - 1,0
Soja	0,6 - 1,0
Sorgo para grano	0,8 - 0,9
Tabaco	0,5 - 0,9
Tomate	0,4 - 1,0
Trébol	0,7 - 0,9
Trigo	0,6 - 1,2
Viñedo	0,8 - 0,9
Zanahoria	0,4 - 0,5

**TABLA 2: COEFICIENTE KP, EN EL CASO DE UNA CUBETA DE LA CLASE A, PARA DIFERENTES CUBIERTAS Y NIVELES DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA Y VIENTOS DURANTE LAS 24 HORAS (FAO).**

Cubeta clase A	Caso A			Caso B				
	Cubeta rodeada de cubierta verde baja			Cubeta con barbecho de secano				
RH media %	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta		
	<40	40-70	>70	<40	40-70	>70		
Vientos km/día	Distancia a barlovento de la cubierta verde (en m)			Distancia a barlovento del barbecho de secano (en m)				
	0	10	100	1.000	0	10	100	1.000
Débiles <175	0	0,55	0,65	0,75	0	0,7	0,8	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,6	0,7	0,8
	100	0,7	0,8	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1.000	0,75	0,85	0,85	1.000	0,5	0,6	0,7
Moderados 175-425	0	0,5	0,6	0,65	0	0,65	0,75	0,8
	10	0,6	0,7	0,75	10	0,55	0,65	0,7
	100	0,65	0,75	0,8	100	0,5	0,6	0,65
	1.000	0,7	0,8	0,8	1.000	0,45	0,55	0,6
Fuertes 425-700	0	0,45	0,5	0,60	0	0,6	0,65	0,7
	10	0,55	0,6	0,65	10	0,5	0,55	0,65
	100	0,6	0,65	0,7	100	0,45	0,5	0,6
	1.000	0,65	0,7	0,75	1.000	0,4	0,45	0,55
Muy fuertes >700	0	0,4	0,45	0,5	0	0,5	0,6	0,65
	10	0,45	0,55	0,6	10	0,45	0,5	0,55
	100	0,5	0,6	0,65	100	0,4	0,45	0,5
	1.000	0,55	0,6	0,65	1.000	0,35	0,4	0,45

**TABLA 3: DURACIÓN APROXIMADA DE LAS ETAPAS EN EL CICLO VEGETATIVO DE CULTIVOS ANUALES (C.Brouwer y Heibloem).**

<b>Cultivo</b>	<b>Total</b>	<b>Primera etapa</b>	<b>Segunda etapa</b>	<b>Tercera etapa</b>	<b>Cuarta etapa</b>
Algodón	180-195	30-30	50-50	55-65	45-50
Avena	120-150	15-15	25-30	50-65	30-40
Berenjena	130-140	30-30	40-40	40-45	20-25
Cacahuete	130-140	25-30	35-40	45-45	25-25
Calabaza	95-120	20-25	30-35	30-35	5-25
Cebada	120-150	15-15	25-30	50-65	30-40
Cebolla verde	70-95	25-25	30-40	10-20	5-10
Cebolla seca	150-210	15-20	25-35	70-110	40-45
Col	120-140	20-25	25-30	60-65	15-20
Espinaca	60-100	20-20	20-30	15-40	5-10
Girasol	125-130	20-25	35-35	45-45	25-25
Guisante	90-100	15-20	25-30	35-35	15-15
Judía verde	75-90	15-20	25-30	25-30	10-10
Judía seca	95-110	15-20	25-30	35-40	20-20
Lechuga	75-140	20-35	30-50	15-45	10-10
Lenteja	150-170	20-25	30-35	60-70	40-40
Lino	180-195	30-30	50-50	55-65	45-50
Maíz dulce	80-110	20-20	25-30	25-50	10-10
Maíz grano	125-180	20-30	35-50	40-60	30-40
Melón	120-160	25-30	35-45	40-65	20-20
Mijo	105-140	15-20	25-30	40-55	25-35
Patata	105-145	25-30	30-35	30-50	20-30
Pepino	105-130	20-25	30-35	40-50	15-20
Pequeñas semillas	150-165	20-25	30-35	60-65	40-40
Pimiento	120-210	25-30	35-40	40-110	20-30
Rábano	35-40	5-10	10-10	15-15	5-5
Remolacha azucarera	160-230	25-45	35-65	60-80	40-40
Soja	135-150	20-20	30-30	60-70	25-30
Sorgo	120-130	20-20	30-35	40-45	30-30
Tomate	135-180	30-35	40-45	40-70	25-30
Trigo	120-150	15-15	25-30	50-65	30-40
Zanahoria	100-150	20-25	30-35	30-70	20-20

