



**Universidad Nacional De Ingeniería
Facultad de Tecnología de la Construcción
Ingeniería Agrícola**

MONOGRAFÍA

Diseño del sistema de riego por aspersion para el cultivo del Plátano (Musa Paradisiaca) en el Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI – FTC).

Elaborada por:

- **Br. Mauren Karina Zeledón Espinoza**
- **Br. José Martin Espinoza Reyes**

Para optar al Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA

Tutor:

Dr. Álvaro Aguilar Velásquez.

**Masaya, Nicaragua.
Diciembre 2012**

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a:

Dios:

Agradecemos infinitamente al rey de reyes y señor de señores por manifestarse en nuestras vidas y permitirnos obtener este triunfo tan maravilloso, por mostrarnos sus caminos y guiarnos en su verdad.

A nuestras Familias:

Por todo su apoyo incondicional y cariño. Gracias por permanecer junto a nosotros en este momento tan importante de nuestras vidas.

A los Profesores:

A todos los profesores de la Facultad de Tecnología de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería que nos impartieron clases durante estos 5 años de estudio, contribuyendo de esta manera a nuestra formación profesional, pero de manera especial agradecemos al Doctor Álvaro Aguilar Velásquez por tutorear nuestro trabajo monográfico y al Ingeniero José Mamerto Méndez Úbeda por su asistencia.

Br. Mauren Karina Zeledón Espinoza

Br. José Martín Espinoza Reyes

DEDICATORIA

A Dios:

Primeramente dedicamos este triunfo al todopoderoso el rey de nuestras vidas: DIOS porque de él proceden todas las buenas acciones que en este mundo suceden.

A nuestras familias:

Nuestras madres, padres y hermanos.

Br. Mauren Karina Zeledón Espinoza

Br. José Martín Espinoza Reyes

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. ANTECEDENTES	4
1.4. JUSTIFICACION	5
1.5. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	6
1.5.1. Macrolocalización	6
1.5.2. Microlocalización	7

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL PLÁTANO.....	8
2.1.1. Origen.....	8
2.1.2. Taxonomía y Morfología	8
2.1.3. Ciclo vegetativo del plátano.....	10
2.1.4. Actividades culturales	12
2.1.5. Principales plagas del plátano	16
2.1.6. Principales enfermedades del plátano.....	24
2.1.7. Coeficiente biológico del plátano (Kc).....	26
2.1.8. Valor Nutricional	27
2.2. SISTEMA DE RIEGO	28
2.2.1. Riego por aspersión.....	28
2.2.2. Importancia del riego por aspersión.....	29
2.2.3. Clasificación de los sistemas de riego por aspersión	30
2.2.4. Partes de un sistema de riego por aspersión.....	32
2.2.5. Clasificación de los aspersores	34
2.2.6. Características de los aspersores.....	34
2.2.7. Selección del tipo de aspersor.....	34
2.2.8. Elementos de control de un sistema de riego.....	35
2.2.9. Red de Distribución.....	36

2.3. SISTEMA DE BOMBEO	36
2.3.1. Comparación entre distintos sistemas de Bombeo	36
2.3.2. Componentes de un sistema de bombeo	38
2.4 CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS	39
2.5 PROPIEDADES HIDROFISICAS DE LOS SUELOS	40
2.5.1. Capacidad de Campo (CC).....	40
2.5.2. Punto de Marchitez Permanente (PMP)	41
2.5.3. Limite productivo (Lp)	41
2.5.4. Agua fácilmente utilizable (AFU).....	41
2.6. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS	42
2.6.1. Textura.....	42
2.6.2. Estructura.....	44
2.6.3. Densidad Aparente del suelo.....	45
2.6.4. Porosidad.....	46
2.6.5 Infiltración.....	47
2.7. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.....	48
2.7.1. Acidez del suelo.....	48
2.7.2. Materia Orgánica.....	48
2.8. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO.....	49
2.8.1Composicion Química del agua de riego.....	49
2.8.2. Parámetros de la calidad del agua de riego.....	50
2.9. ALMACENAMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO.....	51
2.9.1. Formas del Agua en el Suelo.....	51

CAPÍTULO III: METODOLOGIA UTILIZADA

3.1. RECOPIACION DE INFORMACION.....	53
3.2. TRABAJO DE CAMPO.....	53
3.3. ANALISIS DE LABORATORIO.....	57
3.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION.....	59
3.4.1. Diseño Agronómico	59
3.4.2. Diseño Hidráulico.....	61

CAPÍTULO IV: CALCULOS

4.1 DATOS DE LABORATORIO.....	75
4.2. CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION	78
4.3. DISEÑO AGRONOMICO	80
4.4. DISEÑO HIDRÁULICO	81

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	90
5.2. RECOMENDACIONES	91

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ANEXOS I: IMAGENES

ANEXOS II: TABLAS UTILIZADAS

ANEXOS III: GRAFICOS

ANEXOS IV: PLANOS

RESUMEN

El presente documento es el resultado de un conjunto de pasos que sirvieron como base para realizar el diseño del sistema de riego por aspersión para el cultivo del plátano (Musa Paradisiaca).

En este documento se encuentra la información del procedimiento realizado en cada fase de ejecución del trabajo de la propuesta del diseño del sistema de riego. Desde los conceptos básicos sobre la agronomía del cultivo del plátano (Musa Paradisiaca) así como también se abordan los aspectos más relevantes del riego por aspersión, se describe la metodología que se utilizó para realizar las pruebas que se efectuaron para obtener los datos necesarios para elaborar dicho sistema de riego.

Así mismo se realiza un análisis e interpretación de resultados a través de los cálculos matemáticos que reflejan los datos finales del sistema de riego por aspersión para el cultivo del plátano. De igual forma se presentan los planos que contemplan el esquema de la ubicación de cada uno de los elementos que conforman el sistema de riego.

Además se presentan las conclusiones a las que se llegaron y las recomendaciones que serán de mucha utilidad para entender la finalidad de dicho proyecto teniendo en cuenta el impacto del mismo.

1.1 INTRODUCCION

La producción de musáceas en Nicaragua se realiza durante todo el año, la que más sobresale en cantidad es el plátano (***Musa Paradisiaca***).

Existen dos estaciones bien marcadas de producción debido a la falta de disponibilidad de riego en la mayoría de las plantaciones, la temporada alta: Octubre – Marzo y la temporada baja: de Abril – Septiembre.

Es imposible el cultivo del plátano (***Musa Paradisiaca***) donde no se disponga de agua de riego. Los sistemas de riego más empleados son: goteo, aspersión, y micro aspersión.

El riego por aspersión es una modalidad de riego mediante la cual el agua llega a las plantas en forma de "lluvia" localizada.

En el presente trabajo se realiza una propuesta del diseño del sistema de riego por aspersión para el cultivo del plátano (***Musa Paradisiaca***).

Además se realiza un análisis de las principales propiedades hidrofísicas del suelo en estudio, destacándose entre ellas: Capacidad de Campo, Velocidad de Infiltración, Porcentaje de Humedad, Densidad Aparente y Punto de Marchitez Permanente, así como también se determinan ciertas propiedades químicas como: Ph del suelo y Materia Orgánica, con el propósito de determinar las variables y componentes del sistema de riego tales como: Caudal necesario de suministro de la fuente de abastecimiento y presiones requeridas para el buen funcionamiento del sistema; y desde el punto agronómico: Eficiencia de riego y Tiempo de puesta, con lo cual la planta tendrá la cantidad de agua que necesita en el momento adecuado para su óptimo desarrollo.

1.2 OBJETIVOS

➤ OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema de riego por aspersión para el cultivo del Plátano (***Musa Paradisiaca***) en el Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI – FTC).

➤ OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1) Realizar el levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico de la parcela en estudio del CEA-UNI-FTC.
- 2) Determinar las propiedades hidrofísicas del suelo en estudio
- 3) Elaborar el diseño agronómico del sistema de riego por aspersión.
- 4) Realizar el diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión.

1.3 ANTECEDENTES

El 23 de Enero de 2001 un lote de 48.21 Mz de la finca La Puebla (posteriormente llamado CEA – UNI), por medio de compra-venta pasa a formar parte de la Universidad Nacional de Ingeniería como unidad académica adscrita al departamento de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Tecnología de la Construcción (FTC).

Actualmente es el Centro Experimental Agrícola (CEA) que tiene como misión generar investigación y difundir sus resultados mediante la docencia y la transferencia, con el fin de contribuir a la transformación tecnológica y el desarrollo de la sociedad nicaragüense.

En este lugar existe un área destinada al cultivo de Plátano (***Musa Paradisiaca***) desde el año 2010 con un sistema de riego por gravedad implementado de manera artesanal lo que provoca un uso inadecuado del agua de riego y del tiempo de bombeo, no se encontró antecedentes de que se haya empleado riego por aspersión para este cultivo por lo que se considera de gran importancia la elaboración de este trabajo.

1.4 JUSTIFICACION

En Nicaragua el plátano (***Musa Paradisiaca***) tiene una importancia significativa en la economía, tanto por la dieta alimenticia como por la generación de empleos (cultivo y producción) y de divisas en las principales zonas de producción, es por ello que la Universidad Nacional de Ingeniería comprometida con el bienestar de la población nicaragüense se ha dedicado a la producción de este cultivo a través del Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI - FTC).

Actualmente el CEA - UNI - FTC no cuenta con un sistema de riego tecnificado para el cultivo del plátano (***Musa Paradisiaca***) por lo cual en el siguiente trabajo se presenta una propuesta del diseño del sistema de riego por aspersión con el propósito de aumentar la producción y la calidad de dicho cultivo y por ende realizar un uso eficiente y adecuado del agua de riego.

1.5 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.5.1 MACRO LOCALIZACIÓN

El municipio de Las Flores se encuentra localizado en el Departamento de Masaya, este último ubicado a 20 km al sur de la ciudad capital Managua, cuenta con una extensión territorial de 141 km². Se ubica entre las coordenadas 11° 58' latitud norte y 86° 05' longitud oeste.

El Departamento de Masaya limita:

Al norte con el río Tipitapa

Al sur con Carazo

Al este con Granada

Al oeste con Managua



Fig. 1: Localización del municipio de Las Flores

1.5.2 MICRO LOCALIZACIÓN

El Centro Experimental Agrícola (CEA) propiedad de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) se ubica en las coordenadas $11^{\circ} 55'$ latitud norte y $85^{\circ}58'$ longitud oeste. Está adscrito al Departamento de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Tecnología de la Construcción, posee un área de 48.21 Mz y se encuentra ubicado en la comunidad “La Corteza” a una elevación de 50 m.s.n.m. en el municipio de las Flores, Departamento de Masaya.

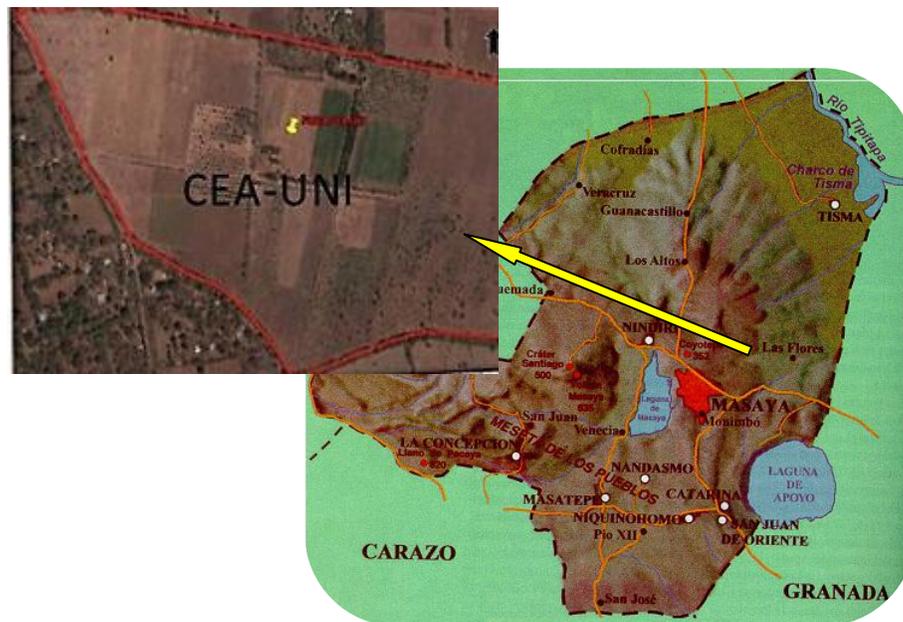


Fig. 2: Localización del CEA-UNI-FTC

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL PLATANO.

2.1.1 Origen

El plátano (***Musa Paradisiaca***) es una fruta tropical originaria del suroeste asiático, perteneciente a la familia de las musáceas. De acuerdo con la FAO, el plátano se cultivaba en el sur de la India alrededor del siglo V, A.C. De allí se distribuyó a Malasia, Madagascar, Japón y Samoa. Finalmente llegó al Caribe y Latinoamérica, poco después del descubrimiento del continente.

2.1.2 Taxonomía y Morfología

Familia: Musáceas.

Especie: *Musa Paradisiaca*

Origen: Asia Meridional.

Planta: Herbácea gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3-6 m de altura. Terminado en una corona de hojas.

Sistema Radicular: Raíz superficial.

Hojas: Muy grandes, de 2-4 m de largo y hasta de medio metro de ancho, con un peciolo de 1m o más de longitud y limbo elíptico alargado ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro. Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento. De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso; de las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores.



Fig. 3: Hojas del cultivo del Plátano

Flores: Amarillentas, irregulares y con 6 estambres, de los cuales uno es estéril. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el “régimen” de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada “mano”, que contiene de 3 a 20 frutos. Un régimen no puede llevar más de 4 manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12-14 manos.



Fig. 4: Flor del cultivo del Plátano

Fruto: Oblongo, de la forma de un pepino triangular, al principio verde y amarillo en la maduración, y cuando empieza a ennegrecerse, cae del árbol.

2.1.3. Ciclo vegetativo del plátano

La fenología de este cultivo ha sido objeto de numerosos estudios y la mayoría de ellos coinciden en señalar tres grandes fases de desarrollo de esta planta: La fase vegetativa que comprende: las etapas de brotación, la formación del corno superior, la emisión de raíces, el desarrollo de los colinos, el crecimiento del pseudotallo, la emisión de hojas y la diferenciación floral. La segunda fase es la reproductiva la cual se caracteriza fundamentalmente por la diferenciación de las flores femeninas y masculinas. Una tercera llamada fase productiva, esta se inicia al finalizar el proceso de diferenciación hasta finalizar con la cosecha.

En este sentido las diferentes labores agronómicas del cultivo deben de estar encaminadas a garantizar la correcta evolución de cada una de estas etapas.

2.1.3.1 Fase Vegetativa

Después de la siembra se inicia la fase de crecimiento vegetativo que dura entre 4 y 6 meses, en este periodo se produce: la brotación de la cepa, el enraizamiento y el desarrollo de los hijos, justo cuando da inicio la diferenciación floral. Se sabe que a partir de la cepa que se siembra se forma las primeras dos cosechas; una como producto de la cepa que se ha sembrado y el segundo ciclo que es producto de los hijos de la cepa que se ha sembrado, a partir del tercer ciclo la producción va a depender de estos últimos, que potencialmente pueden convertirse en plantas madres. El número de hojas que una planta puede emitir esta alrededor de las 38 hojas, esta información está más que respaldada por numerosas literaturas referidas al tema. Sin embargo, es más importante destacar que la planta culmina la emisión de hojas en las primeras dos fases de desarrollo: la primera mitad aproximadamente 19 hojas en la fase de desarrollo vegetativo y la segunda mitad en la fase de desarrollo reproductivo.

2.1.3.2 Fase Reproductiva

En esta fase se da inicio a la diferenciación floral la cual es influenciada por la cantidad de hojas emitidas. Numerosos estudios coinciden en señalar que para iniciar la floración, deben estar emitidas el 50% de las hojas (fase vegetativa). Otros factores que pueden incidir para que se inicie la segunda gran fase reproductiva son aspectos de manejo como las densidades, la nutrición y el tamaño de cepas utilizadas al momento de la siembra, también las condiciones climáticas prevalecientes en diferentes zonas y el tipo de variedad.

En el periodo que transcurre desde la diferenciación floral hasta la floración de la planta emite el 50% restante de sus hojas, con las cuales la planta madre completa su desarrollo, lo que implica un buen sustento para el racimo y también producir alimentos para los hijos. Durante este periodo las plantas emitirán cerca de 19 hojas y luego no habrá más hojas nuevas, en condiciones ideales las plantas pueden tardar desde la diferenciación floral hasta la floración de 120 días, dependiendo del clima, las condiciones sanitarias y la variedad.

2.1.3.3 Fase Productiva

La adecuada evolución de la tercera gran fase de desarrollo de esta planta, conocida como fase productiva, dependerá en gran medida del número de hojas con que lleguen al momento de la floración, esta etapa puede durar de 8 – 12 semanas y se conoce que es necesario un mínimo de 8 – 10 hojas al momento de la floración para lograr que los racimos durante la cosecha sean de buena calidad y tamaño.

2.1.4. Actividades Culturales

2.1.4.1. Preparación del terreno

Después de escoger el terreno, una buena preparación para la siembra es determinante para obtener altos niveles de productividad, durante largos períodos y a bajos costos.

La preparación de suelos debe de iniciar paralelamente a la siembra del semillero, entre 30 y 45 días antes de la fecha prevista para el trasplante.

Deberá tomarse muy en cuenta la nivelación del suelo y el drenaje del terreno. La profundidad efectiva del suelo mullido deberá tener entre 15 y 20 cm, con cierto grado de humedad, sin que esté anegado (encharcado).

La profundidad de aradura debe ser de 25 a 30 cm; ocho a diez días antes del trasplante deberá realizarse el último paso de rastra y simultáneamente la nivelación de suelo para formar las camas de siembra; la altura de la cama debe ser entre 20 y 30 cm prefiriendo los camellones altos en la época lluviosa.

2.1.4.2 Siembra

El plátano puede ser sembrado en cualquier época del año, siempre y cuando haya suficiente humedad, ya sea por precipitación pluvial o bien por riego. Se puede planificar una siembra escalonada para que se mantenga una adecuada producción durante todo el año.

Existen las siguientes técnicas de siembra:

a) Siembra en cuadros: es el sistema de siembra tradicional usado por la mayoría de los productores. El distanciamiento es de 2.5x2.5 metros para alcanzar una población inicial de 1,600 plantas por hectárea.

b) Siembra hexagonal o triángulo equilátero: este sistema permite más unidades por área. Con distanciamiento de 2.6 metros entre plantas, se logra una población de 1,720 plantas por hectárea.

c) Siembra de doble surco: consiste en sembrar dos hileras bastante cerca una de la otra con un espacio amplio entre doble hilera. Distanciamientos de 1.5x1.5x3 metros de una población inicial de 3,382 plantas por hectárea.

2.1.4.3 Riego

El plátano (***Musa Paradisiaca***) requiere grandes cantidades de agua y es muy sensible a la sequía, ya que ésta dificulta la salida de las inflorescencias dando como resultado, racimos torcidos y entrenudos muy cortos en el raquis que impiden el enderezamiento de los frutos. La sequía, también produce obstrucción foliar, provocando problemas en el desarrollo de las hojas.

De tal manera que una humedad apropiada del suelo es esencial para obtener buenas producciones, particularmente durante los meses secos del año, en los que se debe asegurar un riego adecuado. Sin embargo, debe tenerse precaución y no regar en exceso, ya que el plátano es extremadamente susceptible al daño provocado por las inundaciones y a suelos continuamente húmedos o con un drenaje inadecuado.

En verano, las necesidades hídricas alcanzan aproximadamente unos 100 m³ de agua por semana y por hectárea. Los riegos se reducen cuando los frutos están próximos a la madurez.

Por otro lado, la platanera sólo puede aprovechar el agua del suelo cuando tiene a su disposición suficiente cantidad de aire, por lo tanto, la cantidad de agua y de aire en el suelo deben estar en cierto equilibrio para obtener un alto rendimiento en el cultivo.

2.1.4.4 Drenaje

El drenaje es una de las prácticas más importantes del cultivo. Un buen sistema de drenaje aumenta la producción y la disminución de la incidencia de plagas y enfermedades. Se recomienda realizar el drenaje, cuando la capa de agua esté a menos de 40-60 cm de la superficie, aunque sea temporalmente.

Esta práctica consiste en proporcionar un medio propicio para favorecer el desarrollo óptimo del sistema radical, eliminando el excedente de agua en el suelo. Las raíces de plátano no soportan el exceso de humedad o encharcamiento.

Cuando se presentan problemas de mal drenaje, el crecimiento se ve afectado por las siguientes razones:

- Pobre aireación del suelo
- Limitación en la absorción de agua y nutrientes por la planta
- Reducción de los minerales del suelo

Además,

- Favorece el desarrollo deficiente y superficial del sistema radical
- Propicia la pudrición de raíces y del rizoma

Es de gran importancia determinar si es necesario realizar drenajes y de qué tipo, para una área específica. Algunos factores que ayudan a tomar dicha determinación son: tamaño de la plantación, propiedades físicas del suelo, cantidad y distribución de las lluvias y topografía del terreno.

➤ **Drenaje Superficial:**

Se realiza para eliminar en forma rápida, el agua de lluvia que se encharca dentro de la plantación. Consiste en una red de boquetes y cunetas, recomendándose un desnivel de 1.5 por mil.

➤ **Drenaje Subterráneo o del Subsuelo:**

Debe hacerse antes de sembrar, su objetivo es mantener una capa libre de agua en exceso hasta una profundidad de 1.2 – 1.5 m.

2.1.4.5 Laboreo

Rehacer la reguera alrededor de las plantas y algún aporque para destruir las malas hierbas, son las operaciones indispensables.

2.1.4.6 Abonado

Los estudios demuestran que el plátano requiere grandes cantidades de nitrógeno, potasio y cantidades menores de fósforo y magnesio para producir buenos rendimientos.

Es muy exigente para los abonos y el estiércol es el más convenientes. Conviene adicionar estiércol a razón de 30 kg por planta, corrigiéndolo con 500 g de sulfato o cloruro potásico. Es mejor abonar al pie que distribuir el abono por todo el terreno, porque esta planta extiende poco las raíces. Los abonos fosfatados producen un gran efecto en la fructificación.

2.1.4.7 Deshojes

Tiene como objetivo la eliminación de hojas dobladas, maduras e infectadas por Sigatoka. Se tienen entonces dos tipos de deshoje: el de sanidad, que remueve hojas no funcionales bien sea por culminación de su ciclo, daños mecánicos o por enfermedad (Sigatoka Negra) y el de protección del racimo, que consiste en eliminar las hojas o partes de ella que pegan al racimo produciéndole cicatrización.