**TABLA 4: COEFICIENTES DE CULTIVO (Kc) DE CULTIVOS ANUALES (C.Brouwer y M. Heibloem)**

Cultivo	Primera etapa	Segunda etapa	Tercera etapa	Cuarta etapa
Algodón	0,45	0,75	1,15	0,75
Avena	0,35	0,75	1,15	0,45
Berenjena	0,45	0,75	1,15	0,80
Cacahuete	0,45	0,75	1,05	0,70
Calabaza	0,45	0,70	0,90	0,75
Cebada	0,35	0,75	1,15	0,45
Cebolla verde	0,50	0,70	1,00	1,00
Cebolla seca	0,50	0,75	1,05	0,85
Col	0,45	0,75	1,05	0,90
Espinaca	0,45	0,60	1,00	0,90
Girasol	0,35	0,75	1,15	0,55
Guisante fresco	0,45	0,80	1,15	1,05
Judía verde	0,35	0,70	1,10	0,90
Judía seca	0,35	0,70	1,10	0,30
Lechuga	0,45	0,60	1,00	0,90
Lenteja	0,45	0,75	1,10	0,50
Lino	0,45	0,75	1,15	0,75
Maíz dulce	0,40	0,80	1,15	1,00
Maíz grano	0,40	0,80	1,15	0,70
Melón	0,45	0,75	1,00	0,75
Mijo	0,35	0,70	1,10	0,65
Patata	0,45	0,75	1,15	0,85
Pepino	0,45	0,70	0,90	0,75
Pequeñas semillas	0,35	0,75	1,10	0,65
Pimiento fresco	0,35	0,70	1,05	0,90
Rábano	0,45	0,60	0,90	0,90
Remolacha azucarera	0,45	0,80	1,15	0,80
Soja	0,35	0,75	1,10	0,60
Sorgo	0,35	0,75	1,10	0,65
Tabaco	0,35	0,75	1,10	0,90
Tomate	0,45	0,75	1,15	0,80
Trigo	0,35	0,75	1,15	0,45
Zanahoria	0,45	0,75	1,05	0,90

El coeficiente  $K_c$  depende también del clima, especialmente de la humedad relativa y de la velocidad del viento. Los valores indicados en la tabla se reducen en 0,05 cuando la humedad relativa es alta (superior al 80%) y la velocidad del viento inferior a 2 m/seg. así mismo, los valores de la tabla se aumentan en 0,05 cuando la humedad relativa es baja (inferior al 50%) y la velocidad el viento supera los 5 m/seg.

**TABLA 5: EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL AGUA PARA DIFERENTES SISTEMAS DE RIEGO**

<b>RIEGO POR SUPERFICIE:</b>	
<b>RIEGO POR SURCOS</b>	<b>0,50-0,70</b>
<b>RIEGO POR FAJAS</b>	<b>0,60-0,75</b>
<b>RIEGO POR INUNDACIÓN</b>	<b>0,60-0,80</b>
<b>RIEGO POR INUNDACIÓN PERMANENTE</b>	<b>0,30-0,40</b>
<b>RIEGO POR ASPERSIÓN</b>	<b>0,65-0,85</b>
<b>RIEGO POR GOTEO</b>	<b>0,75-0,90</b>

## **ANEXO # 3**

# **DISEÑO HIDRAÚLICO**

## CÁLCULOS DETALLADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARTIENDO DE LOS PARAMETROS HIDRAÚLICOS.

### CÁLCULO EN EL CAUDAL DE ORIGEN O PORTA GOTEROS.

#### DATOS:

Longitud de la manguera= 36 m

Distanciamiento goteros=0.20 m

Caudal de la hoja técnica=1.05 L/h

$$\#goteros = Lc/dg$$

#goteros= 36 m / 0.20 m

#goteros= **180**

$$Q = \text{números de goteros} \times \text{caudal de cada gotero}$$

$Q = 180 * 1.05 \text{ L} = \mathbf{189 \text{ L/h}}$

### LONGITUD FICTICIA.

$$L_f = L + (\# \text{ goteros} * L_e)$$

$L_f = 36 + (180 * 0,20) = \mathbf{72 \text{ m}}$

### PERDIDA DE CARGA REAL

$$h = \frac{0,496 * Q^{1,75} * Fc * L_f}{D^{4,75}}$$

h = pérdida de carga.

Q = caudal.

F = factor de Christiansen.

L<sub>f</sub> = longitud ficticia.

$$h = 0,496 * (189 \text{ L/H})^{1,75} * 0,366 * 72 / (16,2 \text{ mm})^{4,75}$$

$$h = \mathbf{0,221 \text{ mca}} \quad - \quad \mathbf{14.524 \text{ psi}}$$

### **PRESIÓN NECESARIA EN EL ORIGEN.**

$$\mathbf{P_o = P_m + 0,73 * h + H_g/2}$$

P<sub>o</sub> = presión en el origen del lateral.

P<sub>m</sub> = presión de trabajo del gotero.

h = pérdida de carga en el lateral.

H<sub>g</sub> = desnivel geométrico entre los extremo del lateral.

$$\mathbf{P_o = 10 \text{ mca} + 0,73 * 0,226 + 0,1/2}$$

$$\mathbf{P_o = = 10,21 \text{ mca.}}$$

### **CÁLCULO DE LA TUBERIA EN LA TERCEARIA.**

### **CAUDAL EN EL ORIGEN SECUNDARIA.**

$$\mathbf{Q = n * q}$$

Q = caudal.

n = números de laterales del sistema.

q = caudal de cada lateral.

$$\mathbf{Q = 62 * 189 \text{ L/h} \quad \mathbf{Q = 11718 \text{ L/h}}$$

**LONGITUD REAL.**

$$L = n-1 \cdot Le + do$$

L = longitud real.

n = números de laterales.

Le = espacio de laterales.

do = espacio entre laterales.

$$L = 61 - 1 \cdot 1 \text{ m} + 1 \text{ m}$$

$$L = 62 \text{ m}$$

**LONGITUD FICTICIA.**

$$L_f = \alpha \cdot L$$

$$\alpha = 1.20$$

L = longitud real.

$$L_f = 1,20 \cdot 62 \text{ m}$$

$$L_f = 74.4 \text{ m}$$

**PERDIDA DE CARGA ADMISIBLE.**

$$h_a = 0,1/x \cdot H - h$$

ha = Perdida de carga.

X = exponente de descarga del emisor.

H = presión de trabajo del emisor.

h = perdida de carga de un lateral.

ha = 0, 1 / 0, 45 \* 10 mca - 0,226 mca

**ha = 1,996 mca**

### CÁLCULO DEL DIAMETRO.

$$D = \frac{0,496 * Q^{1,75} * Fc * Lf}{h^a}$$

h`a= perdida de carga.

Q = caudal.

F = factor de Christiansen.

Lf = longitude ficticia.

$$D = \frac{0,496 * (11718)^{1,75} * 0,366 * 74,4}{1,996^{1/4,75}}$$

**D= 47.20 mm.**

Para el factor de Christiansen se calcula con la tabla # 1, según el número de salidas de los ramales contemplándose el tubo de pvc. (Ver anexo 3)

### PERDIDA DE CARGA.

$$h = \frac{0,496 * Q^{1,75} * Fc * Lf}{D^{4,75}}$$

$h'$  = Pérdida de carga en la secundaria

$F_c$  = factor de Christiansen.

$L_f$  = longitud ficticia.