2.1.4.8 Deshijes

Es tal vez la práctica de mayor importancia en la plantación, ya que de ella dependerá la producción futura. Consiste en seleccionar aquellos racimos que por vigor y/o posición conformarán la unidad productiva, eliminando todos aquellos brotes que puedan competir por agua, luz y nutrientes; su tamaño dependerá de condiciones climáticas y del mercadeo.

El primer desmache o deshije se realiza aproximadamente a los 6 - 7 meses de edad de la plantación, y de allí en adelante se deben realizar rondas para eliminar brotes y rebrotes que van emergiendo alrededor de la unidad productiva, cada 7-8 semanas como máximo

2.1.4.9 Recolección

La duración de la plantación es de 6 a 15 años, dependiendo de las condiciones ambientales y de los cuidados del cultivo. La plantita que se colocó sobre el terreno de asiento da únicamente frutos imperfectos y los mejores frutos se obtienen de los vástagos nacidos de su pie, que fructifican a los nueve meses de la plantación. Los frutos se pueden recolectar todo el año y son más o menos abundantes según la estación. Se cortan cuando han alcanzado su completo desarrollo y cuando empiezan a amarillear y los respectivos ángulos longitudinales han adquirido cierta convexidad. Pero con frecuencia, y especialmente en invierno, se anticipa la recolección y se dejan madurar los frutos suspendiéndolos en un local cerrado, seco y cálido, conservado en la oscuridad. Apenas recogido el fruto, se corta la planta por el pie, dejando los vástagos en la base. Éstos, convenientemente aclarados, fructifican pasados cuatro meses, de modo que en un año se pueden hacer tres recolecciones. En las plantas jóvenes se dejan solamente dos vástagos para tener regímenes muy cargados de fruto y luego, todos los demás años, se dejan cuatro vástagos como máximo, siempre teniendo en cuenta la fertilidad del suelo. Tras la recolección se expiden los regímenes completos, oportunamente desprovistos de las brácteas y de los frutos dañados, envueltos en acolchados y luego en papel, encerrándolos aislados en jaulas de madera o en cestos. Es necesario evitar los daños porque los puntos golpeados se ennegrecen. Llegados a su destino, conviene separar pronto los frutos deteriorados y conservar los otros en un medio seco y caluroso.

2.1.5 Principales plagas del plátano

Thrips (*Hercinothripsfemoralis*): Las características principales de *Hercinothripsfemoralis* son su pico chupador-raspador con sus alas plumosas y en número de dos pares, de color marrón oscuro. Su tamaño es de 1.5 mm. Las larvas son de color amarillento translúcido y no son voladoras. *Hercinothripsfemoralis* ataca directamente al fruto, produciendo daños que

fácilmente se confunden con los de la araña roja. El daño se inicia en los plátanos con una zona de color plateado, que después pasa a color pardo-cobrizo y termina en color casi negro. El daño del thrips se diferencia del de la araña roja, en que en la primera fase del ataque o zona plateada existen unos puntos negros, típicos del ataque de thrips; en una fase más avanzada aparecen las zonas de color cobrizo, debido a la oxidación de la savia que brota por las raspaduras del insecto.

Sus ataques son más frecuentes en las épocas lluviosas (Mayo - Octubre), ya que condiciones de humedad del 70 % u 80 % favorecen su desarrollo. Un momento adecuado para combatir esta plaga es antes del inicio del invierno (Marzo y Abril), cuando la población de thrips es baja. Son recomendables las pulverizaciones dirigidas al racimo, de alguno de los siguientes insecticidas:

- Clorpirifos: 48 %
- Dimetoato: 40 %

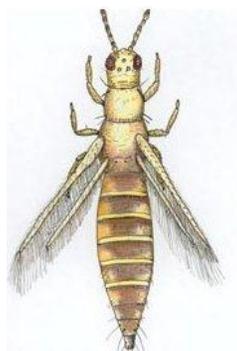


Fig. 5: Thrips (*Hercinothrips femoralis*)

Araña roja (*Tetranychus telarius* y *Tetranychus urticae*): La araña roja suele localizarse en el envés de las hojas a lo largo del nervio central, cerca del racimo, notándose su presencia por unos puntitos de color rojo junto con las telas de araña y los huevos. Después pasan al racimo, causando daños en la fruta con la aparición de zonas de color blanco-plateado, que poco a poco se van haciendo más oscuros. El adulto mide unos 0.6 mm, es de forma ovoide y de coloración rojiza. Se puede observar a simple vista en el envés de las hojas. Las larvas, que

son transparentes, sólo tienen al nacer tres pares de patas. Los huevos son esféricos, lisos y más o menos transparentes. Las condiciones ideales para el desarrollo de la araña roja son temperaturas elevadas y humedad ambiente baja. Al llegar las lluvias y el frío del invierno se detiene su desarrollo, refugiándose para invernar. Un momento adecuado para combatir esta plaga es después del periodo de lluvias, cuando los pocos adultos invernantes pasan de las malas hierbas al envés de las hojas de la platanera, y aún no se ha iniciado la puesta del verano.

En los primeros tratamientos conviene emplear maquinaria a presión debiendo mojarse bien el envés de todas las hojas, para que aquellos sean efectivos.

Puede utilizarse también, uno de los siguientes acaricidas a las dosis que se expresan a continuación:

- Bromopropilato: 50 %
- Dicofol 16 % + tetradifon 6 %



Fig.6: Araña roja (*Tetranychus telarius* y *Tetranychus urticae*)

Cochinilla Algodonosa (*Dysmicoccus alazon*): En la antigüedad era la plaga más corriente de las plataneras, pudiéndose encontrar cochinillas debajo de las vainas foliares en el falso tallo, junto al nervio central de las hojas por el envés y entre los dedos del racimo. La cochinilla es de forma ovalada, su cuerpo está segmentado y es de color rosado al quitarle la borra algodonosa que la protege. Normalmente suele salir de sus refugios invernales, multiplicándose durante el

verano. Se recomienda limpiar las hojas secas antes de efectuar el tratamiento para dejar al descubierto las cochinillas y puedan así ser fácilmente alcanzadas por el tratamiento. Un momento adecuado para combatir esta plaga es el comienzo del verano, que escuando sale de sus refugios invernales. Para un tratamiento adecuado se puede utilizar uno de los siguientes productos:

- Clorpirifos 48 %
- Dimetoato 40 %
- Metil-clorpirifos 24 %
- Metil-pirimifos 50 %

Ácaros: Los ácaros o chinches es una especie chupadora que causa amarillamiento, madurez precoz de la hoja, es polífaga, aparece en brotes repentinos lo cual puede ser por dos causas diferentes: sequia o una inadecuada aplicación de insecticidas. Son muy sensibles a la lluvia ya que tanto adultos como ninfas se caen de las hojas y quedan atrapadas en el suelo donde son presas fáciles de los depredadores. Son chupadores y por lo tanto no son muy sensibles a insecticidas. Al aplicar insecticidas se mueren sus enemigos naturales, y al no tener enemigos se propagan en cantidades descontroladas. Este chinche no es transmisor de enfermedades, así que el daño solo es físico. Si el daño es demasiado fuerte se puede hacer aplicación de agua con aspersión si es posible con un poco de jabón. Si el daño tiene repercusiones económicas severas aplicar un insecticida de contacto o sistémico.



Fig. 7: Ácaros del cultivo del Plátano

Nematodos: Son lombrices microscópicas que viven en el suelo y atacan el exterior de las raíces, causando lesiones que reducen el soporte de las mismas. Una planta dañada cae fácilmente bajo el efecto del viento. El método para detectar la severidad de una infección es mediante un examen de las plantas desraizadas en el campo. Cuando hay un alto índice de plantas desraizadas por hectárea, se necesita iniciar pronto un tratamiento con nematicidas. Los nematicidas son muy tóxicos por lo tanto el uso es limitado a las infecciones severas de nematodos.

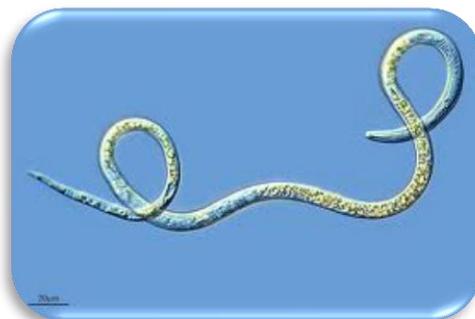


Fig. 8: Nematodo del cultivo del Plátano

Taladro o traza (*Hieroxestis subcervinella*): La oruga que ocasiona el daño es de unos 2 – 2.5 cm de longitud, estrecha, delgada y con la cabeza marrón brillante, siendo típicas las dos manchas de color gris oscuro en cada anillo del abdomen. Son orugas barrenadoras, transparentes y de color blanco sucio. La “traza” excava unas galerías hasta las primeras “manos” de los frutos. También se localiza su ataque en la zona de pudrición de la planta “abuela”, una vez que se ha efectuado el corte de la planta después de la recolección. Aquí es donde se localizan las puestas de las mariposas que dan origen a las orugas. Esta plaga causa sus mayores daños en los meses de octubre y noviembre (final de la estación lluviosa). Un momento adecuado para combatir esta plaga es hacia el final del invierno, que es cuando la población de adultos empieza a ascender. En cuanto al tratamiento, la primera operación consiste en limpiar de hojas la parte superior del tallo del racimo y despejar la parte inferior del mismo para impedir la llegada de la “traza” a las últimas manos del racimo. Así la eficacia del tratamiento es mayor. Por otra parte, puede emplearse para ello insecticidas granulados. En lo referente a tratamientos fitosanitarios, en general, se debe evitar pulverizar los racimos jóvenes (menores de dos meses), especialmente con líquidos emulsionables, por el riesgo de producir quemaduras. Para que un tratamiento fitosanitario sea lo más eficaz posible se hace necesario, además de identificar el parásito, conocer su ciclo de vida, para elegir el momento más oportuno de realizar el tratamiento.

Barrenador de la raíz del plátano (*Cosmopolites sordidus*): En la actualidad se considera una de las plagas más serias del plátano. El ataque se manifiesta por un alargamiento de las hojas y una disminución en el tamaño de los frutos, y en general un aspecto enfermizo de la planta. Si este es severo puede dar lugar a la caída de la planta. Las medidas preventivas se basan en la aplicación de buenas medidas sanitarias en el campo, como la limpieza de los tallos y hojas que se han caído o han sido cosechadas. Además, el material de siembra no debe estar

infectado de barrenadores, por tanto los rizomas se deben inspeccionar cuidadosamente para comprobar que no haya túneles del barrenador. También como medida preventiva se recomienda sumergir los rizomas y el extremo basal de los chupones en una solución desinfectante. En cuanto al control químico, los barrenadores de la raíz se controlan por medio de aspersiones o espolvoreas. El tratamiento debe alcanzar todos los huecos cerca de la base de las hojas viejas y tratar el suelo en un radio de 0,5 m alrededor de las plantas. Las áreas infectadas se deben tratar por lo menos una vez al año, durante la temporada seca.



Fig. 9: Barrenador de la raíz del plátano (*Cosmopolites sordidus*)

Pratylenchus, Helicotylenchus y Meloidogyne: Se encuentran en una gran variedad de tipos de suelos, pero los cálidos, poco profundos y bien drenados, proporcionan las condiciones más favorables para su desarrollo. Las hembras tienen forma de saco, se fijan a la planta, y al morir dejan en su interior los huevos. Los nematodos parásitos poseen un estilete, que clavan en el tejido de la planta, para succionar la savia de la que se alimenta.

Los huevos eclosionan y dan lugar a una larva que sufrirá cuatro mudas antes de ser adulto. La duración del ciclo en zonas templadas es de una o dos generaciones al año, mientras que en climas cálidos puede tener una generación al mes. Los daños causados por nematodos se producen en las raíces, dando lugar a una disminución de la producción. Los daños se manifiestan en las plantaciones por un amarilleo de las hojas, la muerte de las ramas bajas, agallas

en las raíces y sobreproducción de raicillas. El nematicidas típico del plátano es el di bromo-cloro-propano, aplicado a dosis de 35-40 L/ha, los tratamientos serán más efectivos en los meses Febrero-Marzo y Septiembre-Octubre.

Picudo Negro del Plátano: Su nombre común es gorgojo negro del plátano. Es considerado como una de las plagas más importantes en todas las regiones del mundo donde se cultiva plátano. El daño que produce el picudo es el resultado de la destrucción del tejido de los cormos por las larvas perforadoras. Especialmente los brotes tiernos de la planta muestran síntomas de marchitamiento y mueren, mientras que a las plantas de más edad les detiene su crecimiento. Los adultos no nocivos se alimentan de material vegetal en descomposición, activos durante la noche y viven en el suelo.

Las hembras depositan sus huevos en grietas o pequeñas cavidades construidas con su aparato bucal y en cada cavidad depositan solo un huevo, los cuales son depositados en la noche y la mayoría se coloca en la mitad superior de los cormos. Pueden atacar cualquier estado de desarrollo de la planta, manifestando síntomas visuales externos, como amarillamiento de la hoja, debilidad, escaso desarrollo y la formación de racimos anormales. Si el ataque es severo la planta puede morir.



Estado Larvario



Estado Adulto

Fig.10: Picudo Negro del Plátano



Fig.11: Daño producido por el picudo negro del plátano

2.1.6 Principales enfermedades del plátano

Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*):

Los efectos de la enfermedad sobre la planta son: Pérdida parcial o total del follaje, reducción de vigor, pérdida de peso de los racimos y maduración precoz de los mismos.

La enfermedad evoluciona en la planta a través de la siguiente secuencia: pequeñas manchas de color blanco amarillo a rojizo, que sólo son visibles por el envés de la hoja, las cuales aumentan de tamaño, formando rayas de color marrón, que continúan alargándose hasta coalescer formando manchas oscuras redondeadas o elípticas en el envés y negras en el haz que empiezan a secarse, originando una depresión en el centro de la mancha rodeadas generalmente de un halo amarillo. La lesión se rodea de un borde oscuro y de tejido clorótico, que va avanzando hasta cubrir toda la hoja.



Fig. 12: Daño provocada por la Sigatoka Negra a la hoja del plátano

Moko (*Ralstonia Solanacearum* Smith):

Cuando la infección ocurre vía raíces o rizoma, se evidencian síntomas tempranos en plantas maduras, consistentes en amarillamiento progresivo y flacidez de las hojas más viejas. No obstante, el desarrollo de síntomas va a depender de las plantas afectadas. Las plantas adultas infectadas no mueren, pero se afecta el tamaño y calidad del racimo (Belalcázar, 1991; Jeger et al, 1995, citados por Páez A., 1996).

Cuando la infección ocurre en las inflorescencias (transmisión por insectos), el primer síntoma aparece en las brácteas de las flores masculinas; estas estructuras se marchitan, ennegrecen, se necrosan y no se levantan y enrollan sobre su cara superior como normalmente ocurre.

Los frutos de racimos infectados, presentan un amarillamiento prematuro, por lo cual a la enfermedad también se le denomina “maduraviche”; bajo infecciones severas y a edad temprana, los frutos se pudren (Belalcázar,1991).



Fig.13: Daño producido por el Moko en el plátano

2.1.7. Coeficiente biológico del cultivo del Plátano (K_c):

En los cálculos de riego se conoce como coeficiente del cultivo k_c , a la relación de las necesidades diarias de riego del cultivo (ET_c) y la Evapotranspiración de referencia (ET_o), cuando el suministro de agua atiende plenamente las necesidades del cultivo.

$$K_c = \frac{ET_c \left(\frac{mm}{dia} \right)}{ET_o \left(\frac{mm}{dia} \right)}$$

Por lo tanto si se requiere conocer las necesidades diarias de riego del cultivo (ET_c) utilizamos la formula $ET_c = ET_o \times K_c$

El coeficiente k_c no es constante durante las diferentes fases de desarrollo del cultivo.

Los valores máximos de K_c se alcanzan en la floración, se mantienen durante la fase media y finalmente decrece durante la fase de maduración. Lo mejor es disponer de valores de K_c para cada cultivo obtenidos en la zona y para distintas fechas de siembra pero en ausencia de esta información se pueden usar valores aproximados de K_c .

Mes	Kc
Enero	0.94
Febrero	0.94
Marzo	0.91
Abril	1.02
Mayo	1.43
Junio	1.95
Julio	1.02
Agosto	1.08
Septiembre	1.16
Octubre	1.28
Noviembre	0.96
Diciembre	0.91

Tabla No.1: Coeficiente biológico del cultivo (Kc) del Plátano.

Fuente: Palacios, E. 1989.

2.1.8 Valor Nutricional:

Tiene un elevado valor energético (1.1-2.7 Kcal /100 g), siendo una importante fuente de vitaminas B y C, tanto como el tomate o la naranja. Numerosas son las sales minerales que contiene, entre ellas las de hierro, fósforo, potasio y calcio.

2.2 SISTEMA DE RIEGO

2.2.1 Riego por aspersión

El riego por aspersión es la aplicación oportuna y uniforme de agua en forma de lluvia artificial utilizando unos dispositivos de emisión de agua, denominados aspersores, que generan un chorro de agua pulverizada. El agua sale por los aspersores dotada de presión y llega hasta ellos a través de una red de tuberías cuya complejidad y longitud depende de la dimensión y la configuración de la parcela a regar. Por lo tanto es un método de riego mecanizado o presurizado, ya que necesita de mecanismos que generan presión para mover el agua.

La aspersión se obtiene al impulsar el agua a presión a través de pequeños orificios o boquillas. Generalmente la presión se obtiene por bombeo del agua, aunque puede lograrse por gravedad si la fuente de abasto es bastante elevada con relación al área regada.

Con este tipo de riego se pretende acumular agua dentro del volumen del suelo donde se encuentran las raíces de las plantas, que son los órganos encargados de absorber el agua que necesitan éstas para el desarrollo de funciones vitales, especialmente la transpiración.

El agua puede aplicarse uniformemente, a un gasto calculado según la capacidad de absorción del suelo, si se tiene cuidado en la selección de las boquillas, el caudal, la presión necesaria y el espaciamiento adecuado de los aspersores, se elimina de esa manera el escurrimiento y el daño resultante al suelo y los cultivos y se logra una adecuada distribución en el reparto del agua.

Un buen riego no es el que moja uniformemente la superficie del suelo, si no aquel que almacena agua uniformemente en el perfil del suelo.

La aplicación del riego por aspersión debe ser oportuna de tal manera que las plantas no se vean sometidas a periodos en que el agua en el suelo sea insuficiente, por dejar pasar demasiado tiempo entre dos riegos consecutivos, ni que las plantas se vean sometidas al exceso de agua en el perfil del suelo, por regar demasiado frecuentemente una superficie agrícola.

2.2.2. Importancia del Riego por Aspersión.

La actividad del regadío ha estado asociada a un objetivo fundamental: la sobrevivencia del ser humano y ha sido en parte responsable del auge y caída de florecientes civilizaciones.

Gracias a los sistemas de riego, han surgido civilizaciones en lugares áridos. Pero el riego no solamente es necesario en regiones áridas, también se justifica en zonas tropicales que acusan una prolongada época seca que varía de uno a varios meses. En esos lugares se limita la actividad agrícola a la época lluviosa, como ocurre en la región central de Brasil, América Central, África Occidental, etc. En estas condiciones se aplica el riego suplementario, que permite obtener dos o más cosechas al año con rendimientos mucho más altos y, a su vez, se garantiza la producción durante la época de las lluvias, actuando como un seguro de cosecha, pues el comportamiento de las mismas puede ser muy irregular en cuanto a distribución y cantidad.

Por otro lado, en condiciones de temperatura extremadamente bajas, que tienen efectos negativos en el desarrollo y producción de cultivos, se justifica la aplicación del riego anti heladas, lo que es común en países como Brasil, Estados Unidos, Rusia y Canadá.

2.2.3 Clasificación de los Sistemas de Riego por Aspersión

Es conveniente clasificar los sistemas de aspersión en función de la movilidad de los diferentes elementos del sistema, ya que facilita la comprensión de su funcionamiento y puede dar idea de los gastos de inversión necesarios. Los sistemas de riego por aspersión pueden agruparse en dos grandes familias:

- Estacionarios
- De Desplazamiento Continuo

Dentro de los sistemas estacionarios se encuentran:

- **Lossistemas móviles:** donde todos los elementos de la instalación son móviles incluso puede serlo la bomba.
- **Los sistemas Semi-fijos:** suelen tener fija la red de tuberías principales que normalmente va enterrada y las tomas o hidrante donde se conectan los ramales de riego que son móviles. Estos ramales de riego pueden llevar directamente acoplados los aspersores.
 - 1) Tubería Móvil (Manual o Motorizada)
- **Sistemas Fijos:** En este sistema todas las tuberías son fijas, desplazándose únicamente los tubos porta-aspersores y los aspersores.
 - 1) Tubería Fija:
 - 2) Permanente (Cobertura total o enterrada)
 - 3) Temporales (Cobertura total aérea)

Dentro de los sistemas de desplazamiento continuo se encuentran:

- Ramales desplazables:
 - 1) Pivot o Pivote (Desplazamiento Circular)
- Aspersor Gigante:
 - 1) Lateral de Avance Frontal
 - 2) Ala sobre Carro
 - 3) Cañones Viajeros
 - 4) Enrolladores

2.2.3.1 Sistemas de riego fijos

Los sistemas fijos consisten en un equipo de tuberías y aspersores que cubren completamente el área de riego y no precisan transporte durante la campaña de riegos. Pueden ser permanentes, si la red de distribución está enterrada y todo el equipo está en la parcela de riego en todo momento. Son de utilización preferente en instalaciones deportivas, jardinería, viveros, cultivos ornamentales, y aunque con menor proporción en cultivos extensivos de regadío. También pueden ser transportables o amovibles, si al menos parte de los mismos se puede desmontar y retirar cuando acaba la campaña de riegos.

2.2.3.2 Sistema semifijo y portátil

Los sistemas semifijos, suelen tener fija la estación de bombeo y la red de tuberías principales, que va enterrada, de la que derivan los hidrantes donde se conectan las tuberías de alimentación y los ramales de riego, que son móviles. Estos ramales de riego, pueden llevar acoplados directamente los aspersores o bien ir dotados de mangueras que desplazan cada uno de los aspersores (sobre patines) a una determinada distancia del ramal, permitiendo realizar varias posturas sin necesidad de cambiar la tubería de sitio. En los de tubería fija, sólo se cambian los tubos porta-aspersores y los aspersores.