$Q$  = caudal. Diámetro interior según la ficha técnica tubos del pacífico y diámetro nominal o comercial de 50mm.

$$h' = \frac{0,496 * (11718)^{1,75} * 0,366 * 74,4}{(47,4)^{4,75}}$$

$$h' = 1,95 \text{ mca}$$

### **PRESIÓN EN EL ORIGEN.**

$$P'o = P_o + 0,73 * h + H_g/2$$

$P'o$  = Presión en el origen de la secundaria

$P_o$  = presión en el origen del lateral.

$h'$  = Pérdida de carga en la secundaria

$H_g$  = desnivel geométrico entre los extremo del lateral.

$$P_o = 10,214 + 0,73 * 1,95 + 0,5/2$$

$$P_o = 11,85 \text{ mca} \quad - \quad 16,905 \text{ psi}$$

### **REGLA DE TRES PARA EL CÁLCULO DE LOS PSI**

$$10 \text{ mca} \text{-----} 14,22 \text{ psi}$$

$$11,85 \text{ mca} \text{-----} x = 16,905 \text{ psi}$$

## CÁLCULO DE LA TUBERIA DE CONDUCCIÓN O PRIMARIA

### VELOCIDAD

Qt= caudal =11718 L/h – 0,00326 m<sup>3</sup>/s

D= diámetro=47,4 mm – 0,0474 m

V= velocidad

$$V = \frac{4 Q}{3,1416 * D^2}$$

$$V = \frac{4 * 0,0032}{3,1416 * 0,0474^2}$$

$$V = \frac{0,01302 \text{ m}^3/\text{s}}{3,1416 * 0,00225 \text{ m}^2}$$

**V= 1,844 m/s**

## CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LINEA DE CONDUCCIÓN O PRIMARIA

SE FIJA LA VELOCIDAD DE 1,844 m/s

$$D = 0,5947 \sqrt{Q/V}$$

D= diámetro

Q= caudal

V= velocidad

$$D=0,5947\sqrt{11718/1,847}$$

$$D=47,37 \text{ mm}$$

Se elige la tubería de pvc de diámetro interior de 60,4 mm y de diámetro exterior o comercial de 63 mm, esta tubería se la eligió por que servirá de conducción para dos sistemas de riego de parecidas características hidráulicas.

### LONGITUD FICTICIA.

$$L_f = \alpha * L$$

$$\alpha = 1.20$$

L = longitud real.

$$L_f = 1,20 * 61\text{m}$$

$$L_f = 73,20 \text{ m}$$

### CALCULO DEL DIAMETRO SEGÚN BLASIUS

$$h^a = \frac{0,496 * Q^{1.75} * L_f}{D^{4,75}}$$

$h^a$  = pérdida de carga.

Q = caudal. Especificaciones tubos pacíficos

F = factor de Christiansen.

$L_f$  = longitud ficticia.