El proceso de transporte admite diferentes grados de mecanización desde el completamente manual hasta los mecanizados. En última instancia se puede transportar solamente los aspersores de una parcela a otra y en ese caso se tendría un sistema de cobertura total.

2.2.3.3 Sistemas de movimiento continuo

Los sistemas móviles, la totalidad de la red de distribución se puede desplazar de una posición a otra, incluso puede darse el caso de ser móvil el grupo de

elevación, generalmente accionado por un motor de un tractor. En estos casos reviste especial importancia la resistencia mecánica de los materiales empleados.

Dentro de los sistemas no convencionales, también llamados sistemas auto mecánicos, podemos distinguir los sistemas pivotantes, que consisten en una tubería sustentada por una serie de torres autopropulsadas que describen un movimiento circular alrededor de un hidrante central fijo. El sistema se auto regula para mantener la alimentación y la velocidad angular en las condiciones prefijadas. En los sistemas de desplazamiento lateral las torres autopropulsadas describen un movimiento rectilíneo y cubre una parcela rectangular desde un extremo al otro. En este caso es frecuente que el suministro de agua se realice desde un canal o tubería flexible y se eleve mediante un grupo accionado desde un tractor.

Se conocen una gran cantidad de máquinas regadoras, más o menos automatizadas, entre las que cabe destacar los bastidores con tuberías de aspersión y los cañones autopropulsados.

2.2.4 Partes de un sistema de riego por aspersión

- a) Fuente de Abastecimiento: Superficial o Subterráneo (Pozos).
- b) Estación de Bombeo.
- c) Canales permanentes y obras adjuntas a los mismos.
- d) Tubería de presión (Principal o conductora, Secundarias o Maestras, Laterales).
- e) Obras adjuntas a la tubería (Hidrantes, Tomas de agua, etc)
- f) Aspersores

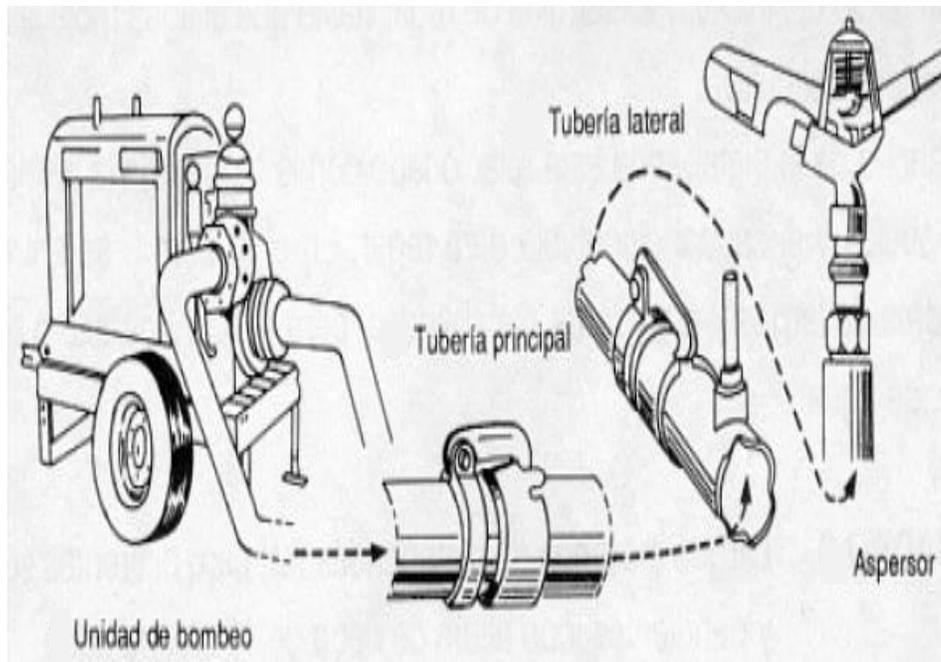


Fig. 14: Partes de un sistema de riego por aspersión

Aspersores: Es el elemento principal en el sistema de riego por aspersión. Los materiales de fabricación pueden ser de plástico o de bronce.

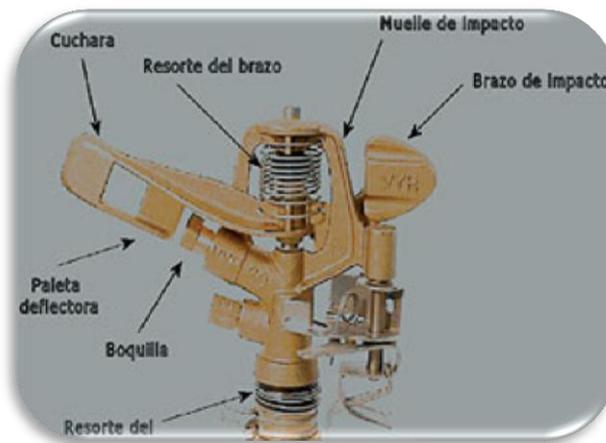


Fig. 15: Partes de un Aspersor

2.2.5. Clasificación de los aspersores

Según la longitud del chorro:

Aspersores de chorro corto: 18m o menos

Aspersores de chorro medio: 18 a 45m

Aspersores de chorro largo: más de 45m

Según la presión de trabajo:

Aspersores de baja presión: $\leq 2.5\text{atm}$

Aspersores de media presión: 2.5 a 5atm

Aspersores de alta presión: más de 5atm

Según la Intensidad de la lluvia:

Aspersores de baja Intensidad: menos de 6mm/h

Aspersores de media Intensidad: 6 a 18mm/h

Aspersores de alta Intensidad: más de 18mm/h

2.2.6. Características de los aspersores

- a) Boquilla del aspersor u orificio de salida (pulg o mm)
- b) Gasto de agua (lps o gpm)
- c) Presión necesaria para el buen funcionamiento (atm.lbs/pulg^2)
- d) Intensidad de la lluvia (mm/h, mm/min)
- e) Diámetro nominal o radio de acción (pies o m)

2.2.7 Selección del tipo de aspersor

Depende de:

- a) Volumen de agua a suministrar en cada posición.
- b) De la velocidad de infiltración que admite el suelo.
- c) De la presión disponible en el sistema.
- d) De la duración en cada posición.

- e) De las posibilidades de desplazamiento.
- f) De la naturaleza del suelo y las plantas.
- g) De la velocidad de los vientos.

	Rotor de baja intensidad utilizado fundamentalmente en vegetales viveros y plantas ornamentales.
	Aspersor de ángulo bajo y baja presión, se utiliza en el riego de frutales para el riego por debajo de la copa.
	Aspersor de baja presión con una boquilla, para uso en viveros, plantas ornamentales y vegetales.
	Aspersor de baja presión y de dos boquillas para uso en vegetales, viveros y plantas ornamentales.
	Aspersor de media presión y dos boquillas para uso general.
	Aspersor sectorizado, para utilizar en los límites de los lotes y área irregulares.
	Aspersor de alta presión, para cultivos como pastizales, forrajes, caña de azúcar, plátano entre otros cultivos.

Fig. 16: Aspersores más comunes utilizados en Agricultura.

2.2.8 Elementos de control de un sistema de riego

- Medidores de presión.
- Contadores volumétricos.
- Electroválvulas.
- Válvulas seccionadoras.
- Válvulas limitadoras de caudal.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Programadores.

2.2.9 Red de distribución

La red de distribución es la encargada de conducir el agua desde el cabezal a las plantas, y está compuesta por:

2.2.9.1 Tubería principal o conductora

Transporta el agua desde el cabezal de riego (bomba) a la línea de distribución. Normalmente de PVC y de DN mayor a la secundaria. En la intersección de la principal con la secundaria se instalan válvulas eléctricas o manuales que permiten la entrada de agua hacia la secundaria y por consiguiente, a los laterales.

2.2.9.2 Tubería Secundaria o maestra

Bajo tierra, encargada de conducir el agua de la tubería principal a los laterales, actuando como cabecera de la línea porta emisor o lateral. Generalmente de PVC.

2.2.9.3 Tubería Lateral

Es la línea que contienen los emisores. Generalmente de PE y de DN 12, 16 y 20 mm.

2.3 Sistema de bombeo

Existen diferentes maneras de bombear agua con pozo perforado. La diferencia consiste en el tipo de energía que se usa. Se puede utilizar varios tipos de energía, por ejemplo: energía solar o generador eléctrico a diesel. Cada tipo tiene sus ventajas y desventajas. Para diseñar un sistema de bombeo de agua, es importante conocer los detalles de cada tipo de energía antes de decidir cual sistema es lo más aplicable para comprar.

2.3.1 Comparación de varios sistemas en base de ventajas y desventajas

Cada tipo de energía en uso tiene sus ventajas y desventajas. La tabla que a continuación se muestra puede facilitar una mejor comprensión acerca de las ventajas y desventajas de los tipos de energía para bombeo de agua.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de tipos de energía para bombear agua.

	Ventajas	Desventajas
Eólico	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Operación sin atención ✓ Fácil mantenimiento ✓ Vida larga ✓ Es posible la construcción local ✓ No se necesita combustible 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se necesita abastecimiento de agua para periodos con poco viento ✓ Diseño y planificación del proyecto complicado ✓ No es fácil instalar ✓ Se necesita viento frecuente
Solar FV	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Operación sin atención ✓ Fácil mantenimiento ✓ Bajos costos de operación y mantenimiento ✓ Vida larga ✓ Fácil instalación ✓ Sistema limpio (no hay emisiones) ✓ No se necesita combustible 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Altos costos iniciales ✓ Se necesita abastecimiento de agua para periodos nublados ✓ Se necesita personas técnicas para la instalación y si acaso reparación ✓ Requiere frecuente sol

Diesel o gasolina	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rápido y fácil para instalar ✓ Bajos costos iniciales ✓ Mucha experiencia ✓ Es posible que sea portátil ✓ Mucha fuerza 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Altos costos de combustible, filtros y aceite ✓ Altos costos de mantenimiento ✓ Vida de operación corta ✓ Se necesita reemplazo ✓ Ruido y contaminación ✓ Incertidumbre del precio futuro de diesel en Nicaragua
-------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.3.2. Componentes de un sistema de Bombeo

Un sistema de bombeo de agua generalmente cuenta con los siguientes componentes:

- ✓ **Pozo perforado:** dependiendo de la profundidad se puede perforar un pozo con equipo de mano o con maquinaria.
- ✓ **Energía para la bomba:** representa la energía usada para bombear el agua hacia arriba. La cantidad de energía aumenta con la profundidad. Hay varios tipos sistemas
- ✓ **Bomba:** hay varios tipos: bombas superficiales y bombas sumergibles. Una bomba sumergible generalmente tiene mayor potencia entonces puede bombear hasta profundidades más largas que una bomba superficial.

La potencia de la bomba podrá calcularse por la fórmula siguiente:

$$P_b = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/h)} * \text{CTD (m)}}{270 * \left(\frac{E_f}{100}\right)} * F_s$$

Donde:

P_b= Potencia de la bomba (Hp)

Q = Caudal de la tubería conductora (m³/h).

CTD = Carga total dinámica de la bomba (m).

Ef = Eficiencia del equipo de bombeo (%)

Fs = Factor de seguridad (1.20 para motores)

Los motores eléctricos que accionan las bombas deberán tener un margen de seguridad que las permita cierta tolerancia a la sobrecarga y deberá preverse los siguientes márgenes:

- 50% aprox. Para potencia de la bomba hasta unos 2 HP.
- 30% aprox. Para potencia de la bomba hasta unos 2 a 5 HP.
- 20% aprox. Para potencia de la bomba hasta unos 5 a 10 HP.
- 15% aprox. Para potencia de la bomba hasta unos 10 a 20 HP.
- 10% aprox. Para potencia de la bomba superior a 20 HP.

Estos márgenes son meramente teóricos e indicativos y pueden ser variados según la curvade funcionamiento de la bomba o según las características específicas del motor aplicado.

2.4. Condiciones Edafoclimaticas

2.4.1 Clima

El clima de la zona de estudio está clasificado como tropical sub-húmedo, con temperaturas cálidas entre los 25° y 28°C, precipitación media anual de 1100 a 1600 mm.

2.4.2. Viento

Es una masa de aire en movimiento, la cual tiene una gran importancia en la elaboración del diseño de ciertos sistemas de riego ya que tiene una gran influencia en la eficiencia y la uniformidad del sistema.

Los datos de velocidades de viento de la zona de objeto de estudio (10 km/seg) fueron suministrados por el INETER tomados a través de la red.

2.4.3. Precipitación Pluvial

La importancia de la precipitación se debe al aporte de humedad que ofrece al suelo, la cual es utilizada por las plantas para su desarrollo.

2.4.4. Humedad Relativa

Representa el porcentaje de humedad no saturada existente en el aire. Esta capacidad de saturación es tanto más grande cuanto mayor sea la temperatura de la masa, pues el aire absorbe más vapor cuanto más caliente esta.

2.4.5. Evaporación

Es el paso del agua de una superficie líquida a la atmósfera, la cual se convierte en vapor debido a la aireación que sufren sus moléculas y a la incidencia de radiación solar, temperatura, viento, etc.

2.5. Propiedades Hídricas de los Suelos

El agua se considera una de los tres componentes del suelo, conjuntamente con la parte sólida y gaseosa. Del contenido de humedad del suelo depende la velocidad de erosión de las rocas, la intensidad de los procesos físicos, químicos y biológicos.

La humedad es necesaria para la actividad vital de los microorganismos, los que son considerados un factor importante para la formación de los suelos.

Es necesario conocer la capacidad del suelo para almacenar agua con el fin de reponer la cantidad extraída. Al regular la cantidad de agua del suelo, es decir, al llevar a cabo un mejoramiento hídrico, es posible dirigir con relativa facilidad muchas de sus propiedades.

Con respecto a la cantidad de agua almacenada en el suelo, que varía de una forma constante, se pueden distinguir las siguientes fases:

2.5.1. Capacidad de Campo (CC)

En un suelo saturado el exceso de agua se elimina por gravedad, es decir, el agua que ocupa una gran parte de los poros cae al subsuelo por su propio peso. A partir

del momento de la saturación y al cabo de un tiempo que dura dos o tres días el suelo ha eliminado por gravedad la mayor parte del agua sobrante. Se dice entonces que el suelo se encuentra a la capacidad de campo.

Cuando los poros grandes del suelo se llenan de aire, los micro-poros se llenan de agua y cualquier desagüe es lento, en estas condiciones se dice que el suelo está a su capacidad total.

2.5.2 Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Representa el índice de humedad del suelo en el cual las plantas no obtienen la suficiente agua para las necesidades de transpiración. A partir de la capacidad de campo, el agua se va perdiendo progresivamente por evaporación y absorbido por las plantas, hasta que llega un momento en que las plantas ya no pueden absorber más agua y se marchitan. Se dice que el suelo ha alcanzado el punto de marchitamiento.

2.5.3. Limite productivo (Lp)

Se define como el punto que determina el rango de humedad óptima en la capa activa del suelo para un determinado cultivo que asegura, que éste nos dé los máximos rendimientos o sea producción, este valor se ha determinado en un punto entre la capacidad de campo y el punto de marchites permanente.

Varios autores han considerado este valor como un 70-80% del valor de la capacidad de campo, sin embargo debemos hacer referencia que este es un dato aproximativo y en ningún momento deberá representar para el ingeniero proyectista una realidad imperativa, más bien se deben hacer validaciones al respecto según las condiciones de la zona, utilidades de la empresa, criterios económicos, análisis de rendimientos de los cultivos en función del número de riegos aplicados por campaña, etc.

2.5.4. Agua fácilmente utilizable (AFU)

Es el valor comprendido entre un rango de CC y PMP. En este rango, no toda esta humedad es igualmente accesible a las plantas, para la programación de los

riegos se debe agotar únicamente hasta una porción de la capacidad de campo correspondiente al límite productivo, que normalmente se define en valores del 70 al 80% de la CC. Este rango de humedad, de AFU, corresponde a los egresos de la planta en un determinado período y es aquella humedad que deberá reponerse por el riego. Los egresos de la planta son una función directa del estado de la fase fenológica en que esta se encuentre y de las condiciones climáticas de la zona. Decisiones de agotamiento de humedad hasta un 70 y/o 80%, involucran decisiones técnicas, económicas del administrador del riego, ya que a límite productivo de un 70% de la CC le corresponde mayor número de riegos en relación a la toma de decisión de un 80%.

2.6. Propiedades Físicas de los suelos

Entre las propiedades físicas se encuentran: Textura, Estructura, Densidad del suelo en su estructura natural, Densidad de su fase sólida, Porosidad, entre otras.

2.6.1. Textura

La textura se refiere a las proporciones porcentuales de las agrupaciones por tamaños de los granos individuales en una masa de suelo. Se refiere específicamente a los porcentajes de arcilla, del limo y de las arenas de menos de 2 mm de diámetro. Si las partículas mayores de 2 mm están presentes en cantidades significativas, al nombre de la textura se le agregará el adjetivo de gravoso o pedregoso según sea el caso.

El número de combinaciones entre las tres fracciones que determinan la textura es limitado donde hay infinitas posibles combinaciones las cuales se han dividido en clases texturales.

La textura es la propiedad física más importante del suelo, tanto así que afecta esencialmente a todas las demás propiedades físicas del suelo. La influencia de la textura en el suelo se encuentra en la porosidad total, aireación, retención y movimiento del agua en el suelo, escurrimiento superficial e infiltración, drenaje y

permeabilidad, desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados y la erosión.

En el riego y el drenaje, la textura juega un papel fundamental, en el cálculo de láminas de riego, de lavado, en el proyecto y diseño de sistemas de riego y de drenaje.

Una clasificación más detallada de los suelos se presenta en la tabla siguiente, la que da una primera indicación de las características de la constitución de los suelos y de la influencia que estas tienen en las propiedades de carácter agronómico de los mismos.

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Attemberg – (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura
<0,001	Arcilla	Arcilla
<0,002		
0,005	Limo	Limo
0,01		
0,02		
0,05	Arena fina	Arena muy fina
0,1		
0,25		Arena fina
0,2		
0,5	Arena gruesa	Arena gruesa
1,0		Arena muy gruesa
2,0		
3,0	Grava fina	Grava fina
5,0		
10,0	Grava	Grava
20,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
>20,0		

Fuente: Cisneros A. R. 2003. Apuntes de Riego y Drenaje

2.6.2. Estructura

Desde el punto de vista morfológico, es el grado, forma o modo en que las partículas integrantes de un suelo, se asocian entre sí, formando de manera natural grupos unidos sin la intervención del hombre.

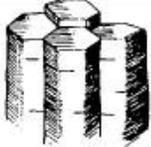
La estructura afecta la penetración del agua, el drenaje, la aireación y el desarrollo de las raíces, incidiendo así en la productividad del suelo y las facilidades de la labranza.

La evolución natural del suelo produce una estructura vertical estratificada a la que se conoce como perfil. Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferenciación se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical.

El transporte vertical tiene dos dimensiones con distinta influencia según los suelos:

- La lixiviación o lavado la produce el agua que se infiltra y penetra verticalmente desde la superficie, arrastrando sustancias que se depositan sobre todo por adsorción.
- La otra dimensión es el ascenso vertical por capilaridad, importante sobre todo en los climas donde alternan estaciones húmedas con estaciones secas.

En el siguiente cuadro se muestran los principales tipos de estructura.

ESTRUCTURA	CARACTERÍSTICA
<p>a. Granular. Relativamente no porosos; agregados pequeños (tamaño menor de 2 cm de diámetro), esferoidales, no ajustados a los agregados adyacentes. Se localizan comúnmente en el horizonte "A".</p>	
<p>b. Migajosa. Relativamente porosos; agregados pequeños y esferoidales no ajustados a los agregados adyacentes. Se localizan comúnmente en el horizonte "A".</p>	
<p>c. Laminar. Agregados similares a placas; las dimensiones verticales de los agregados en posición natural son menores que sus dimensiones horizontales. Las placas a menudo se superponen e impiden la permeabilidad. Se encuentran generalmente en el horizonte "A2", en suelos de bosques y estratos arcillosos.</p>	
<p>d. Bloques angulares. Bloques limitados por otros agregados cuyas caras angulares bien definidas, forman el molde de estos. Los agregados a menudo se rompen en bloques más pequeños. Se localizan generalmente en el horizonte "B".</p>	
<p>e. Bloques subangulares. Gránulos similares a bloques limitados por otros agregados, cuyas caras angulares redondeadas forman el molde del gránulo. Se localiza generalmente en el horizonte "B".</p>	
<p>f. Prismática. Agregados similares a columnas con las partes superiores no redondeadas. Otros agregados forman el molde del ped. Algunos agregados prismáticos se rompen en pedes de bloques más pequeños. Se localiza generalmente en el horizonte "B".</p>	
<p>g. Columnar. Se caracteriza porque las dimensiones verticales de los agregados en posición natural son mayores que sus dimensiones horizontales. Las columnas están separadas por grietas verticales y generalmente quebradas por grietas horizontales. Las cabezas de las columnas son redondeadas y se encuentran muy a menudo en el horizonte "B" en suelos alcalinos (sódicos).</p>	

Fuente: Cisneros A. R. 2003. Apuntes de Riego y Drenaje

2.6.3. Densidad Aparente del suelo (Da)

Por densidad del suelo se entiende a la masa de una unidad de volumen de suelo seco en su estructura natural. En este caso se tiene en cuenta todos los huecos y poros que existen en el suelo.

Se define como el cociente que resulta de dividir el peso de suelo seco entre el volumen total, incluyendo los poros. Usualmente se expresa en gr/cm^3 . Para fines prácticos, conceptualmente esto es lo mismo que la gravedad específica, peso específico o peso volumétrico.

Los valores de la densidad aparente varían en función de las propiedades de los suelos fundamentalmente con la textura y el contenido de materia orgánica. Sin embargo como valores medios se tienen los siguientes:

Arenas 1.4 - 1.6 gr/cm³

Francos 1.3 - 1.4 gr/cm³

Arcillas 1.1 - 1.3 gr/cm³

Suelos orgánicos 0.7 - 1.1 gr/cm³

2.6.4. Porosidad

El suelo está constituido por partículas sólidas de distinto tamaño que dejan entre si unos espacios o poros ocupados por aire y agua. Por lo general, el aire ocupa una gran parte del espacio de los poros grandes, mientras que el agua ocupa los poros más pequeños. El conjunto de los poros se llama porosidad su valor puede oscilar entre 40% y 60% del volumen total del suelo.

Los poros pueden dividirse en cuatro grupos de acuerdo al tamaño: macro poros (0.2 mm), poros medios (0.2 a 0.02 mm), poros finos (0.02 a 0.002 mm), poros muy finos (menores a 2 micrones).

Para el crecimiento adecuado de las plantas es más importante el tamaño de los poros que el espacio poroso total, esto es, debido al tamaño de raíces (8 a 12 micrones) las cuales en poros grandes se desarrollarán mejor.

El mejor balance de retención de agua (micro poros) más el adecuado movimiento de aire y agua (macro poros) está en suelos de textura media como los francos.

Fuente: Cisneros A. R. 2003 Apuntes de Riego y Drenaje

Los valores de la porosidad fluctúan alrededor de los porcentajes siguientes:

30% para las arenas

50% para las texturas francas

65% para las arcillas.

2.6.5. Infiltración

La infiltración es una propiedad física muy importante en relación con el manejo del agua de riego en los suelos. Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr o cm/min.

La cantidad de agua que se infiltra en un suelo en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él.

Ortiz y Ortiz (1980), mencionan que los factores principales que determinan la magnitud del movimiento del agua por infiltración son:

- Textura. Los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. En un suelo arenoso se favorece la infiltración.
- Estructura. Suelos con grandes agregados estables en agua tienen proporciones de infiltraciones más altas.
- Cantidad de materia orgánica. Altas proporciones de materia orgánica sin descomponer propician que una mayor cantidad de agua entre al suelo.
- Profundidad del suelo a una capa endurecida “hardpan”, lecho rocoso u otras capas impermeables influyen en la infiltración. Los suelos delgados almacenan menos agua que los suelos profundos.
- Cantidad de agua en el suelo. En general un suelo mojado tendrá una menor infiltración que un suelo seco.
- Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración del agua que los suelos fríos.
- Cantidad de organismos vivos. A mayor actividad microbiológica en los suelos habrá una mayor infiltración. Un caso típico es la elaboración de

pequeños túneles por las lombrices, los cuales favorecen la infiltración y la penetración de las raíces así como la aireación.

CLASIFICACION	MAGNITUD (cm/hr)	CARACTERISTICAS
MUY LENTA	< 0.25	Suelos con un alto contenido de arcilla.
LENTA	0.25 - 1.75	Suelos con alto contenido de arcilla, bajo en materia orgánica o suelos delgados.
MEDIA	1.75 - 2.50	Suelos migajones arenosos o migajones limosos.
RAPIDA	> 2.50	Suelos arenosos o migajones limosos profundos y de buena agregación.

Fuente: Cisneros A. R. 2003. Apuntes de Riego y Drenaje

2.7. Propiedades Químicas del suelo

Para obtener un buen rendimiento de las cosechas, entre otras cosas se requiere que el suelo este provisto de una cantidad adecuada de todos los nutrientes necesarios que las plantas toman del suelo. Estos nutrientes deben estar presentes en el suelo de forma tal que las plantas puedan utilizarlos y al mismo tiempo tener un equilibrio entre ellos.

2.7.1. Acidez del suelo (pH)

La determinación de la acidez del suelo (pH), se ha utilizado comúnmente como medio para diagnosticar la alcalinidad de los mismos, cuando los valores de pH varían entre 6.8 a 7.2 generalmente es una indicación de la presencia de un pH neutro, cuando el valor del pH es menor de 6.8 indica que estamos en presencia de un suelo acido (presencia de sales) y si estamos con un pH mayor de 7.2 es una indicación que se está en presencia de un suelo básico.

2.7.2. Materia Orgánica (MO)

La materia orgánica está compuesta por una gran variedad de materiales que van de residuos frescos de plantas y animales, a los grupos de compuestos de descomposición lenta y de apariencia casi uniforme, denominado humus.

2.8. Calidad del agua de riego

2.8.1. Composición química del agua de riego

El agua de riego se obtiene de ríos, lagos, pozos o corrientes continuas de agua naturales, de estaciones depuradoras de aguas residuales, por procesos de desalinización del agua del mar y, en menor medida, de lagos salados, que poseen el riesgo de salinizar las tierras, estaciones depuradoras y trasvases de agua procedentes de otras cuencas. Se distribuye por acequias o por tuberías a presión.

También puede ser obtenida de embalses o balsas que acumulan las corrientes discontinuas de agua procedentes de la lluvia (especialmente de las ramblas).

La calidad del agua de riego se refiere a la composición del agua en la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias ya sea tóxica o producida por procesos naturales.

De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la **Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)**, la **Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.)**, y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro. Los valores que se presentan en las tablas de abajo son por lo tanto referenciales.

Palacios y Aceves en 1970, señalan que es un término que se utiliza para indicar la conveniencia o limitación del empleo del agua con fines de riego de cultivos agrícolas, para cuya determinación generalmente se toman como base las características químicas, pero actualmente al emplear riego por goteo, microaspersión y aspersión es relevante considerar características físicas y biológicas,

así como la tolerancia de los cultivos a las sales, las propiedades del suelo las condiciones de manejo del suelo, agua y las condiciones climatológicas.

El tipo de agua que se utilice como agua de riego tiene dos efectos importantes, a corto plazo influye en la producción calidad y tipo de cultivo y a largo plazo ciertas aguas pueden perjudicar el suelo hasta hacerlo totalmente inservible para la agricultura. Sea cual sea el origen del agua debe de cumplir la calidad que se exige a una agua de riego natural y únicamente en ciertas situaciones o para ciertas producciones pueden variarse los márgenes establecidos, siempre que no afecte las propiedades del suelo.

2.8.2. Parámetros de calidad del agua

El conjunto de parámetros a considerar en la evaluación de la calidad del agua de riego han de contemplar el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que definen su adecuación. Habitualmente las determinaciones que se realizan al agua de riego son:

<u>Parámetro de Calidad</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Unidad</u>	<u>Intervalo Usual</u>
Conductividad eléctrica	CEa a 25 °C	μS/cm	0-3000
	CEa a 25 °C	dS/cm	0-3
Materia disuelta total	MDT	mg/ l	0-2000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	mg/l	0-400
Magnesio	Mg ²⁺	mg/l	0-60
Sodio	Na ⁺	mg/l	0-900
Carbonatos	CO ₂ -3	mg/l	0-3
Bicarbonatos	HCO ₃ -	mg/l	0-600
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	0-1100
Sulfatos	SO ₂ -4	mg/l	0-1000
Dispersos			

Boro	B	mg/l	0-2
Ph	pH	-	6.5-8.5
SAR	SAR	-	0-15

2.9. Almacenamiento del agua en el suelo

El suelo constituye un almacén natural de agua con capacidad variable, según los espacios intermedios dejados por las partículas de suelo. Una de las funciones del suelo es proporcionar a las plantas la cantidad de agua necesaria para su desarrollo. Para comprender el papel del agua, es necesario conocer cuáles son las particularidades que la caracterizan y su relación con el suelo y la planta.

2.9.1. Formas de agua en el suelo:

En el suelo se encuentran tres tipos o formas de agua, que se identifican inmediatamente después de que se aplica un riego fuerte o se produce un aguacero abundante. En ese momento el agua penetra en el suelo gracias a la fuerza de gravedad, va ocupando todos los espacios porosos (principalmente macro poros) desplazando al aire y queda retenida por fuerzas de adhesión y cohesión. Cuando las fuerzas de cohesión son menores que las de gravedad, entonces el agua se filtra, penetra hasta las capas más profundas y pasa a formar parte de las aguas subterráneas. Esta agua se conoce como **agua gravitacional**, **agua libre o agua superficial** y no es aprovechable por las plantas. Después de que esta agua ha drenado, las partículas de suelo quedan envueltas por una lámina de agua que se mueve por fuerzas capilares y puede ascender a alturas que dependen de la textura de ese suelo. Esta es conocida como **agua capilar** y es aprovechable casi en su totalidad por las plantas. Si no llueve más o no se aplica riego y se permite que el agua capilar se reduzca a niveles en que el cultivo no puede absorberla, se llega al **agua higroscópica**. Esta se caracteriza porque es fuertemente retenida por las partículas de suelo y se mueve en forma de vapor. No existe una línea de separación evidente entre estas formas de agua, pues dependen de la textura, estructura, porosidad, temperatura, etc.

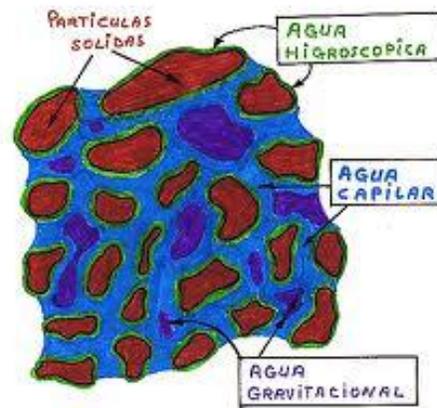


Fig. 17: Formas de agua en el suelo

Durante el desarrollo del estudio se llevaron a cabo diferentes etapas en la metodología utilizada, tales como:

- Recopilación de información.
- Trabajo de campo realizado en la zona de estudio.
- Elaboración de los diseños y análisis de resultados.

3.1. Recopilación de información

Esta etapa consistió en la recolección de información documental, para su revisión, selección e interpretación, esto se llevo a cabo en diferentes instituciones privadas y públicas, así también como consultas a especialistas en la materia.

3.2. Trabajo de campo

3.2.1 Levantamiento Topográfico.

El levantamiento Topográfico del área en estudio se realizó con ayuda de un GPS, dicho proceso consistió en bordear los linderos de la plantación realizando una marcación en cada punto estratégico con el fin de hacer una representación grafica del terreno a fin de determinar las dimensiones de esta, dato que se utilizó para determinar la ubicación de la tubería maestra y de conducción, además permitió conocer la longitud de los laterales de riego y la cantidad de agua a aplicar.

Posteriormente estos datos fueron descargados a través de un programa de computadora y luego fueron procesados a través de un software (Autocad) para poder determinar la pendiente de la parcela, para determinar la carga que deberá vencer la bomba en el diseño.

3.2.2 Método de muestreo de suelo para la determinación de la capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

Se definió el lugar donde se realizó el muestreo de suelos, realizándose 18 exploraciones con el barreno con una profundidad de 0 – 20 cm. Seguidamente se depositaron las muestras en el recipiente y se realizaron 6 muestreos con la pala con una profundidad de 10 – 20 cm y se agregaron a un balde, donde se homogenizaron las muestras y se extrajeron aproximadamente 1 Kg depositándose en una bolsa plástica sellada la que posteriormente se etiquetó para su posterior traslado al laboratorio.

3.2.3 Descripción del perfil de suelo a través del método de Calicata

La calicata se realizó con la vista del perfil opuesta a la dirección en que sale el sol. La sección fue de 1x1.5x1m a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. El material excavado se depositó en la superficie en forma ordenada separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Se dejaron plataformas o escalones de 0,20 a 0,30 metros al cambio de estrato, reduciéndose la excavación. Se dejó una de las paredes lo menos remoldeada y contaminada posible, de modo que representara fielmente el perfil estratigráfico de la calicata.

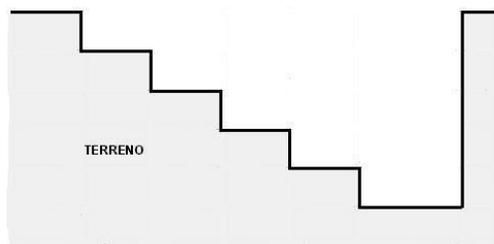


Fig. 18: Esquema de construcción de la calicata.

Inmediatamente se procedió a realizar el peinado del perfil con el cuchillo edafológico; posteriormente se diferenciaron los horizontes utilizando las siguientes propiedades: textura y estructura.

Con la cinta métrica se midió el espesor y profundidad de cada uno de los horizontes que conforman el perfil de suelo, y se determinaron también la presencia y profundidad de raíces.

Posteriormente se nombraron cada uno de los horizontes identificándose como: A0, A1, A2, B1, B2.

Se extrajo cierta cantidad de suelo de cada uno de los horizontes, se depositaron en una bolsa plástica previamente etiquetada y se trasladaron al laboratorio para la realización del análisis físico.

3.2.4 Determinación de la velocidad de infiltración

Se seleccionó un área representativa del suelo que se analizó y cuya estructura no hubiera sido alterada.

Posteriormente se delimitó una superficie de 50 x 50cm de lado y se limpió de hierbas las esquinas evitando compactarlas por pisoteo.

Se colocó el cilindro infiltrometro en el suelo hasta una profundidad de 5cm. Posteriormente se vertió agua en el cilindro pequeño. Un minuto antes de comenzar la infiltración se vertió agua en el cilindro grande hasta el enrase.

En el tiempo justo del comienzo de la infiltración se tomó rápidamente la lectura del intervalo (t_0). Esta lectura se anotó en la casilla de la tabla del intervalo correspondiente (Intervalo t_0).

Las lecturas se realizaron a los intervalos de 1 min, 1 min, 5 min, 10 min, 20 min, 30min, 30 min... hasta que en el suelo se infiltro la misma lámina de agua en la misma unidad de tiempo.

Inmediatamente después de que se efectuó una lectura de intervalo cualquiera, si se observaba que el nivel ha bajado notablemente con respecto al enrase se hacían enseguida un relleno de agua y una lectura posterior al relleno para estandarizar el nivel. Esta prueba se repitió 3 veces. Una vez obtenidos los datos se determinó la velocidad de infiltración del suelo, se graficó la curva de infiltración del suelo (Infiltración básica e infiltración acumulada) y se evaluó la velocidad de infiltración de suelo según la tabla No 1.

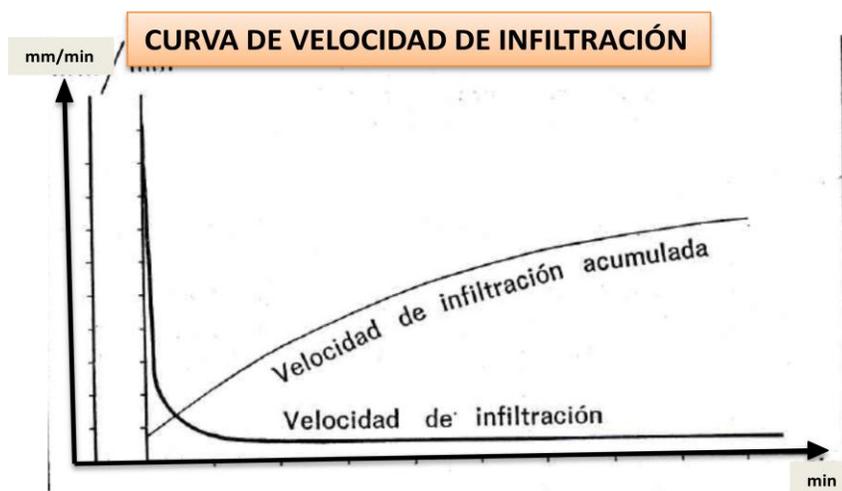


Fig. 19: Velocidad de infiltración e infiltración acumulada.

3.2.5 Determinación de la textura del suelo por el método del Tacto.

Se tomó una muestra de suelo del volumen de cada barrenada, colocándola en la mano izquierda. Seguidamente se agregó agua en forma lenta (gota a gota), manipulándola con la mano derecha hasta que tomo una consistencia pegajosa, con la cual se formó una bola de 2 a 5cm (1 o 2 pulg) de diámetro.

El punto en el cual el suelo húmedo se volvió maleable fue indicativo de su textura. Posteriormente se procedió a identificar la clase textural a la cual pertenece el suelo comparándolo con el cuadro que se muestra a continuación resultando un suelo Franco Arcilloso.

Arenoso	El suelo permanece y separado y puede ser acumulado solo en forma de pirámide.
Franco-Arenoso	El suelo contiene suficiente limo y arcilla para volverse pegajoso y se le puede dar forma de bola que fácilmente se deshace.
Franco-Limoso	Parece a arena franca, pero al suelo se le puede dar forma enrollándolo como un pequeño y corto cilindro.
Franco	Contiene la misma cantidad de arena, limo y arcilla. Puede ser enrollado como cilindro de 6 pulgadas de largo aproximadamente, que se quiebra cuando se dobla.
Franco-Arcilloso	Parecido al franco, aunque puede ser doblado en forma de U sin excederse y no se quiebra.
Arcilla Fina	El suelo puede tomar forma de círculo, pero mostrando grietas.
Arcilla Pesada	El suelo puede tomar forma de círculo, sin mostrar grietas.

3.3. Análisis de laboratorio para la determinación de las propiedades hidrofísicas del suelo.

3.3.1 Determinación de la capacidad de campo del suelo (CC) por el método del embudo de vidrio.

Las muestras representativas obtenidas del muestreo de suelo, se colocaron en los pesafiltros para evitar la evaporación del agua en el laboratorio de suelos para realizar el cálculo de la humedad a capacidad de campo. Seguidamente en un embudo de cristal grande se colocó un papel filtro previamente humedecido; el embudo se colocó en un anillo y unido a su soporte.

Se llenó el embudo con la muestra extraída hasta un poquito por debajo del papel filtro, se humedeció hasta saturar la muestra y que comenzara a gotear, recogiendo en un beaker situado debajo. Se dejó escurrir toda el agua gravitacional; por un lapso de tiempo de 24 horas. Una vez que cesó de escurrir el agua gravitacional de la muestra, se realizó la pesada (Psh).

Se puso la muestra en la estufa a 105°C hasta obtener peso constante, se realizó la pesada (Pss), y se determinó el tanto por ciento de humedad sobre la base de suelo seco, que será la capacidad de campo (CC), con la siguiente fórmula:

$$\%CC = \frac{(Psht - Psst)}{(Psst - Pt)} \times 100$$

3.3.2 Determinación del punto de marchitez permanente (PMP).

A partir del valor obtenido de la Capacidad de Campo se determinó el valor de Punto de Marchitez Permanente a través de la siguiente expresión:

$$\%PMP = \frac{\text{Capacidad de Campo}}{1.84}$$

3.3.3 Determinación de la densidad aparente o densidad de volumen del suelo (D_a).

Lo primero que se realizó fue la pesada de las taras vacías, en la balanza electrónica. A continuación se colocaron en cada tara las muestras de suelo extraídas de cada horizonte y se pesaron (P_{sh}). Se introdujeron las muestras al horno por 24hrs para posteriormente obtener su Peso Seco (P_{ss}). Y por último se procedió a determinar la densidad aparente del suelo, a través de la siguiente fórmula:

Densidad aparente (D_a):

$$D_a = \frac{\text{Peso suelo seco}}{\text{Volumen cilindro}}$$

3.3.4. Determinación de las propiedades químicas del suelo: Determinación del Ph del suelo.

Se pesaron 10 g de suelo seco al aire en frasco de boca ancha. Incluyendo una muestra control. Se agregaron 25 ml de líquido (Agua o solución de KCl 1 M) y se tapó el frasco y se agitó por unos minutos. Antes de abrir el frasco para la medición, se agitó con la mano una o dos veces. Luego se introdujo el electrodo en la parte de arriba de la suspensión y se tomó la lectura del pH cuando la lectura se estabilizó (con exactitud de 0.1 unidades).

3.4. Diseño del sistema de riego por aspersión

3.4.1 Diseño Agronómico

Las fórmulas que se utilizan en el diseño son las más utilizadas en todo diseño tecnificado de riego.

Este diseño se realiza después de obtener los datos de laboratorio para realizar el cálculo de la Láminaneta del suelo, LaminaBruta del suelo y Calculo del Tiempo de puesta.

Los datos de laboratorios a utilizar son: Densidad Aparente (Da), Profundidad Radicular (Hr), Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchites Permanente (PMP).

Lamina Neta del Suelo:

$$Nn = 100 * Da * Hr * (CC - PMP)$$

Donde:

Nn: Lamina Neta del suelo (mm)

Da: Densidad Aparente del suelo (g/cm^3)

Hr: Profundidad Radicular (m)

CC: Capacidad de Campo (%)

PMP: Punto de Marchitez Permanente (%)

Lamina Bruta del Suelo.

$$Nb = Nn / Ef$$

Donde:

Nb: Lamina Bruta del suelo (mm)

Nn: Lamina Neta del suelo (mm)

Ef: Eficiencia del Tipo de sistema de Riego (Notación Decimal)

Lamina Bruta del Cultivo.

$$N_b \text{ cultivo} = U_c / E_f$$

Donde:

N_b cultivo: Lámina Bruta del cultivo (mm)

U_c : Uso consuntivo (mm)

E_f : Eficiencia del Tipo de sistema de Riego (Notación Decimal)

Intensidad de Aplicación del Aspersor

$$I_a = 3600 * q_0 * \left[\frac{E}{E_a * E_l} \right]$$

Donde:

I_a : Intensidad de aplicación del aspersor (mm/h)

q_0 : Caudal del aspersor (lps)

E : Eficiencia del Tipo de sistema de Riego (Notación Decimal)

E_a : Espaciamiento entre aspersores (m)

E_l : Espaciamiento entre laterales (m)

Tiempo de Puesta.

$$T_p = N_n / I_a$$

Donde:

T_p : Tiempo de Puesta (hrs)

N_n : Lámina Neta (mm)

I_a : Intensidad de aplicación del aspersor (mm/h)

3.4.2 Diseño Hidráulico

Características Hidráulicas de los Aspersores (q_0).

$$q_0 = C_g * A * \sqrt{2 * g * h_0}$$

Donde:

q_0 : Gasto real del aspersor (m^3/seg)

C_g : Coeficiente del gasto del aspersor.

A : Área de salida de la boquilla (m).

g : Aceleración de la gravedad (m/seg^2).

h_0 : Presión de trabajo del Aspersor (m)

$$q_0 = 3.48 * C_g * D^2 * \sqrt{h_0}$$

Donde:

C_g : Coeficiente de Gasto del Aspersor.

D : Diámetro de la boquilla (m).

h_0 : Carga o presión de trabajo del Aspersor (m)

Coeficiente de Gasto del Aspersor.

$$C_g = \frac{\text{GastoReal}}{\text{GastoTeorico}}$$

Donde:

Gasto Real: Es el que se mide a la salida del aspersor al aplicarle una presión determinada la cual se realiza utilizando aforos volumétricos o utilizando otros equipos de medición.

Gasto Teórico: Se determina por la siguiente expresión:

$$q_0 \text{ teórico} = 3.84 * d^2 * \sqrt{h_0}$$

Donde:

q_0 teórico= Es el caudal teórico del Aspersor (m³/s)

d: Diámetro de boquilla (m).

h_0 = Presión de trabajo del Aspersor (m)

Intensidad de aplicación del aspersor

$$I_{\text{aneta}} = \frac{3600q_0}{A_{\text{efectiva}}} * E$$

Donde:

I_{aneta} : Intensidad de aplicación neta del aspersor (mm/hr).

q_0 : Gasto de diseño del aspersor (lps).