$$h = (0,496 * (11718)^{1.75} * 73,2)^{1/4,75} / 60,4^{4,75}$$

$$h = 1,661 \text{ mca}$$

**PERDIDA NECESARIA EN EL ORIGEN**

$$P_o = P_{ro} + h$$

$P_{ro}$  = presión en el origen de la terciaria

$h$  = pérdida de carga

$$P_o = 11,88 \text{ mca} + 1,661 \text{ mca}$$

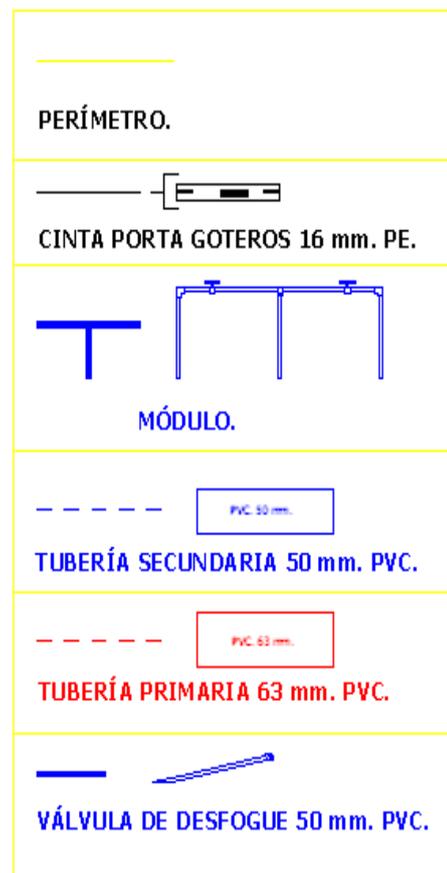
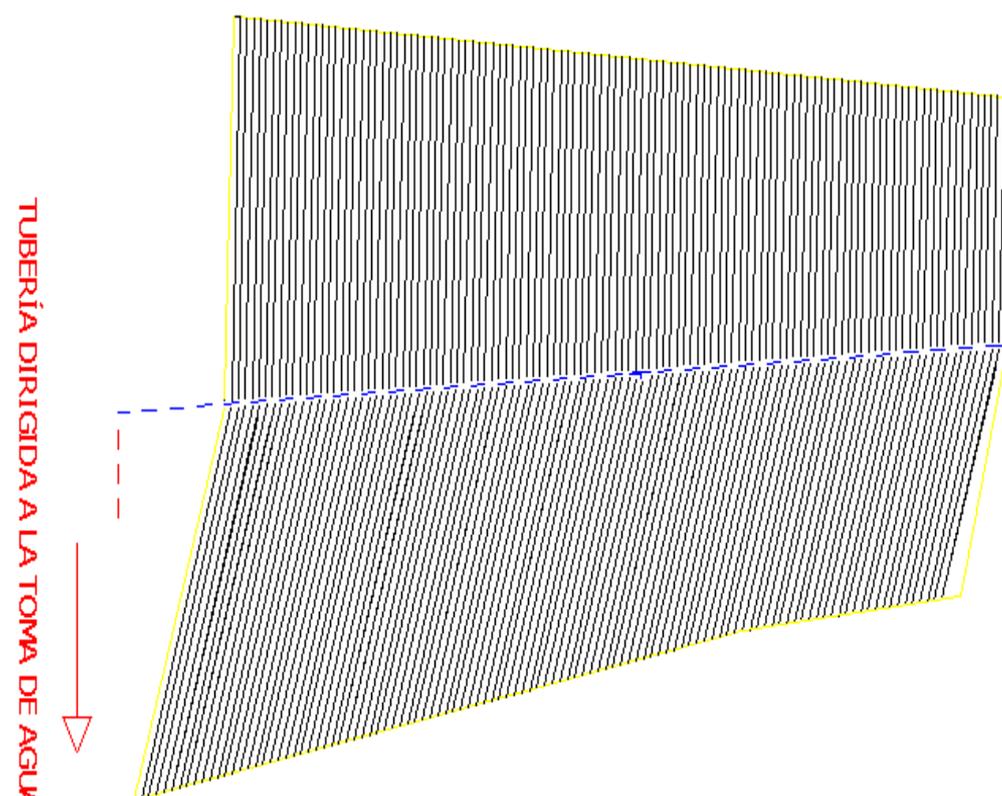
$$P_o = 13,54 \text{ mca} - 19,255 \text{ psi}$$

## **ANEXO # 4**

**INFORMACIÓN UTILIZADA EN LOS CÁLCULOS  
REALIZADOS EN EL DISEÑO HIDRÁULICO PARA EL  
CULTIVO DE PIMIENTO.**

## CROQUIS DEL TERRENO OCUPADO POR EL SISTEMA DE RIEGO.-

### LEYENDA.



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA PIMIENTO (*Capsicum annum L.*) EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN CONVENCIONAL ESPAM MFL.