A_{efectiva} : Área regada por un aspersor (m²)

E: Eficiencia de aplicación del riego por aspersión (Notación Decimal)

Área Efectiva

En el caso de aspersores trabajando simultáneamente:

$$A_{\text{efectiva}} = E_a * E_l$$

Donde:

E_a : Espaciamiento entre cada aspersor (m)

E_l : Espaciamiento entre cada Laterales (m).

Con el dato de la intensidad de aplicación se hace una relación con la velocidad de infiltración del suelo en estudio esta relación debe ser $i_a \leq i_0$

Espaciamiento entre aspersores y acción del viento

Los aspersores en los laterales pueden tomar diferentes disposiciones esto estará en dependencia del criterio del diseñador pero existen criterios de espacio entre aspersores y laterales que están en dependencia de la existencia de viento en el área.

Criterios más utilizados:

En ausencia de vientos o moderados (menores de 2 m/s)

Disposición	Espaciamiento entre aspersores (E_a)
Cuadrado	$1.4142R$
Rectangular	$0.45R, E_l = 0.67R$
Triangular	$E_a = E_l = 1.73R$

Fuente: Riego y Drenaje, Juan Carlos Valverde

En Presencia de Vientos.

V (Km/h)	Cuadrado a (m)	Triangular	
		a(m)	b (m)
0	0.7D	0.75D	0.87D
0 - 10	0.55D	0.60D	0.70D
10 - 13	0.50D	0.55D	0.65D
13 - 30	0.30D	0.50D	0.60D

Fuente: Riego y Drenaje, Juan Carlos Valverde

Espaciamiento Rectangular		
V (Km/h)	Ea	Ei
0 - 10	0.4D	0.65D
10 - 15	0.4D	0.60D
Mayor de 15	0.3D	0.50D

Fuente: Riego y Drenaje, Juan Carlos Valverde

DISEÑO DE LA TUBERÍA LATERAL

Perdida de carga en la tubería:

A continuación se explica el criterio de Christiansen que incluye el cálculo de la fricción en el ramal lateral, sobre la base del total de agua que fluye a todo lo largo de la tubería modificando luego la pérdida, mediante la multiplicación por un factor (F), suponiendo que el primer rociador se encuentra a una distancia de medio espaciamiento del comienzo de la línea.

Para estrechar la gama de presiones de funcionamiento, entre el primer rociador y el último, se escoge el diámetro del ramal lateral de tal modo que las pérdidas por fricción mas cualquier carga de elevación entre los extremos del ramal no sean más del 20% de la presión de funcionamiento de los rociadores. Existirán varias alternativas; pero se deberán escoger los diámetros más pequeños que sean adecuados para facilitar el trabajo de los encargados de desplazar las tuberías.

De acuerdo con el criterio de Christiansen para la uniformidad del gasto a lo largo de un lateral, es aceptable que la diferencia de gasto entre el primer y último aspersor sea menor que un 10% del gasto promedio de cálculo (q_0).

$\Delta Z = 0$ (terreno plano), entonces solo se tomaran las perdidas por fricción (h_f)

$\Delta Z > 0$ (pendiente positiva), entonces $\Delta Z + h_f$

$\Delta Z < 0$ (pendiente negativa, está pendiente está a favor del flujo), entonces $h_f - \Delta Z$

Expresión para el cálculo de las pérdidas

$$hf = \frac{Z * K_L * q_0^M * L}{d^N}$$

Donde:

hf: Perdidas por fricción (m)

Z: Factor de corrección de Christiansen

K_L : Coeficiente de rozamiento

q_0 : Gasto del Aspersor (lps)

L: Longitud de la tubería (m)

d: Diámetro de la tubería (pulg)

M y N: Coeficientes de Hazem-Williams

Expresión de Hazem Williams

$$hf = \frac{10.67}{d^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * L$$

Donde:

hf: Perdidas en la tubería lateral (m)

d: Diámetro de la tubería lateral (m)

Q: Caudal de circulación de la tubería lateral (m³/seg)

L: Longitud del lateral (m)

C: Coeficiente de rugosidad en dependencia del material de la tubería

Para el cálculo de laterales.

$$hf = \frac{10.67}{d^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * L$$

Para introducir el caudal en lps, la longitud en metros, el diámetro en pulgadas y el resultado se obtenga en metros la fórmula es la siguiente:

$$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * Z * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

$$K_L = \frac{1742}{C^{1.852}} \quad \text{Entonces:} \quad hf = K_L * Z * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

Calculo del Diámetro Efectivo (Ea).

Se eligió la disposición en cuadrado para el diseño, por lo tanto el diámetro efectivo corresponderá a $D_{\text{efectivo}}=0.55D$ este valor es para velocidades de viento de 0 a 10 km/h.

Calculo del Número de Aspersores a utilizar.

$$N = \frac{L_{\text{Lateral}}}{E_a}$$

Donde:

N= Numero de Aspersores

L_{Lateral} = Longitud de la Tubería Lateral (m)

E_a = Espaciamiento entre Aspersores (m)

Calculo del número de tubos.

$$\#_{\text{Tubos}} = \frac{L_{\text{Lateral}}}{L_{\text{Comercial}}}$$

Donde:

L_{Lateral} = Longitud de la Tubería Lateral (m)

$L_{\text{Comercial}}$ = Longitud Comercial de la tubería lateral (m)

Calculo del Gasto del Lateral.

$$Q_{\text{Lateral}} = q_{\text{Aspersor}} * N_{\text{Aspersores}}$$

Donde:

Q_{Lateral} : Gasto o caudal de la tubería lateral (lps)

q_{Aspersor} : Caudal del Aspersor (lps).

$N_{\text{Aspersores}}$: Numero de Aspersores.

Calculo del valor de Z.

Teniendo los datos de N y M encontramos en la tabla del cálculo de lateral el valor de Z para Hazem-Williams. Ver Anexos

Calculo de las perdidas Máximas

$$h_{f\text{Max}} = 0.2h_0$$

Donde:

$h_{f\text{Max}}$ = Perdidas Máximas en la Tubería Lateral (m)

h_0 = Presion de trabajo del Aspersor. (m)

Calculo del Diámetro de la tubería Lateral.

$$d_{\text{diseño}} = \left(\frac{Z * L * q^{1.852} * K_L}{h_{f\text{Max}}} \right)^{\frac{1}{4.87}}$$

Donde:

$d_{\text{diseño}}$ = Diámetro de Diseño del Aspersor (pulg)

Z: Factor de corrección de Christiansen

L: Longitud de la tubería lateral (m)

q: Gasto del Aspersor (lps)

K_L : Coeficiente de rozamiento

hf_{Max} : Perdidas por fricción (m)

Calculo de las Pérdidas Reales.

$$h_{\text{freal}} = 0.20h_0 * \left(\frac{d_{\text{diseño}}}{d_{\text{comercial}}} \right)^{4.87}$$

Donde:

hf_{real} = Pérdidas reales en el lateral (m).

h_0 = Presión de trabajo del aspersor (m).

$d_{\text{diseño}}$ = Diámetro de Diseño de la tubería lateral (pulg)

$d_{\text{comercial}}$ = Diámetro comercial de la tubería (m)

Carga de energía a la entrada del Lateral.

$$H_L = H_N + h_{\text{elev}} + \Delta Z \quad \text{Donde } H_N = h_0 + 0.75 * hf_{\text{real}}$$

Donde:

H_L = Carga de Energía a la Entrada del Lateral (m).

H_N = Perdidas por accesorios en la tubería (m)

h_{elev} = Altura del Elevador (m).

ΔZ = Desnivel del terreno (m).

H_0 = Presión de trabajo del aspersor (m)

hf_{real} = Perdidas reales en la tubería lateral (m)

DISEÑO DE LA TUBERÍA MAESTRA

Calculo del Número de Posiciones:

$$P_L = \frac{2L_{Maestra}}{E_L}$$

Donde:

P_L : Numero de posiciones del Lateral.

$L_{Maestra}$: Longitud de la Tubería Maestra (m).

E_L : Espaciamiento entre Laterales (m)

Calculo del número de Posiciones por cada lateral.

$$P_{dL} = \frac{\text{Jornada}}{t_p + t_c}$$

Donde:

P_{dL} : Numero de Posiciones por cada lateral.

Jornada: Jornada de trabajo (hrs).

t_p : Tiempo de Puesta (hrs).

t_c : Tiempo de Cambio (hrs).

Calculo del número de laterales.

$$N_L = \frac{P_L}{P_{dL} * FR}$$

Donde:

N_L : Numerode Laterales.

P_L : Numero de Posiciones del Lateral.

P_{dL} : Numero de Posiciones por cada Lateral.

FR: Frecuencia de Riego (días)

Calculo del Caudal de la Maestra.

$$Q_M = N_L * q_{Lateral}$$

Donde:

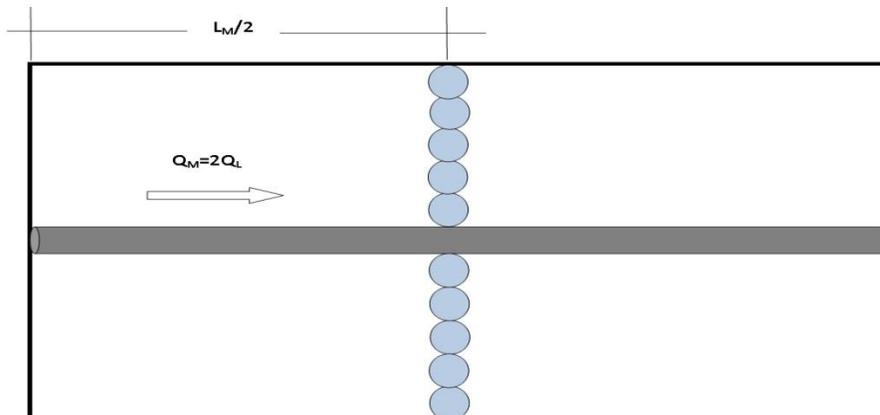
Q_M : Caudal de la Maestra (lps)

N_L : Numero de Laterales.

$q_{Lateral}$: Caudal del Lateral (lps)

Esquema de la Posición más crítica.

A continuación se presenta un esquema de posiciones más críticas de acuerdo al número de laterales que se obtengan.



Calculo de las perdidas Máximas

$$H_{f_{MAXM}} = 0.25h_0$$

Donde:

$H_{f_{MAXM}}$: Perdidas Máximas en la Tubería Maestra (m).

h_0 : Presión de trabajo del Aspersor (m).

Calculo del Diámetro de la Maestra.

$$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

Donde:

hf: Perdidas en la Tubería Maestra (m)

Q: Caudal de la Tubería Maestra (lps).

C: Coeficiente de Rugosidad en dependencia del Material de la tubería

d: Diámetro de Tubería Maestra (pulg)

L: Longitud de la Tubería Maestra (m)

En este caso se asume un diámetro de tubería y se calcularon las pérdidas por tramo. Si la suma de pérdidas de los tramos es menor que las perdidas máximas el diámetro asumido es correcto de lo contrario realizar otro tanteo.

Calculo de la carga a la entra de la Maestra.

$$H_{Maestra} = H_L + hf_{maestra} + hf_{accesorios} + \Delta Z$$

$$\text{Donde: } hf_{accesorios} = 0.10(hf_{reales} + hf_{maestra})$$

Donde:

$H_{Maestra}$: Carga de Energía a la Entrada de la Maestra (m).

H_L : Carga de Energía a la Entrada del Lateral (m).

$hf_{maestra}$: Perdidas en la Tubería Maestra (m).

$hf_{accesorios}$: Perdidas en la Tubería Maestra por Accesorios (m)

ΔZ : Desnivel del terreno (m).

DISEÑO DE LA TUBERÍA CONDUCTORA

La tubería será simple, es decir, que esta tenga una sola tubería con un diámetro y coeficiente de rugosidad constante.

Criterio de la tubería Económica.

Este criterio consiste en considerar que para longitudes de tubería de hasta 3km las velocidades de circulación están comprendidas entre los 1.2 hasta 1.5 m/s.

Se considera que para longitudes de tuberías mayores de 3km la velocidad están comprendidas entre 0.9 hasta 1.2 km.

Diámetro de las tuberías

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Donde:

D: Diámetro de la Tubería Conductora (m)

Q: Caudal de Tubería Conductora (m³/seg)

V: Velocidad de Circulación que depende de la longitud de la tubería conductora (m/seg)

TABLA PARA FACILITAR LOS CALCULOS

Tubería	Gasto (m ³ /seg)	Diámetro (m)	V=1.2m/s	Diámetro (m)	V=1.5m/s
1-2					
1-3					
1-4					

Fuente: Propia

Calculo de las Perdidas de la Tubería Conductora.

$$hf = \frac{10,67}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

Donde:

hf: Perdías en la Tubería conductora (m)

Q: Caudal de la Conductora (lps).

C: Coeficiente de Rugosidad en dependencia del Material de la tubería

d: Diámetro de Tubería Conductora (pulg)

L: Longitud de la Tubería Conductora (m)

Calculo de la Carga Dinámica Total (CDT)

$$CDT = H_{conductora} + \Delta H + hf_{succion}$$

Donde:

CDT: Carga Dinámica Total (m)

H_{conductora}: Carga de la Conductora (m)

ΔH: Desnivel entre el centro de la bomba y el nivel estático de agua de la fuente de abastecimiento (m)

hf_{succión}: Perdidas de carga en la tubería de succión que corresponde a 5% de la altura de succión.

Calculo de la potencia de Bombeo (Hp)

$$Hp = \frac{Q * CDT}{270 * Ef} * Fs$$

Donde:

Hp = Potencia del equipo de bombeo

Q = Caudal de la tubería conductora (m³/h)

CDT = Carga Dinámica Total (m)

Ef = Eficiencia de la bomba (%)

Fs = Factor de seguridad de motores (1.20)

4.1. DATOS DE LABORATORIO

Los siguientes datos de laboratorio se obtuvieron a través de las formulas mostradas en el capítulo 4 cuyos resultados son expresados a continuación.

DENSIDAD APARENTE			
Tara	Peso Tara (gr)	Peso Tara + Muestra (gr)	Peso Suelo Seco + Tara (gr)
A1	148.6	258.9	229.5
A2	147.3	313.6	266.2
A3	147.2	241.7	208.5
B1	147.8	280.8	230.9
B2	147.6	287.7	239.0

Densidad Aparente

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_c}$$

Muestra A1

$$Da_1 = \frac{229.5 \text{ gr} - 148.6 \text{ gr}}{\left[\frac{\pi(4 \text{ cm})^2}{4} \right] * 8 \text{ cm}} = 0.80 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra A2

$$Da_2 = \frac{266.2 \text{ gr} - 147.3 \text{ gr}}{\left[\frac{\pi(4 \text{ cm})^2}{4} \right] * 8 \text{ cm}} = 1.18 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra A3

$$Da_3 = \frac{208.5 \text{ gr} - 147.2 \text{ gr}}{\left[\frac{\pi(4 \text{ cm})^2}{4} \right] * 8 \text{ cm}} = 0.61 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra B1

$$Da_4 = \frac{230.9 \text{ gr} - 147.8 \text{ gr}}{\left[\frac{\pi(4 \text{ cm})^2}{4}\right] * 8\text{cm}} = 0.83 \text{ gr/cm}^3$$

Muestra B2

$$Da_5 = \frac{239.0 \text{ gr} - 147.8 \text{ gr}}{\left[\frac{\pi(4 \text{ cm})^2}{4}\right] * 8\text{cm}} = 0.91 \text{ gr/cm}^3$$

$$Da_{\text{Promedio}} = 0.87 \text{ gr/cm}^2$$

Para obtener el pH se analizaron dos muestras cuyos resultados fueron promediados:

PH DEL SUELO		
Muestra	Valor	Ph _{Promedio} = 6.99
A	7.02	
B	6.96	

Estos datos se obtuvieron en el laboratorio a través del método del embudo explicado en el capítulo anterior y sus resultados son los siguientes:

CAPACIDAD DE CAMPO			
Tara	Peso Tara (gr)	Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	Peso Tara + Suelo Seco (gr)
M1	50.00	99.826	81.60
M2	50.20	92.158	77.90

Capacidad De Campo

$$CC = \left[\frac{(P_{sh} + tara) - (P_{ss} + tara)}{(P_{ss} + tara) - P_{tara}} \right] * 100$$

$$CC_1 = \left[\frac{(99.826 \text{ gr}) - (81.6 \text{ gr})}{(81.6 \text{ gr}) - 50 \text{ gr}} \right] * 100 = 57.68\%$$

$$CC_2 = \left[\frac{(92.158 \text{ gr}) - (77.9 \text{ gr})}{(77.9 \text{ gr}) - 50.2 \text{ gr}} \right] * 100 = 51.47\%$$

$$CC_{\text{Promedio}} = 54.58 \%$$

Punto De Marchitez Permanente

$$PMP = \frac{CC}{1.84}$$

$$PMP = \frac{54.58 \%}{1.84}$$

$$PMP = 29.66 \%$$

Se calcula materia Orgánica a través de método de laboratorio:

Materia Orgánica

$$\% \text{ Carbon Organico} = \frac{(10 \text{ ml} * 1 - 15)(0.5)(0.003)(100)}{0.5 \text{ gr}} = 1.5\%$$

$$\% \text{ M.O} = (1.5)(1.72) = 2.58\%$$

4.2. Calculo de la evapotranspiración

Estadato fue obtenido con la ayuda de CROPWAT 8.0 para el cálculo de la Eto

Clima/ETo	País	Nicaragua		Estación	Masaya			
	Altitud	210	m.	Latitud	11.58	°N		
				Longitud	86.06	°E		
Prec.	Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
		°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m ² /día	mm/día
Cultivo	Enero	20.5	30.2	74	164	8.1	18.9	4.07
Suelo	Febrero	21.0	31.4	70	164	8.5	20.9	4.67
RAC	Marzo	21.6	32.9	66	156	9.1	23.1	5.32
Programación	Abril	22.8	34.0	65	138	8.7	22.9	5.44
Patrón de Cultivo	Mayo	23.4	33.1	73	121	7.1	20.2	4.73
	Junio	22.9	31.0	82	112	5.6	17.6	3.91
	Julio	22.7	30.4	83	121	5.7	17.9	3.87
	Agosto	22.7	30.9	83	121	6.5	19.3	4.14
	Septiembre	22.4	30.5	84	112	6.1	18.5	3.93
	Octubre	22.3	30.1	85	95	6.4	18.0	3.71
	Noviembre	21.6	29.9	82	112	7.1	17.7	3.62
	Diciembre	20.8	29.8	77	138	7.5	17.6	3.68
	Promedio	22.1	31.2	77	130	7.2	19.4	4.26

Calculo de la Eto con el valor de Kc del plátano.

Mes	Eto (mm/día)	Kc plátano	Etr (mm/día)
Enero	4,07	0,94	3,83
Febrero	4,67	0,94	4,39
Marzo	5,32	0,91	4,84
Abril	5,44	1,02	5,55
Mayo	4,73	1,43	6,76
Junio	3,91	1,95	7,62
Julio	3,87	1,02	3,95
Agosto	4,14	1,08	4,47
Septiembre	3,93	1,16	4,56
Octubre	3,71	1,28	4,75
Noviembre	3,62	0,96	3,48
Diciembre	3,68	0,91	3,35

4.3 DISEÑO AGRONÓMICO

Datos Del Aspersor:

Modelo: 5024NandamJein

Aspersor	Color Boquilla	Diámetro Boquilla 1 (mm)	Ho(bar)	Q(lph)	DiámetroAlcance (m)
NandamJein	Purple	2,5	3	430	17

Datos del Suelo		Datos de la Zona	
CC (%)	54.58	Vviento (km/h)	10
PMP (%)	29.66	Uc (mm/día)	7.62
Dap (gr/cm ³)	0.87	Q Disponible (gpm)	29.5
Vi (mm/h)	135	Lmaestra (m)	145
Hr (m)	0,60	L lateral (m)	27

Calculo de la Lámina Neta del Suelo:

$$N_n = 100 * D_{ap} * H_r * (CC - PMP) * 2/3$$

$$N_n = 100 * (0.87 \text{ gr/cm}^3) * (0,60\text{m}) * (54.58 - 29.66) * (2/3)$$

$N_n = 867.22 \text{ m}^3/\text{ha}$ luego se divide entre 10 para pasar a mm

$$N_n = 86.72 \text{ mm}$$

Calculo de la Lamina Bruta del Suelo.

$$N_b = N_n / E_f \text{ (Eficiencia del Tipo de sistema de Riego).}$$

$$N_b = 86.72 \text{ mm} / 0.85$$

$$N_b = 102.02 \text{ mm}$$

Calculo de la Lamina Bruta del Cultivo.

$$N_b \text{ cultivo} = U_c / E_f$$

$$N_b \text{ Cultivo} = 7.62 \text{ mm} / 0.85$$

$$N_b \text{ Cultivo} = 8,96 \text{ mm}$$

Calculo de la intensidad de Aplicación del Aspersor.

$$E_a = 6 \text{ m y } E_l = 6 \text{ m}$$

$$I_a = (3600 * q_o) * E / (E_a * E)$$

$$I_a = 3600(0.12 \text{ lps}) * 0.85 / (6 \text{ m} * 6 \text{ m})$$

$$I_a = 10.20 \text{ mm/h}$$

Tiempo de Puesta

$$T_p = N_n / I_a \text{ (Intensidad de aplicación del aspersor)}$$

$$T_p = 86,72 \text{ mm} / 10,20 \text{ mm/h}$$

$$T_p = 8,50 \text{ horas} \rightarrow (0.50 \text{ horas} * 60 \text{ min})$$

8 Horas con 30 minutos

4.4. DISEÑO HIDRÁULICO

Características Hidráulicas de los Aspersores (q_o).

Gasto Teórico:

$$q_o = 3.48 * d^2 * \sqrt{h_o} q_o = 3.48 * (0.0025 \text{ m})^2 * \sqrt{(30,6 \text{ m})}$$

$$Q_{\text{teorico}} = 0.0001203 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{real}} = 0.0001194 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculo del Coeficiente de Gasto del Aspersor.

$$C_g = \frac{Q_{\text{Real}}}{Q_{\text{Teorico}}} C_g = \frac{0.0001194 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0001203 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$C_g = 0,99$$

DISEÑO DE LA TUBERÍA LATERAL

Expresión para el cálculo de las pérdidas

$$hf = \frac{Z * K_L * q_0^M * L}{d^N}$$

Donde:

hf: Perdidas por fricción (m)

K_L : Coeficiente de rozamiento

q_0 : Gasto del aspersor

d: Diámetro de la tubería (m)

L: Longitud de la tubería (m)

M y N: Coeficientes de Hazem-Williams

Z: Factor de corrección de Christiansen

Calculo de K_L

$$K_L = \frac{1742}{(C)^{1,852}}$$

Donde:

C: Coeficiente de rugosidad de la tubería en dependencia del material de la misma.

$$K_L = \frac{1742}{(150)^{1,852}}$$

$$K_L = 0.16$$

Diámetro Efectivo

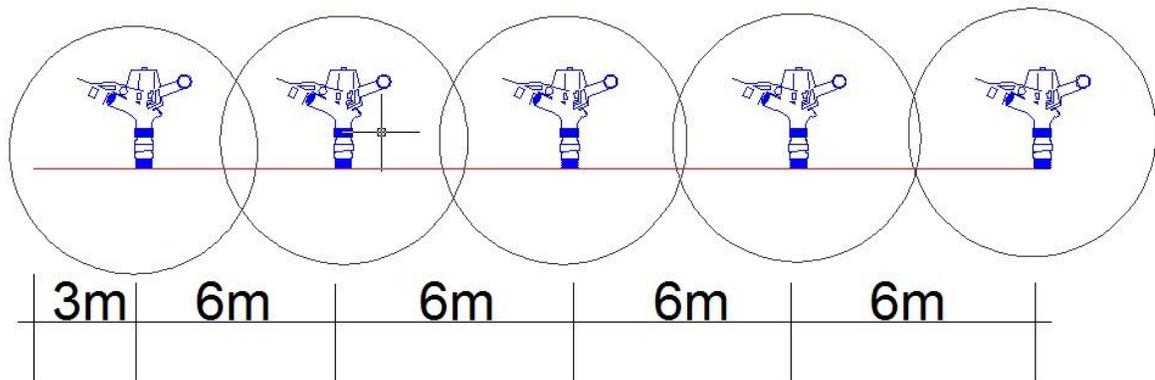
$D_{efec} = 0.55D = 0.55 * 17m = 9.35m$ se debe elegir entre un numero múltiplo de 6 por ser esta la longitud comercial de tubería, entonces se selecciona 6m

Calculo del Número de Aspersores

$$N = \frac{L_{\text{Lateral}}}{E_a} \qquad N = \frac{27 \text{ m}}{6 \text{ m}}$$

N=4,5 Aspersores, en total 5 Aspersores

Esquema de Diseño



Calculo del número de tubos.

$$\#_{\text{Tubos}} = \frac{L_{\text{Lateral}}}{L_{\text{Comercial}}} \#_{\text{Tubos}} = \frac{27 \text{ m}}{6 \text{ m}}$$

$$\#_{\text{Tubos}} = 4,5 = 5$$

Calculo del Gasto del Lateral

$$Q_{\text{Lateral}} = Q_{\text{Aspersor}} * N_{\text{Aspersores}}$$

$$Q_{\text{Lateral}} = 0,12 \text{ lps} * 5 \text{ Aspersores}$$

$$Q_{\text{Lateral}} = 0,60 \text{ lps}$$

Se determinó de la tabla de Hazem Williams (Ver anexos) el valor de Z conociendo M y N

$$Z=44,9$$

Calculo de las pérdidas máximas del Lateral

$$hf_{Max} = 0,2 * 30,6 \text{ m}$$

$$hf_{Max} = 6,12 \text{ m}$$

Calculo del Diámetro de la tubería Lateral

$$d = \left(\frac{Z * L * q_0^{1,852} * K_L}{hf_{Max}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$
$$d = \left(\frac{44,9 * 6\text{m} * (0,12\text{lps})^{1,852} * 0,16}{6,12 \text{ m}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$
$$d = 0,67''$$

Calculo de las Perdidas Reales

$$hf_{Real} = 0.2 * h_0 * \left(\frac{d}{d_{Comercial}} \right)^{4,87}$$

$$hf_{Real} = 0.2 * 30,6\text{m} * \left(\frac{0,67''}{1''} \right)^{4,87}$$

$$hf_{Real} = 0,87\text{m}$$

Calculo de la Carga a la entrada del Lateral.

$$H_L = H_N + h_{elev} + \Delta Z$$

$$H_N = h_0 + 0.75 * h_{real}$$

$$H_N = 30,6m + 0.75 * (0,87m) \quad H_N = 31,25 m$$

$$H_L = 31,25 m + 0,50m + 5m$$

$$H_L = 36,75 m$$

Diseño de la tubería Maestra.

Datos para diseñar la tubería Maestra						
QL (lps)	Tp (hrs)	Tc (hrs)	Tr (días)	JT (hrs)	Hf _{real} (m)	ΔZ (m)
0,60	8,50	1	11	12	0,87	5

Calculo del Número de Posiciones.

$$P_L = \frac{2L_{Maestra}}{E_L} \quad P_L = \frac{2 * (145m)}{6m}$$

$$P_L = 48 \text{ Posiciones}$$

Calculo del número de Posiciones por cada lateral.

$$P_{dL} = \frac{\text{Jornada}}{t_p + t_c} \quad P_{dL} = \frac{12 \text{ hrs}}{8\text{hrs} + 1\text{hrs}}$$

$$P_{dL} = 1,33 \text{ posiciones}$$

Se tomaron 2 posiciones diarias y se hizo la corrección de la jornada

$$\text{Jornada Correg.} = (t_p + t_c) * P_{dL}$$

$$\text{Jornada Correg.} = (8\text{hrs} + 1\text{h}) * 2$$

$$\text{Jornada Correg.} = 18 \text{ hrs}$$

Calculo del número de laterales.

$$N_L = \frac{P_L}{P_{dL} * FR} \qquad N_L = \frac{48 \text{ Posiciones}}{2 \text{ posiciones} * 11}$$

$$N_L = 2,18 \text{ Laterales}$$

Calculo del Caudal de la Maestra.

Si escogemos 2 Laterales

$$Q_M = N_L * q_{\text{Lateral}} \quad Q_M = 2 \text{ Laterales} * 0,60 \text{ lps}$$

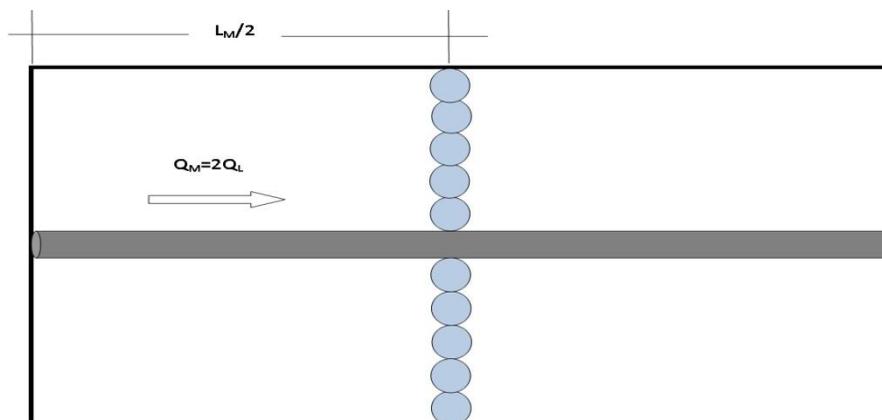
$$Q_M = 1,20 \text{ lps}$$

Esquema de la Posición más crítica.

$$\text{Area}_{\text{Regar}} = 54\text{m} * 145\text{m}$$

$$\text{Area}_{\text{Regar}} = 7830\text{m}^2$$

$$\text{Area}_{\text{Regar}} = 0,783\text{ha}$$



Calculo de las perdidas Máximas

$$Hf_{MAXM} = 0.25h_0$$

$$Hf_{MAXM} = 0.25 * 30,6 \text{ m}$$

$$Hf_{MAXM} = 7,65 \text{ m}$$

Calculo del Diámetro de la Maestra.

Asumiendo un Diámetro de 2"

$$hf_M = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{d^{4.87}} * L \quad hf_M = 0,16 * \frac{(2 * 0,60\text{ps})^{1.852}}{(2'')^{4.87}} * 72,5\text{m}$$

$$hf_M = 0,56 \text{ m}$$

Entonces se cumple que $hf_M < Hf_{MAXM}$.

Calculo de la carga a la entrada de la Maestra.

$$H_{Maestra} = H_L + hf_{maestra} + hf_{accesorios} + \Delta Z$$

$$hf_{accesorio} = 0.10(hf_{reales} + hf_{maestra})$$

$$hf_{accesorio} = 0.10(0,87\text{m} + 0,56\text{m}) \quad hf_{accesorio} = 0,14 \text{ m}$$

$$H_{Maestra} = 36,75\text{m} + 0,56\text{m} + 0,14\text{m} + 5\text{m} \quad H_{Maestra} = 42,45\text{m}$$

DISEÑO DE TUBERIA CONDUCTORA

Criterio de la tubería Económica.

En este caso consideramos que para la longitud de tubería los valores para la velocidad de circulación estaban comprendidas entre los 1.2 hasta 1.5 m/s debido que la longitud de la conductora es de 43m

Calculo del Diámetro de la Conductor.

$$D_{\text{Conductor}} = \sqrt{\left(\frac{4Q}{\pi * V}\right)}$$

$$D_{\text{Conductor}} = \sqrt{\left(\frac{4 * 0,0012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi * 1,2\text{m/s}}\right)}$$

$$D_{\text{Conductor}} = 0,036 \text{ m}$$

Q (m ³ /s)	V=1,2 m/s		V=1,5 m/s	
	D (pulg)	D (m)	D (pulg)	D (m)
0,0012	1,40	0,036	1,25	0,032

Calculo de las Perdidas de la tubería conductora.

Aplicamos la formula con ayuda de la tabla de resultados.

$$hf_{\text{Conductor}} = \frac{10,67 * (Q)^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4,87}} * L$$

Tubería	Diámetro		L (m)	Q (m ³ /s)	C	Hf (m)
	(m)	(in)				
1	0,050	2	43	0,0012	150	0.356

Carga a la entrada de la conductora.

$$H_{\text{conductor}} = H_{\text{maestra}} + H_f \text{ conductor} + \Delta Z$$

$$H_{\text{conductor}} = 42,45\text{m} + 0,356\text{m} + 5\text{m}$$

$$H_{\text{conductor}} = 47,81\text{m}$$

Calculo de la Carga Dinámica Total (CDT)

$$CDT = H_{\text{conductor}} + \Delta H + h_{\text{succion}}$$

$$CDT = 47,81\text{m} + 20\text{m} + (0,05 * 50\text{m})$$

$$CDT = 70,31\text{m}$$

Calculo de la Potencia de la Bomba

$$H_p = \frac{Q * CDT}{270 * E_f} * F_s$$

$$H_p = \frac{4,32\text{m}^3/\text{h} * 70,31\text{m}}{270 * 0,75} * 1,20$$

$$H_p = 1,80 \approx 2\text{hp}$$

5.1. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de suelo y comparado con los análisis de suelo realizados por Téllez y Cerrato en el 2006 se llega a la conclusión que estos suelos son aptos para el cultivo del plátano por su buena retención de humedad y por su capacidad de absorción de humedad debido a su textura franco-arcillosa.
2. El resultado de 0.99 obtenido del coeficiente de gasto (C_g), indica que el acabado del aspersor es óptimo.
3. La velocidad de infiltración del suelo corresponde a 135mm/h mayor que la intensidad de aplicación del aspersor que es de 10.20 mm/h lo que indica que puede ser utilizado en este tipo de suelo.
4. Entre las necesidades hídricas del plátano, la máxima demanda que presenta es de 7.62 mm/día, con un caudal mínimo de circulación en las tuberías de 9.47 gpm y como máximo de 18.93 gpm y una capacidad de fuente de agua de aproximadamente 30 gal/min, suficiente para regar el área completa.
5. El diseño hidráulico refleja que el sistema contará con una buena distribución de presiones en las tuberías, lo cual garantizara la distribución uniforme del agua realizándose así un mayor aprovechamiento del mismo brindándole a las plantas solamente la cantidad que estas necesitan.
6. Con el diseño de este sistema se llega a la conclusión que se obtendrá una mejor explotación de los recursos, (agua, suelo, planta) ya que satisface las necesidades hídricas del cultivo lo cual conlleva a un mejor desarrollo de la planta y sus frutos.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Tomar el presente estudio como referencia en el caso de la posible realización de un rediseño del sistema en caso de que se llegara a expandir el área cultivada.
2. Realizar, una vez instalado el sistema los mantenimientos necesarios y las evaluaciones periódicas con la finalidad de asegurarse el buen funcionamiento del mismo.
3. Aprovechar el sistema de riego una vez ya instalado, para que los estudiantes de ingeniería agrícola realicen sus prácticas de riego por aspersión.
4. Capacitar a los encargados del CEA-UNI-FTC para que puedan realizar un uso adecuado de los recursos y de los diferentes sistemas de riego que se puedan implementar en el CEA-UNI.
5. Llevar un registro de la productividad del cultivo con la finalidad de comparar el rendimiento de la cosecha con otras técnicas de riego y sin riego.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

GRASSI, C 1979. Estimación de los Usos Consuntivos de agua y Requerimientos de Riego con Fines de Formulación y Diseño de Proyectos. Sección de Publicaciones del IDA. San José, C.R. (Transcripción del libro del mismo nombre).

ISRAELSEN-HANSEN. 1979. Principios y Aplicaciones del Riego. Editorial Reverte. España.

MILLAR, A. 1985. Informaciones Básicas de los Cultivos para el Manejo del Riego. Oficina del IICA. Santo Domingo, Republica Dominicana. Mimeografiado.

DOORENBOS, J. y PRUITT, W. 1980. Las Necesidades de Agua de los Cultivos. Boletín # 24. FAO. Roma.

FUENTES, J.L. 1992. Técnicas de Riego. Edit. IRYDA. Ministerio de Agricultura y Pesca. Corazón de María, 8. Madrid.

ROJAS, MANUEL. 1979. Fisiología Vegetal Aplicada. McGraw –Hill de México. México 13. D.F.

PAULLET, M. 1979. Relación Agua-Suelo-Planta. Mimeografiado IICA. Santo Domingo, R.D.

PALACIOS VELEZ, E. 1963. Cuanto, Cuando y Como Regar. Memorándum Técnico # 195 S.R.H. México.

CASTRILLÓN, A., C. 1989. Plagas del cultivo del plátano. Boletín Divulgativo. IICA. La Dorada Caldas.54 p.

OROZCO, C., R. 1999. Curso de actualización tecnológica en el cultivo del plátano: Memorias. CORPOICA - PRONATTA. Unguía Chocó. P.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Guía de prácticas de campo y laboratorio.

Sítios web

<http://www.magfor.gob.ni>

<http://html.rincondelvago.com>

<http://www.inta.gov.ar.pdf>

<http://www.monografias.com>

<http://ingenieria.uaslp.mx.pdf>

<http://books.google.com>.

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES****DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA****RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - MASAYA (L.
OXIDACION) / MASAYA (L.
OXIDACION)

Latitud: 11° 58' 48" N

Código: 69 115

Longitud: 86° 06' 18" W

Años: 1977 - 2010

Elevación: 210 msnm

Parámetro: viento medio 10m
(m/seg)

Tipo:
PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1984	1	0,9	1	0,9	0,9	-	-	-	-	0,3	0,3	1	0,8
1985	1	1,4	1,4	1,1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,8	0,8
1986	1,1	0,8	1,2	1,1	0,9	0,7	0,8	0,8	0,5	0,4	0,6	0,8	0,8
1987	1	1	0,8	1,1	0,9	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,9	0,8
1988	1,1	1,4	1,4	0,9	0,8	0,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,6	0,9	0,8
1989	1,3	1,5	1,1	2	1,5	1,1	1,3	1,2	0,9	1,4	-	1,6	1,3
1990	2,5	2,1	2,4	0,1	1,8	1,8	2,1	2,6	2,2	1,4	1,9	2,2	1,9
1991	2,3	2,5	2	1,9	1,6	1,3	1,6	1,4	1,3	1,1	1,4	1,8	1,7
1992	1,8	1,7	1,9	1,7	1,5	1,2	1,5	1,7	1,3	1,7	1,9	2,8	1,7
1993	2,1	2,3	2	1,7	1,3	1,6	1,9	1,8	1,6	1,6	1,8	2,5	1,8
1994	3	3	2,4	2,5	1,9	1,9	2,6	1,9	1,7	1,3	1,6	2,8	2,2
1995	3	3,2	2,6	2,1	1,9	1,8	2,3	1,6	1,6	1,9	2,9	3,1	2,3
1996	3	3,9	2,9	2,6	2,4	2,2	2,1	2	1,7	1,9	2,2	2,9	2,5
1997	2,4	3	2,9	2,2	2,8	2	3	2,9	2,3	2,2	2,2	2,5	2,5
1998	2,6	2,1	2,4	2,5	1,9	2,1	1,9	1,7	1,6	1,8	1,8	2,5	2,1
1999	2,7	2,8	2,8	3	2,1	2,1	2,8	2,3	2,2	2,2	2,5	3,2	2,6
2000	3,6	3,5	3,3	3,4	2,7	2,7	2,8	2,7	2,4	2,2	-	-	2,9
2001	2,4	3,4	2,5	3	2,7	2,6	2,6	2,8	2,2	2,2	2,4	2,2	2,6
2002	2,5	2,8	2,8	2,9	2,6	1,8	2,1	2,6	1,8	1,7	2,1	2,7	2,4
2003	2,8	2,7	2,6	2,6	2,2	1,5	1,9	1,7	1,2	1,4	1,7	2,2	2
2004	2,5	2,8	3,1	2,7	2	2,1	2	3,1	2,5	2,4	2,8	3,3	2,6
2005	3,8	3,5	2,7	2,6	2,2	1,7	2,5	2,4	2,4	2,1	2,1	2,6	2,5
2006	3,2	3,5	3,4	3	2,6	2,5	2,7	2,6	2,6	2,2	2,4	2,8	2,8
2007	4,2	3,4	3,7	3,2	2,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,1	2,9	3,1	2,9
2008	3,6	3,7	4,2	3,6	3,1	2,7	2,8	2,5	2,4	2,3	2,8	3,7	3,1
2009	3,6	4,3	3,7	3	2,2	1,7	2,1	2	2	2	2	2,5	2,6
2010	2,7	2,5	2,5	2,2	2	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,7	2	2,2
Suma	66,7	69,5	65,6	59,8	53,1	45,8	52	49,1	42,9	41,6	44,5	58,1	56
Media	2,5	2,6	2,4	2,2	1,9	1,7	1,9	1,9	1,7	1,5	1,8	2,2	2
Máximo	4,2	4,3	4,2	3,6	3,1	2,7	3	3,1	2,6	2,4	2,9	3,7	3,1
Mínimo	1	0,8	0,8	0,1	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,8	0
Corrección	1,9	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,1	1,3	1,6	1,5



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION)

Latitud: 11° 58' 48" N

Código: 69 115

Longitud: 86° 06' 18" W

Años: 1977 – 2010

Elevación: 210 msnm

Parámetro: temperatura media (°C)

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1982	26,2	26,9	28,1	29	28,2	27,3	26,2	26,9	26,4	26,1	26,3	26	27,0
1983	26,5	27,6	28,9	30,1	30,8	28,4	26,9	26,8	26,3	26,4	26,3	25,6	27,6
1984	25,4	26,8	28,2	29,8	29,3	27,1	25,9	26,2	25,6	26	25,6	25,3	26,8
1985	24,9	26,3	27,8	29	28,9	27,1	26,2	26,6	26,9	26,1	25,4	25,2	26,7
1986	25,4	26,7	27,7	29,4	28,9	26,4	26,3	27,3	26,8	26,6	26,4	26,1	27,0
1987	26,2	27,7	29,5	30	29,9	28,5	26,4	27	27,6	27,1	27,5	26,9	27,9
1988	26,2	27,1	28,4	29,8	29,2	27,2	26,2	26,2	26	26,4	25,6	25,6	27,0
1989	25,8	25,7	26,9	28,9	28,7	26,9	25,6	25,4	25,2	25,2	-	24,3	26,2
1990	24,8	24,9	26,1	27,5	26,9	25,8	25,5	25,7	25,6	25,5	25	24,6	25,7
1991	25,1	25,6	26,9	27,8	27,3	26,6	25,8	25,9	25,8	25,1	24,9	24,7	26,0
1992	25	25,8	26,6	28,3	28,1	26,8	24,8	25,2	25,2	25,6	25,7	25,1	26,0
1993	25,3	26,4	27,4	28,5	27,3	26,7	26,3	26	25,6	25,9	25,6	25,2	26,4
1994	25,1	25,7	26,9	27,6	27,4	26	26,2	26,3	25,9	25,6	24,9	25,3	26,1
1995	25,1	25,8	26,9	27,9	27,5	26,2	25,9	26,1	25,5	25,5	25,2	25,2	26,1
1996	24,7	25,6	26,4	28,3	26,6	26,4	25,6	25,6	25,9	25,5	24,9	24,6	25,8
1997	24,4	25,5	26,2	27,4	28,6	25,9	26,8	26,9	27	26,1	25,7	25,3	26,3
1998	26,1	27	28,1	29,2	28,8	27,1	26,9	26,4	25,8	25,8	25,4	25,6	26,9
1999	25,1	25,4	26,6	28,4	27,5	26,6	25,8	26,1	25,3	25,1	25,4	24,9	26,0
2000	24,7	25,2	26,8	28,5	28,2	27,3	26,7	27,2	26,2	24,8	-	-	26,6
2001	25,6	25,9	27,2	28,4	28,5	27	26,5	27	25,7	26,3	25,4	25,9	26,6
2002	25,4	25,9	27,3	28,2	27,7	27	26,5	27	26,6	26	25,7	26,2	26,6
2003	26,1	27,5	27,8	29	27,6	25,6	25,7	25,7	26,3	26	25,7	25,2	26,5
2004	25,2	26	26,9	28,1	27,1	26,5	26	26,7	26,2	26,3	25,8	25,3	26,3
2005	25,3	26	28,5	29,1	27,3	26,3	26,8	26,5	25,7	25	25,5	25,5	26,5
2006	25,6	25,3	27,3	28,5	28	27,1	26,9	27,5	27,3	26,7	25,6	25,8	26,8
2007	25,8	26,3	27,6	28,2	27,8	26,6	25,7	25,9	25,3	24,9	24,9	24,4	26,1
2008	24,7	25,5	26,8	28,1	27,7	25,9	25,5	25,7	25,5	25,4	24,7	24,7	25,9
2009	25	25,4	26,3	28	27,8	26,6	25,8	25,9	26,7	26,1	25,6	25,8	26,3
2010	25,6	27,2	27,9	28,7	27,3	26,2	25,8	25,9	24,8	26,2	25	24,2	26,2
2011	25,5	26,4	26,9	28,0	27,7								26,9
Suma	864,1	891,0	932,6	973,1	956,6	881,3	836,9	869,8	886,4	881,1	820,7	811,7	928,2
Media	25,4	26,2	27,4	28,6	28,1	26,7	26,2	26,4	26,1	25,9	25,6	25,4	26,5
Máximo	26,5	27,7	29,5	30,1	30,8	28,5	26,9	27,5	27,6	27,1	27,5	26,9	27,9
Mínimo	24,4	24,9	26,1	27,4	26,6	25,6	24,8	25,2	24,8	24,8	24,7	24,2	25,7