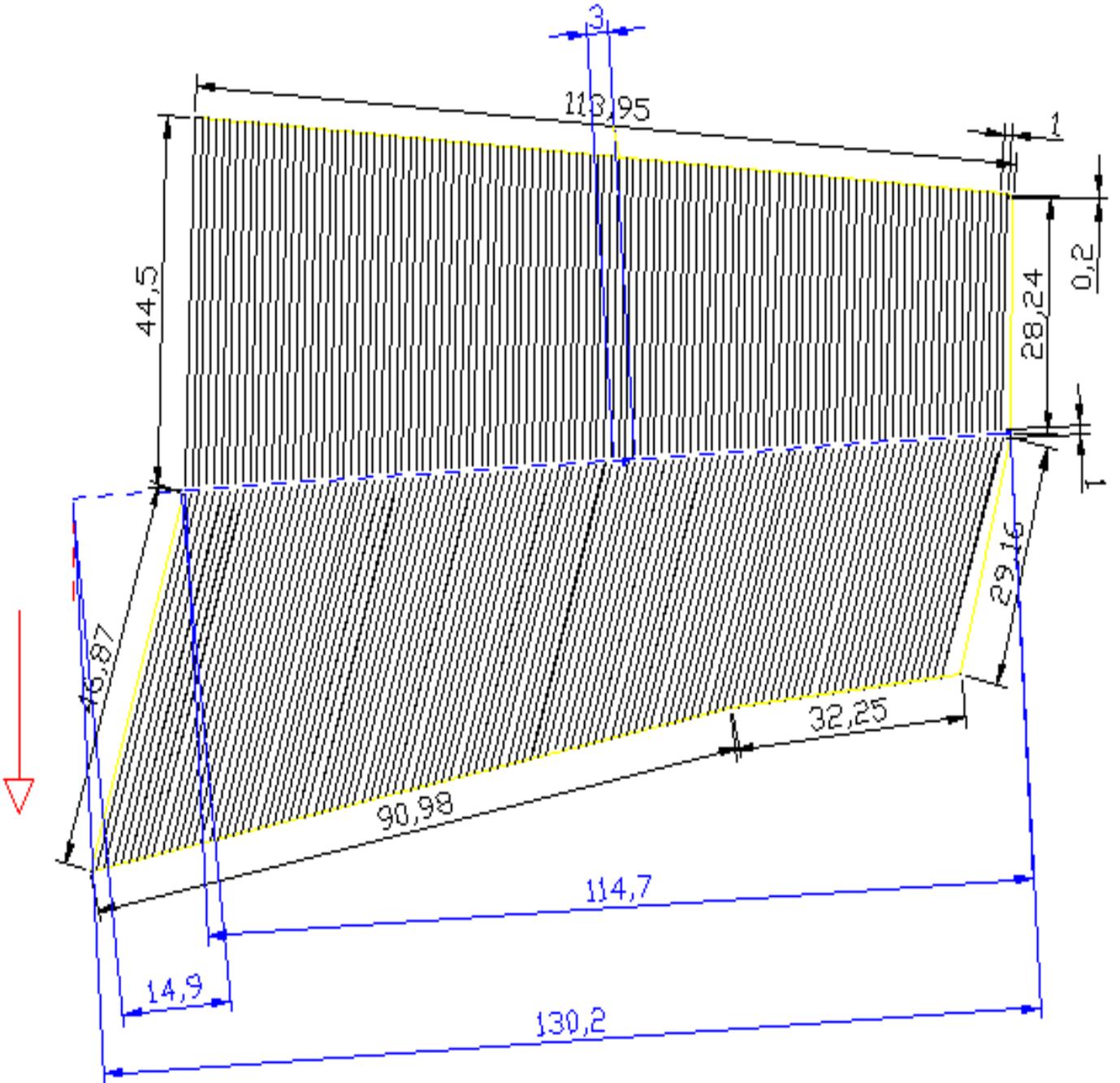
#### AUTORES:

ANDRES INTRIAGO VIDAL.  
JOSÉ LUIS SACÓN ZAMBRANO.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	
DISTANCIAMIENTO ENTRE CINTAS: 1m.	DISTANCIAMIENTO ENTRE GOTEROS: 0,20m.
DIÁMETRO DE LA TUBERÍA PRIMARIA: 63 mm.	DIÁMETRO DE LA CINTA PORTA GOTEROS: 16 mm.
DIÁMETRO DE LA TUBERÍA SECUNDARIA: 50 mm.	ÁREA OCUPADA POR EL SISTEMA DE RIEGO: 8821,32 m <sup>2</sup>

# ACOTACIONES.

TUBERÍA DIRIGIDA A LA TOMA DE AGUA (CARRIZAL - CHONE)



## FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICA DE LA MANGUERA DE RIEGO.

**NETAFIM**

WT	Flow Rate	Spacing	Length
0.94"	0.008"	1.26GPH	7.87"
16.2 MM	0.20 MM	1.0 SL/H @ 10 M	0.20 M

**STREAMLINE 16080**

16520-002900

1.05 L/H

0.20 M

1000 M

Non regulated

Max. pressure 10 M

ISO 9261

3416-100361

Order 472167/164 2011

**TABLA 6: FACTOR DE CHRISTIANSEN F.**

$l_0 = 1$						$l_0 = 1/2$					
$n$	$\beta = 1,75$	$\beta = 1,80$	$\beta = 1,85$	$\beta = 1,90$	$\beta = 2,00$	$n$	$\beta = 1,75$	$\beta = 1,80$	$\beta = 1,85$	$\beta = 1,90$	$\beta = 2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,365	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,338
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338						
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337						
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335						
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333						

$n$  = Número de salidas.  
 $\beta = 1,75$ , Blasius, Cruciani-Margaritora.       $\beta = 1,85$ , Hazen-Williams.  
 $\beta = 1,786$ , Scimemi.       $\beta = 1,90$ , Scobey.  
 $\beta = 1,80$ , Iso, Veronese-Datei.       $\beta = 2$ , Manning, Darcy-Weisbach.

En la práctica se toman los siguientes valores de  $\beta$ :  
 $\beta = 1,75$  para tubería de PE  
 $\beta = 1,80$  para tubería de PVC  
 $\beta = 1,85 - 1,90$  para tubería de aluminio

## ANEXO # 5

### COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE PIMIENTO.

#	DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	VALOR TOTAL \$
1	STREAM LINE 16MM 1.05X0.2	7783	0.14	1089.62
2	CONECTOR MAS CUCHO 16MM	187	0.28	52.32
3	UNIÓN FLER 16MM	187	0.24	44.28
4	VÁLVULA 16MM	187	1.30	243.10
5	TUBERÍA 63X0.63MPA	20	7.50	150.00
6	CODO 50MMX90°	2	2.50	5.00
7	TUBERÍA 50X0.63MPA	17	6.50	110.50
8	CODOS DE 63MMX90°	13	3.30	42.90
9	TEE DE 63MM	2	3.60	7.20
10	VÁLVULA AQUANET 2"	2	135.00	2.70
11	ADAPTADOR MACHO 2"X63MM	4	2.90	11.60
12	KALIPEGA 500CC	1	6.50	6.50
13	ADAPTADOR H DE 63MM	2	3.00	6.00
14	FILTRO AMIAD 2"	1	95.00	95.00
15	COLLARIN 63MMX3/4	3	1.60	4.80
16	VALVULAS DE AIRE	2	22.00	44.00
17	REDUCCION 63X50MM	2	1.30	2.60
18	TEFLON	1	1.00	1.00
19	MANOMETRO	1	26.27	26.27
22	MANO DE OBRA PARA IMPLEMENTACION	10	10.00	100.00
23	SUB-TOTAL			2045.39
24	IMPREVISTOS 5%			102.27
25	COSTO INSTALACIÓN 5%			102.27
		SUB-TOTAL		2249.93
		IVA 12%		269.99
		TOTAL		2519.92

## ANEXO # 6

### FOTOGRAFÍAS DEL CAMPO Y LABORATORIO DONDE SE REALIZÓ LA TESIS.



TENDIENDO LAS MANGUERA **STREAM LINE**



TRAZO DEL ÁREA EN ESTUDIO



COLOCACIÓN DE TUBERIA



COLOCACIÓN DE CHUPONES



INSTALANDO LA VÁLVULA AQUANET 2



ARMADO EL CABEZAL DE RIEGO



INSTALANDO EL RAMAL DE RIEGO



MÓDULO CABEZAL ARMADO



TRAZO DE ZANJA PARA LA SECUNDARIA



ANÁLISIS DE SUELO



CALICATA O POZO AGROLÓGICO



ANÁLISIS EN EL LABORATORIO