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION)

Código: 69 115

Años: 1977 – 2010

Latitud: 11° 58' 48" N

Longitud: 86° 06' 18" W

Elevación: 210 msnm

Parámetro: temperatura media máxima (°C)

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1982	30,1	31,3	32,7	33,7	31,7	30,7	29,4	30,4	30,4	29,8	29,9	29,8	30,8
1983	30,9	32,4	33,9	34,8	35,6	32,7	30,3	30,6	30,8	30,1	30,1	29,5	31,8
1984	30	31,6	33,4	34,7	34,1	31,1	29,8	29,9	29,5	29,9	29,5	29,1	31,1
1985	29,4	30,9	32,5	33,4	33,5	30,9	30,4	30,3	31	29,8	28,9	29,2	30,9
1986	29,7	31,7	32,6	34,3	32,7	29,3	29,5	31	30,2	30,5	30,2	30,1	31,0
1987	30,7	32,3	34,3	34,5	33,8	32,4	29,9	30,2	31,2	30,8	31,6	30,8	31,9
1988	30,6	31,7	33,4	34,6	33,6	31,1	31,3	32,4	30,1	30,4	30,5	29,2	31,6
1989	29,6	30	31,7	33,4	32,9	30,8	30,6	30,9	29,9	30,4	-	29,5	30,9
1990	30	30,9	32,4	34	33,5	31,5	30,9	30,7	31,3	30,7	30,4	29,7	31,3
1991	30,3	31,4	33,5	34,2	32,8	31,2	30,3	30,7	30,7	30,2	29,9	29,6	31,2
1992	30,4	31,7	32,8	34,6	34,2	32,4	29,4	30,5	30,8	30,5	30,9	30,3	31,5
1993	30,8	31,8	33	34	31,7	31,1	30,1	30	29,5	30,5	30,3	30,2	31,1
1994	30,5	31,3	33	34	32,9	30,7	31,1	32	31,4	30,6	29,8	30,1	31,5
1995	30,4	31,6	33,1	33,8	33	31,7	30,8	31,6	31	30,5	30,1	30,2	31,5
1996	30,2	31,6	32,7	34,6	31,5	31	29,7	30,6	31	29,9	29,2	29,6	31,0
1997	29,7	31,2	32,2	33,6	34,5	30,5	31,2	31,9	31,9	30,4	30	30,3	31,5
1998	31,8	33,1	34,3	35,7	35	32,5	31,7	31,6	30,3	28,9	29,5	29,7	32,0
1999	29,6	30,2	32,3	34,3	32,5	31	30,1	30,6	28,9	28,8	29,5	28,9	30,6
2000	29,1	30,2	31,9	33,7	32,6	31,1	31,2	31,7	30,3	28,6	-	-	31,0
2001	30	30,8	32,4	33,8	33,6	31,6	31,1	31,7	30,2	30,9	29,8	30,8	31,4
2002	30,9	31,4	32,7	33,6	32,5	31,2	30,5	31,9	31,1	30,9	29,9	30,8	31,5
2003	31,2	32,7	33,2	34,3	33,7	30,7	30,5	31,1	31,3	30,8	30	30	31,6
2004	30,1	31,8	32,7	33,8	32,6	30,8	30,7	31,2	30,8	30,7	29,7	29,7	31,2
2005	30,4	31,5	33,7	34,5	32,4	30,3	31,1	31,2	30,7	28,4	29,1	29,6	31,1
2006	30	30,3	32,3	33,8	33	31,4	31,2	31,8	31,7	30,7	29,7	30,5	31,4
2007	30,8	31,8	33,6	34,7	33,8	31,6	30,9	31,2	30,4	29	29,4	29	31,4
2008	29,6	30,9	32,8	33,9	32,9	30,5	29,9	30,6	30,1	29	29,3	29,2	30,7
2009	30	31,3	32,5	34	33,7	31,1	30,8	31,1	32	30,9	30,3	30,6	31,5
2010	31,2	33,2	34,5	35,1	32,2	31,2	30,3	31	29	30,7	29,6	29,7	31,5
2011	30,7	32,3	33,3	34,5	33,4								32,8
Suma	1028,1	1068,5	1118,9	1157,5	1125,0	1023,3	1003,6	1020,4	1038,1	1022,5	956,0	984,5	1092,8
Media	30,2	31,4	32,9	34,0	33,1	31,0	30,4	30,9	30,5	30,1	29,9	29,8	31,2
Máximo	31,8	33,2	34,5	35,7	35,6	32,7	31,7	32,4	32,0	30,9	31,6	30,8	32,8
Mínimo	29,1	30,0	31,7	32,4	31,0	29,2	29,1	29,7	28,9	28,4	28,9	28,9	30,5



**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION)

Latitud: 11° 58' 48" N

Código: 69 115

Longitud: 86° 06' 18" W

Años: 1977 – 2010

Elevación: 210 msnm

Parámetro: temperatura media máxima (°C)

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1985	29,4	30,9	32,5	33,4	33,5	30,9	30,4	30,3	31	29,8	28,9	29,2	30,9
1986	29,7	31,7	32,6	34,3	32,7	29,3	29,5	31	30,2	30,5	30,2	30,1	31,0
1987	30,7	32,3	34,3	34,5	33,8	32,4	29,9	30,2	31,2	30,8	31,6	30,8	31,9
1988	30,6	31,7	33,4	34,6	33,6	31,1	31,3	32,4	30,1	30,4	30,5	29,2	31,6
1989	29,6	30	31,7	33,4	32,9	30,8	30,6	30,9	29,9	30,4	-	29,5	30,9
1990	30	30,9	32,4	34	33,5	31,5	30,9	30,7	31,3	30,7	30,4	29,7	31,3
1991	30,3	31,4	33,5	34,2	32,8	31,2	30,3	30,7	30,7	30,2	29,9	29,6	31,2
1992	30,4	31,7	32,8	34,6	34,2	32,4	29,4	30,5	30,8	30,5	30,9	30,3	31,5
1993	30,8	31,8	33	34	31,7	31,1	30,1	30	29,5	30,5	30,3	30,2	31,1
1994	30,5	31,3	33	34	32,9	30,7	31,1	32	31,4	30,6	29,8	30,1	31,5
1995	30,4	31,6	33,1	33,8	33	31,7	30,8	31,6	31	30,5	30,1	30,2	31,5
1996	30,2	31,6	32,7	34,6	31,5	31	29,7	30,6	31	29,9	29,2	29,6	31,0
1997	29,7	31,2	32,2	33,6	34,5	30,5	31,2	31,9	31,9	30,4	30	30,3	31,5
1998	31,8	33,1	34,3	35,7	35	32,5	31,7	31,6	30,3	28,9	29,5	29,7	32,0
1999	29,6	30,2	32,3	34,3	32,5	31	30,1	30,6	28,9	28,8	29,5	28,9	30,6
2000	29,1	30,2	31,9	33,7	32,6	31,1	31,2	31,7	30,3	28,6	-	-	31,0
2001	30	30,8	32,4	33,8	33,6	31,6	31,1	31,7	30,2	30,9	29,8	30,8	31,4
2002	30,9	31,4	32,7	33,6	32,5	31,2	30,5	31,9	31,1	30,9	29,9	30,8	31,5
2003	31,2	32,7	33,2	34,3	33,7	30,7	30,5	31,1	31,3	30,8	30	30	31,6
2004	30,1	31,8	32,7	33,8	32,6	30,8	30,7	31,2	30,8	30,7	29,7	29,7	31,2
2005	30,4	31,5	33,7	34,5	32,4	30,3	31,1	31,2	30,7	28,4	29,1	29,6	31,1
2006	30	30,3	32,3	33,8	33	31,4	31,2	31,8	31,7	30,7	29,7	30,5	31,4
2007	30,8	31,8	33,6	34,7	33,8	31,6	30,9	31,2	30,4	29	29,4	29	31,4
2008	29,6	30,9	32,8	33,9	32,9	30,5	29,9	30,6	30,1	29	29,3	29,2	30,7
2009	30	31,3	32,5	34	33,7	31,1	30,8	31,1	32	30,9	30,3	30,6	31,5
2010	31,2	33,2	34,5	35,1	32,2	31,2	30,3	31	29	30,7	29,6	29,7	31,5
2011	30,7	32,3	33,3	34,5	33,4								32,8
Suma	1028,1	1068,5	1118,9	1157,5	1125,0	1023,3	1003,6	1020,4	1038,1	1022,5	956,0	984,5	1092,8
Media	30,2	31,4	32,9	34,0	33,1	31,0	30,4	30,9	30,5	30,1	29,9	29,8	31,2
Máximo	31,8	33,2	34,5	35,7	35,6	32,7	31,7	32,4	32,0	30,9	31,6	30,8	32,8
Mínimo	29,1	30,0	31,7	32,4	31,0	29,2	29,1	29,7	28,9	28,4	28,9	28,9	30,5



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA

RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L.
OXIDACION) / MASAYA (L.
OXIDACION)

Latitud: 11° 58' 48" N

Código: 69 115

Longitud: 86° 06' 18" W

Años: 1977 - 2010

Elevación: 210 msnm

Parámetro: viento medio 10m
(m/seg)

Tipo:
PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1984	1	0,9	1	0,9	0,9	-	-	-	-	0,3	0,3	1	0,8
1985	1	1,4	1,4	1,1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,8	0,8
1986	1,1	0,8	1,2	1,1	0,9	0,7	0,8	0,8	0,5	0,4	0,6	0,8	0,8
1987	1	1	0,8	1,1	0,9	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5	0,7	0,9	0,8
1988	1,1	1,4	1,4	0,9	0,8	0,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,6	0,9	0,8
1989	1,3	1,5	1,1	2	1,5	1,1	1,3	1,2	0,9	1,4	-	1,6	1,3
1990	2,5	2,1	2,4	0,1	1,8	1,8	2,1	2,6	2,2	1,4	1,9	2,2	1,9
1991	2,3	2,5	2	1,9	1,6	1,3	1,6	1,4	1,3	1,1	1,4	1,8	1,7
1992	1,8	1,7	1,9	1,7	1,5	1,2	1,5	1,7	1,3	1,7	1,9	2,8	1,7
1993	2,1	2,3	2	1,7	1,3	1,6	1,9	1,8	1,6	1,6	1,8	2,5	1,8
1994	3	3	2,4	2,5	1,9	1,9	2,6	1,9	1,7	1,3	1,6	2,8	2,2
1995	3	3,2	2,6	2,1	1,9	1,8	2,3	1,6	1,6	1,9	2,9	3,1	2,3
1996	3	3,9	2,9	2,6	2,4	2,2	2,1	2	1,7	1,9	2,2	2,9	2,5
1997	2,4	3	2,9	2,2	2,8	2	3	2,9	2,3	2,2	2,2	2,5	2,5
1998	2,6	2,1	2,4	2,5	1,9	2,1	1,9	1,7	1,6	1,8	1,8	2,5	2,1
1999	2,7	2,8	2,8	3	2,1	2,1	2,8	2,3	2,2	2,2	2,5	3,2	2,6
2000	3,6	3,5	3,3	3,4	2,7	2,7	2,8	2,7	2,4	2,2	-	-	2,9
2001	2,4	3,4	2,5	3	2,7	2,6	2,6	2,8	2,2	2,2	2,4	2,2	2,6
2002	2,5	2,8	2,8	2,9	2,6	1,8	2,1	2,6	1,8	1,7	2,1	2,7	2,4
2003	2,8	2,7	2,6	2,6	2,2	1,5	1,9	1,7	1,2	1,4	1,7	2,2	2
2004	2,5	2,8	3,1	2,7	2	2,1	2	3,1	2,5	2,4	2,8	3,3	2,6
2005	3,8	3,5	2,7	2,6	2,2	1,7	2,5	2,4	2,4	2,1	2,1	2,6	2,5
2006	3,2	3,5	3,4	3	2,6	2,5	2,7	2,6	2,6	2,2	2,4	2,8	2,8
2007	4,2	3,4	3,7	3,2	2,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,1	2,9	3,1	2,9
2008	3,6	3,7	4,2	3,6	3,1	2,7	2,8	2,5	2,4	2,3	2,8	3,7	3,1
2009	3,6	4,3	3,7	3	2,2	1,7	2,1	2	2	2	2	2,5	2,6
2010	2,7	2,5	2,5	2,2	2	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,7	2	2,2
Suma	66,7	69,5	65,6	59,8	53,1	45,8	52	49,1	42,9	41,6	44,5	58,1	56
Media	2,5	2,6	2,4	2,2	1,9	1,7	1,9	1,9	1,7	1,5	1,8	2,2	2
Máximo	4,2	4,3	4,2	3,6	3,1	2,7	3	3,1	2,6	2,4	2,9	3,7	3,1
Mínimo	1	0,8	0,8	0,1	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,8	0
Corrección	1,9	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,1	1,3	1,6	1,5



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION)

Latitud: 11° 58' 48" N

Código: 69 115

Longitud: 86° 06' 18" W

Años: 1977 – 2010

Elevación: 210 msnm

Parámetro: temperatura media (°C)

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1982	26,2	26,9	28,1	29	28,2	27,3	26,2	26,9	26,4	26,1	26,3	26	27,0
1983	26,5	27,6	28,9	30,1	30,8	28,4	26,9	26,8	26,3	26,4	26,3	25,6	27,6
1984	25,4	26,8	28,2	29,8	29,3	27,1	25,9	26,2	25,6	26	25,6	25,3	26,8
1985	24,9	26,3	27,8	29	28,9	27,1	26,2	26,6	26,9	26,1	25,4	25,2	26,7
1986	25,4	26,7	27,7	29,4	28,9	26,4	26,3	27,3	26,8	26,6	26,4	26,1	27,0
1987	26,2	27,7	29,5	30	29,9	28,5	26,4	27	27,6	27,1	27,5	26,9	27,9
1988	26,2	27,1	28,4	29,8	29,2	27,2	26,2	26,2	26	26,4	25,6	25,6	27,0
1989	25,8	25,7	26,9	28,9	28,7	26,9	25,6	25,4	25,2	25,2	-	24,3	26,2
1990	24,8	24,9	26,1	27,5	26,9	25,8	25,5	25,7	25,6	25,5	25	24,6	25,7
1991	25,1	25,6	26,9	27,8	27,3	26,6	25,8	25,9	25,8	25,1	24,9	24,7	26,0
1992	25	25,8	26,6	28,3	28,1	26,8	24,8	25,2	25,2	25,6	25,7	25,1	26,0
1993	25,3	26,4	27,4	28,5	27,3	26,7	26,3	26	25,6	25,9	25,6	25,2	26,4
1994	25,1	25,7	26,9	27,6	27,4	26	26,2	26,3	25,9	25,6	24,9	25,3	26,1
1995	25,1	25,8	26,9	27,9	27,5	26,2	25,9	26,1	25,5	25,5	25,2	25,2	26,1
1996	24,7	25,6	26,4	28,3	26,6	26,4	25,6	25,6	25,9	25,5	24,9	24,6	25,8
1997	24,4	25,5	26,2	27,4	28,6	25,9	26,8	26,9	27	26,1	25,7	25,3	26,3
1998	26,1	27	28,1	29,2	28,8	27,1	26,9	26,4	25,8	25,8	25,4	25,6	26,9
1999	25,1	25,4	26,6	28,4	27,5	26,6	25,8	26,1	25,3	25,1	25,4	24,9	26,0
2000	24,7	25,2	26,8	28,5	28,2	27,3	26,7	27,2	26,2	24,8	-	-	26,6
2001	25,6	25,9	27,2	28,4	28,5	27	26,5	27	25,7	26,3	25,4	25,9	26,6
2002	25,4	25,9	27,3	28,2	27,7	27	26,5	27	26,6	26	25,7	26,2	26,6
2003	26,1	27,5	27,8	29	27,6	25,6	25,7	25,7	26,3	26	25,7	25,2	26,5
2004	25,2	26	26,9	28,1	27,1	26,5	26	26,7	26,2	26,3	25,8	25,3	26,3
2005	25,3	26	28,5	29,1	27,3	26,3	26,8	26,5	25,7	25	25,5	25,5	26,5
2006	25,6	25,3	27,3	28,5	28	27,1	26,9	27,5	27,3	26,7	25,6	25,8	26,8
2007	25,8	26,3	27,6	28,2	27,8	26,6	25,7	25,9	25,3	24,9	24,9	24,4	26,1
2008	24,7	25,5	26,8	28,1	27,7	25,9	25,5	25,7	25,5	25,4	24,7	24,7	25,9
2009	25	25,4	26,3	28	27,8	26,6	25,8	25,9	26,7	26,1	25,6	25,8	26,3
2010	25,6	27,2	27,9	28,7	27,3	26,2	25,8	25,9	24,8	26,2	25	24,2	26,2
2011	25,5	26,4	26,9	28,0	27,7								26,9
Suma	864,1	891,0	932,6	973,1	956,6	881,3	836,9	869,8	886,4	881,1	820,7	811,7	928,2
Media	25,4	26,2	27,4	28,6	28,1	26,7	26,2	26,4	26,1	25,9	25,6	25,4	26,5
Máximo	26,5	27,7	29,5	30,1	30,8	28,5	26,9	27,5	27,6	27,1	27,5	26,9	27,9
Mínimo	24,4	24,9	26,1	27,4	26,6	25,6	24,8	25,2	24,8	24,8	24,7	24,2	25,7

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES



**DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION)

Latitud: 11° 58' 48" N

Código: 69 115

Longitud: 86° 06' 18" W

Años: 1977 – 2010

Elevación: 210 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1984	4,3	1,5	3,7	3,8	40,8	280,4	275,8	170,6	427	113,7	12,6	9,9	1344,1
1985	5,9	3,7	0,2	7,9	151,8	112,1	130,8	156	100,6	380,9	76,1	16,3	1142,3
1986	1	10,5	0	0	164,2	170,8	92,2	129,1	106,9	165,5	59,4	12,9	912,5
1987	1,6	0	1,5	0	132,6	188,3	359,5	223,5	229,4	265,1	24,3	31,3	1457,1
1988	7,9	4,2	0	0,6	131,3	411,7	165,2	416	316,1	433,7	50,6	25,5	1962,8
1989	10,8	10,7	1,6	0	138,8	126,4	188	171,6	316,9	123,5	112,9	58,9	1260,1
1990	6	3,9	1,5	10,9	266,4	136,5	180,1	115,6	176	175,6	92,4	33,2	1198,1
1991	1,2	0	0	0	223,4	379,2	64,6	134,1	214,4	119,3	71,9	21,7	1229,8
1992	1,4	0	0,8	0,1	84,6	251,6	155,6	49,7	202,7	134,3	8	15,2	904
1993	49,8	0	0	26	364,1	184,2	68,3	260	306,7	103	52,8	2,5	1417,4
1994	1,4	7,2	5,6	75,7	94,8	99,5	54,3	100,5	126,4	376,8	187,7	2,3	1132,2
1995	1,4	0	29,3	125,5	58,3	347,8	106,8	330,4	255,3	314,2	44,7	22,8	1636,5
1996	35	0	24,2	0,7	230,4	212,8	245,9	155,4	344,1	303,7	201	3	1756,2
1997	19,3	1,2	10,3	55,1	71,4	267,8	52,4	88,2	171,8	297,9	77,5	4,9	1117,8
1998	0	0,1	0	0	97	91,9	149	180,5	372,8	611,4	101,3	10	1614
1999	15,7	14,5	2,5	11,9	131,5	193,3	219,6	167,7	374,8	200,3	66,2	10,4	1408,4
2000	27,5	2,3	1,8	15,8	80,7	228,8	82,3	118,4	487,4	97,1	-	-	1142,1
2001	2,3	5,9	0	0,3	174,2	142,2	139	242,9	328,5	216,3	63,7	4,2	1319,5
2002	5,3	1,3	1,6	6,7	375,8	213,5	130,8	59,8	178	128,3	51,7	0,9	1153,7
2003	0,2	0,9	38,3	3,2	319,1	501	168,6	118,8	143,9	270,7	82,6	10,6	1657,9
2004	9,7	1,8	6,5	6,8	235,2	125,3	194,4	109,1	215,1	218,4	44,4	4,1	1170,8
2005	0	0,4	28,7	53,4	318,1	394,6	206,5	187	315,7	260,8	39,5	7,1	1811,8
2006	19,7	3	4,6	13,2	241,4	129	124,7	67,4	137,7	171,4	80,4	4,2	996,7
2007	0,5	1,7	0	4,3	200,1	113,6	85,7	393	218,6	314,4	113,9	29,2	1475
2008	6,4	0,3	0,5	6,2	363,9	118,5	290,9	388,6	332,8	406,6	34,4	11,1	1960,2
2009	1,1	0,4	0	1,9	265,8	266,1	136,5	161	144,9	287,2	23,8	14,3	1303
2010	1,5	0,1	0	35,2	231,3	324	321,1	539,5	398,3	110,6	49,8	3,6	2015
2011	2,6	0,0	0,0	2,0	83,3	216,4	391,3	150,9	467,8	317,7	60,7	30,8	1723,5
Suma	293,4	91,5	205,3	538,9	6614,6	7494,8	5613,9	6590,6	9139,7	8614,7	2408,4	470,6	48076,4
Media	8,6	2,7	6,0	15,9	194,5	220,4	170,1	193,8	261,1	246,1	70,8	14,3	1373,6
Máximo	49,8	14,5	38,3	125,5	535,8	501,0	391,3	539,5	487,4	611,4	253,9	58,9	2015,0
Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	91,9	52,4	49,7	100,6	97,1	8,0	0,9	423,7



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION)

Código: 69 115

Años: 1977 – 2010

Latitud: 11° 58' 48" N

Longitud: 86° 06' 18" W

Elevación: 210 msnm

Parámetro: humedad relativa (%)

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1982	78	76	69,7	69,2	77,7	82,9	83,4	82,1	82,8	81,8	78,5	75,3	78,1
1983	70,3	69,3	63,9	59,2	60,2	76	81,5	82,5	86,6	83,5	83,8	77,9	74,6
1984	71,1	67,7	62,2	56,1	60,5	75,7	79,6	77,3	81,3	78,2	73,4	71,5	71,2
1985	67,2	63	59,6	56,5	62,6	74,1	76	75,9	76,5	80,2	77,9	73,8	70,3
1986	63,9	58,3	61,9	54,2	63	77,5	75,7	72	74,9	75,7	73,8	71,2	68,5
1987	63,5	57,9	56,6	51,1	59,3	71,2	78,2	76	74,4	73,9	71,5	72,5	67,2
1988	68,5	61,5	56,4	55,3	63,6	76,1	79,4	80,8	81,6	79	75,3	73,2	70,9
1989	71,6	64,7	62,3	57	62,5	74,9	-	-	-	-	-	-	65,5
1990	76	73,2	68,9	66	74,8	83,7	84,7	83,1	84,5	84,7	83,3	79,4	78,5
1991	74,4	67,8	65,3	65,6	74,8	81,9	83,6	83,5	83,6	85,6	81,7	78,8	77,2
1992	73,6	71,4	66,3	64,2	67,1	81,3	87,4	84,7	85,8	83,4	80	75,6	76,7
1993	74,1	65,5	62,2	64,2	78,2	81,6	80	81,5	83,5	83,6	80	75,5	75,8
1994	72	68,7	63,5	65,3	72,8	82,2	77,2	79,8	82,6	84,4	85	76,6	75,8
1995	73,9	68,9	70,3	72,2	76,8	84,6	85	86,1	88,3	87,8	84,1	79,4	79,8
1996	74,2	68,6	65,4	65,8	81,1	82,6	85	84,9	85,6	86,3	83,5	76,6	78,3
1997	77,2	73,5	69,3	69,9	65,9	83,8	79,9	79,5	81,4	84,3	84	75,5	77
1998	73,4	68,6	65,3	64,8	70,4	81,6	81,2	84,1	87,3	88	85,1	79,3	77,4
1999	78,4	75,9	70,9	68,5	77,4	81	83,8	82,9	85,8	84	78,1	72,9	78,3
2000	72,9	68,6	65,4	61,1	70,4	78,2	80	80,5	84,7	86	-	-	74,8
2001	75,8	74,8	65,5	65,9	70,3	80,1	82,4	82,5	85,8	84,6	81,6	79,2	77,4
2002	76,7	75,8	69,8	68,9	77,2	83,6	86,1	81,2	84,5	85	82,5	77,5	79,1
2003	70,6	68,7	68,6	67	75,8	86,7	86	85,3	84,1	86,1	85,1	78	78,5
2004	74,6	69,9	68,4	67,2	79,4	84,7	85,5	84,3	87,1	86,8	83,4	79,5	79,2
2005	73,6	69,9	70,6	68,5	81,4	88,6	84,1	85,7	88,4	89	83,6	80,9	80,3
2006	78	74,3	67,8	66,3	75,5	83,1	83,9	80,2	81,7	85,5	82,5	79,9	78,2
2007	72,3	67,4	67,9	71,4	72,7	77,6	86,1	87,1	87,9	89,5	82,9	80,5	78,6
2008	77,3	74,6	69,5	67	72,4	81,7	86,8	87,2	86	89,3	81,8	79,1	79,4
2009	76,4	74,2	72,3	72	77,8	84,9	86,9	86,4	84,9	86,6	84,7	78,7	80,5
2010	72,9	70,8	66,6	73,7	82,6	87,3	89,7	89,8	86,9	87,5	88	83	77,7
Suma	2424,4	2295,4	2189,8	2150,6	2392	2695	2574	2650,4	2778	2792	2610	2398,3	2604,6
Media	73,5	69,6	66,4	65,2	72,5	81,7	83,1	82,8	84,2	84,6	81,6	77,4	76,6
Máximo	83,2	76,0	72,9	75,4	84,4	88,6	89,7	89,8	88,4	89,5	88,0	83,0	80,9
Mínimo	63,5	57,9	56,4	51,1	59,3	71,2	75,7	72,0	74,4	73,9	71,5	71,2	65,5

Pruebas de Velocidad de Infiltración

Primer Prueba

Prueba de Velocidad de Infiltración									
Ítem	Hora	Relleno	Lectura	Tiempo (m)		Lamina Infiltrada		Velocidad de Infiltración (cm/h)	
				Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulada	Instantánea	Acumulada
1	9:15		0,3	0	0	0	0	0	0,0
2	9:16		1	1	1	0,7	0,7	42	42,0
3	9:18		2,4	2	3	1,4	2,1	42	42,0
4	9:20		3	2	5	0,6	2,7	18	32,4
5	9:22		3,5	2	7	0,5	3,2	15	27,4
6	9:24		4,1	2	9	0,6	3,8	18	25,3
7	9:26		4,8	2	11	0,7	4,5	21	24,5
8	9:28		5,3	2	13	0,5	5	15	23,1
9	9:30	1	5,7	2	15	0,4	5,4	12	21,6
10	9:35		2,1	5	20	1,1	6,5	13,2	19,5
11	9:40		3,5	5	25	1,4	7,9	16,8	19,0
12	9:45		4,8	5	30	1,3	9,2	15,6	18,4
13	9:50	1	5,9	5	35	1,1	10,3	13,2	17,7
14	10:00		3,5	10	45	2,5	12,8	15	17,1
15	10:10	1	6	10	55	2,5	15,3	15	16,7
16	10:30	1	5,5	20	75	4,5	19,8	13,5	15,8
17	10:50	1	5,5	20	95	4,5	24,3	13,5	15,3
18	11:10	1	6	20	115	5	29,3	15	15,3
19	11:40	1	7	30	145	6	35,3	12	14,6
20	12:10	1	7,5	30	175	6,5	41,8	13	14,3
21	12:40	1	7,5	30	205	6,5	48,3	13	14,1
22	1:10		7,5	30	235	6,5	54,8	13	14,0

Tiempo Acumulado (min) t	Velocidad Infiltración (cm/h) I	Log t Xi	Log I Yi	Xi ²	Yi ²	XiYi
1	42,0	0,000 0	1,6232	0,0000	2,6349	0,0000
3	42,0	0,477 1	1,6232	0,2276	2,6349	0,7745
5	32,4	0,699 0	1,5105	0,4886	2,2817	1,0558
7	27,4	0,845 1	1,4382	0,7142	2,0684	1,2154
9	25,3	0,954 2	1,4037	0,9106	1,9704	1,3395
11	24,5	1,041 4	1,3900	1,0845	1,9320	1,4475
13	23,1	1,113 9	1,3632	1,2409	1,8583	1,5185
15	21,6	1,176 1	1,3345	1,3832	1,7808	1,5694
20	19,5	1,301 0	1,2900	1,6927	1,6642	1,6784
25	19,0	1,397 9	1,2778	1,9542	1,6329	1,7863
30	18,4	1,477 1	1,2648	2,1819	1,5998	1,8683
35	17,7	1,544 1	1,2469	2,3841	1,5548	1,9253
45	17,1	1,653 2	1,2321	2,7331	1,5182	2,0370
55	16,7	1,740 4	1,2225	3,0289	1,4945	2,1276
75	15,8	1,875 1	1,1998	3,5159	1,4394	2,2496
95	15,3	1,977 7	1,1860	3,9114	1,4067	2,3456
115	15,3	2,060 7	1,1843	4,2465	1,4026	2,4405
145	14,6	2,161 4	1,1646	4,6715	1,3562	2,5170
175	14,3	2,243 0	1,1563	5,0312	1,3370	2,5936
205	14,1	2,311 8	1,1503	5,3442	1,3233	2,6593
235	14,0	2,371 1	1,1459	5,6220	1,3130	2,7169
SUMATORIAS	450,2	30,4	27,4	52,4	36,2	37,9

X	\bar{Y}	bo (Logk)	bi (n)	r	k	Tiempo Acumulado (min) t	l
1,4486	1,3051	1,6260	-0,2215	0,9699	42,2666	1	42
						3	33
						5	30
						7	27
						9	26
						11	25
						13	24
						15	23
						20	22
						25	21
						30	20
						35	19
						45	18
						55	17
						75	16
						95	15
						115	15
						145	14
						175	13
						205	13
						235	13

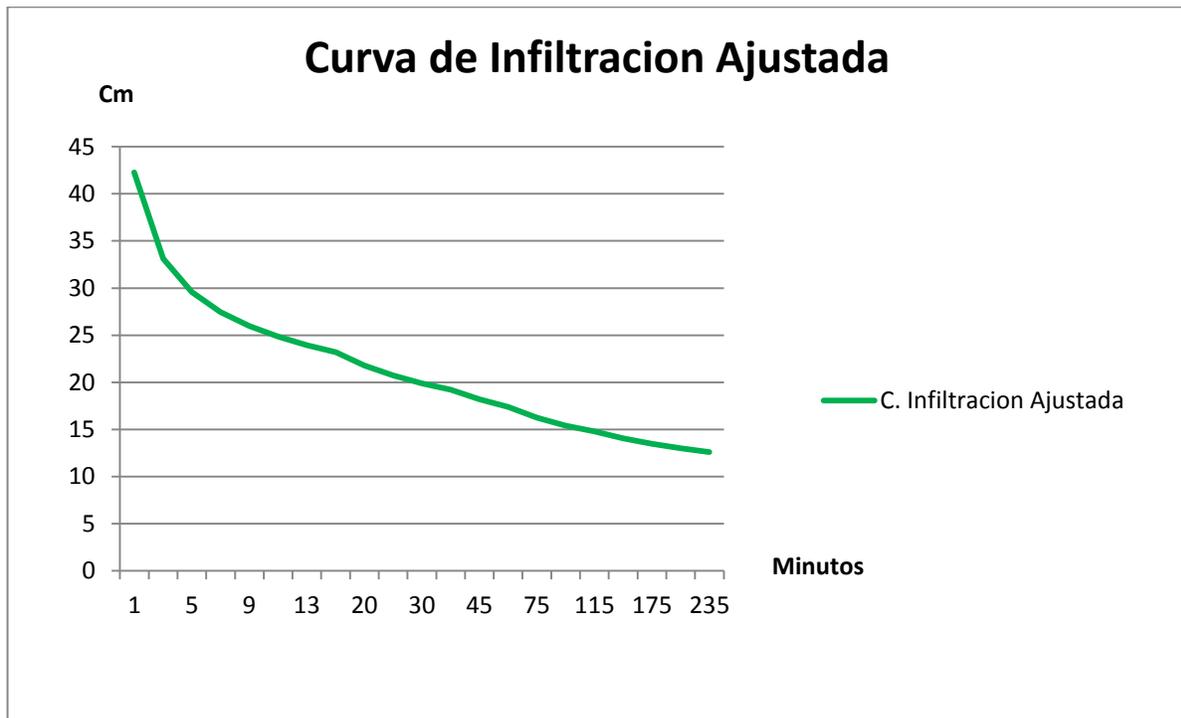
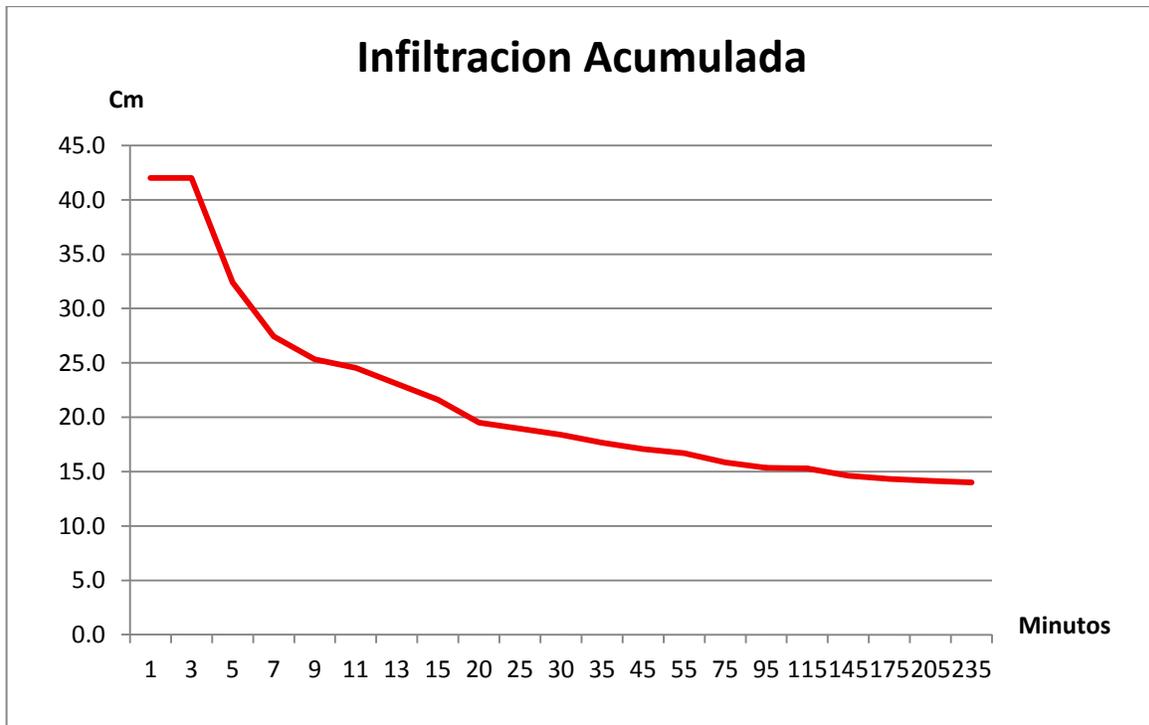
Segunda Prueba

Prueba de Velocidad de Infiltración									
Item	Hora	Relleno	Lectura	Tiempo (m)		Lamina Infiltrada		Velocidad de Infiltración (cm/h)	
				Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulada	Instantánea	Acumulada
1	09:10		0.5	0	0	0	0	0	0.0
2	09:11		1.5	1	1	1	1	60	60.0
3	09:13		2.5	2	3	1	2	30	40.0
4	09:15		3.4	2	5	0.9	2.9	27	34.8
5	09:17		4	2	7	0.6	3.5	18	30.0
6	09:19		4.2	2	9	0.2	3.7	6	24.7
7	09:21		5	2	11	0.8	4.5	24	24.5
8	09:23		5.3	2	13	0.3	4.8	9	22.2
9	09:25	1	5.8	2	15	0.5	5.3	15	21.2
10	09:30		2.3	5	20	1.3	6.6	15.6	19.8
11	09:35		3.5	5	25	1.2	7.8	14.4	18.7
12	09:40		5	5	30	1.5	9.3	18	18.6
13	09:45	1	6	5	35	1	10.3	12	17.7
14	09:55		3.7	10	45	2.7	13	16.2	17.3
15	10:05	1	5.9	10	55	2.2	15.2	13.2	16.6
16	10:25	1	5.7	20	75	4.7	19.9	14.1	15.9
17	10:45	1	5.6	20	95	4.6	24.5	13.8	15.5
18	11:05	1	6.2	20	115	5.2	29.7	15.6	15.5
19	11:35	1	7	30	145	6	35.7	12	14.8
20	12:05	1	7.8	30	175	6.8	42.5	13.6	14.6
21	12:35	1	7.6	30	205	6.6	49.1	13.2	14.4
22	01:05		7.7	30	235	6.7	55.8	13.4	14.2

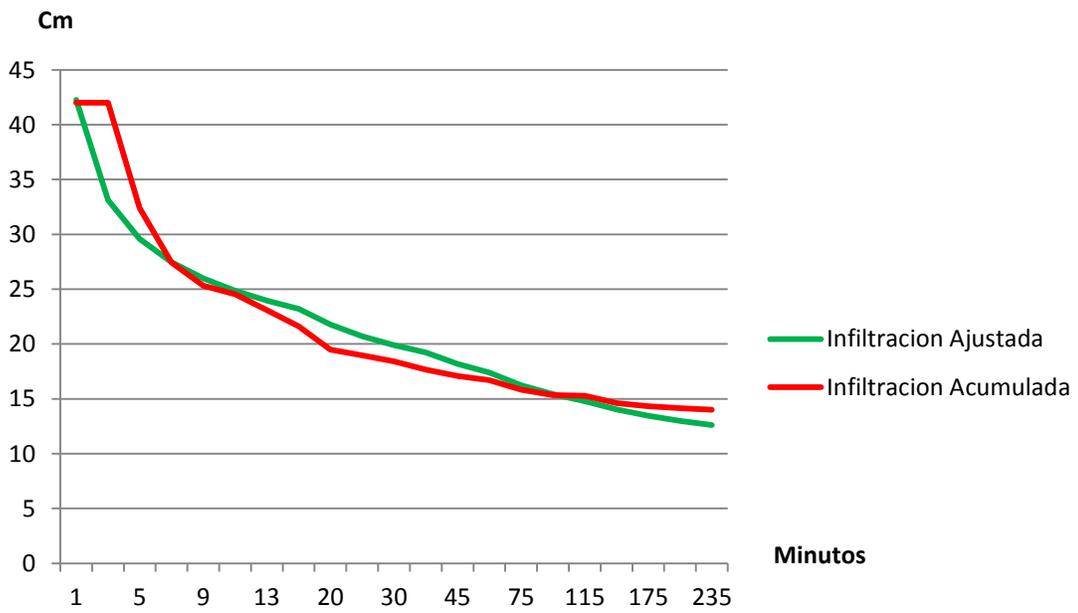
Tiempo Acumulado (min) t	Velocidad Infiltración (cm/h) I	Log t Xi	Log I Yi	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$
1	60.0	0.0000	1.7782	0.0000	3.1618	0.0000
3	40.0	0.4771	1.6021	0.2276	2.5666	0.7644
5	34.8	0.6990	1.5416	0.4886	2.3765	1.0775
7	30.0	0.8451	1.4771	0.7142	2.1819	1.2483
9	24.7	0.9542	1.3921	0.9106	1.9380	1.3284
11	24.5	1.0414	1.3900	1.0845	1.9320	1.4475
13	22.2	1.1139	1.3454	1.2409	1.8102	1.4988
15	21.2	1.1761	1.3263	1.3832	1.7592	1.5599
20	19.8	1.3010	1.2967	1.6927	1.6813	1.6870
25	18.7	1.3979	1.2723	1.9542	1.6188	1.7786
30	18.6	1.4771	1.2695	2.1819	1.6117	1.8752
35	17.7	1.5441	1.2469	2.3841	1.5548	1.9253
45	17.3	1.6532	1.2389	2.7331	1.5348	2.0481
55	16.6	1.7404	1.2196	3.0289	1.4875	2.1226
75	15.9	1.8751	1.2019	3.5159	1.4447	2.2537
95	15.5	1.9777	1.1896	3.9114	1.4151	2.3527
115	15.5	2.0607	1.1902	4.2465	1.4166	2.4527
145	14.8	2.1614	1.1695	4.6715	1.3676	2.5276
175	14.6	2.2430	1.1635	5.0312	1.3537	2.6098
205	14.4	2.3118	1.1575	5.3442	1.3398	2.6758
235	14.2	2.3711	1.1537	5.6220	1.3311	2.7355
SUMATORIAS	470.9	30.4	27.6	52.4	36.9	38.0

X	Ȳ	bo (Logk)	bi (n)	r	K	Tiempo Acumulado (min) t	I
1.4486	1.3154	1.6725	-0.2465	-0.9576	47.0407	1	42
						3	33
						5	30
						7	27
						9	26
						11	25
						13	24
						15	23
						20	22
						25	21
						30	20
						35	19
						45	18
						55	17
						75	16
						95	15
						115	15
						145	14
						175	13
						205	13
						235	13

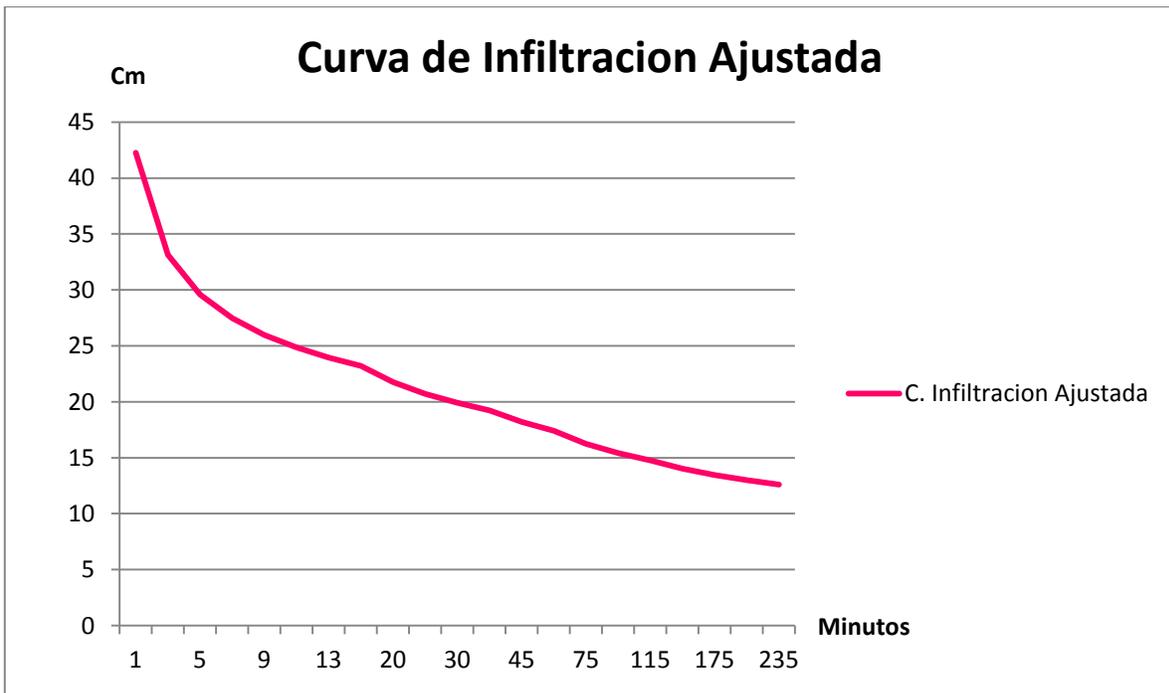
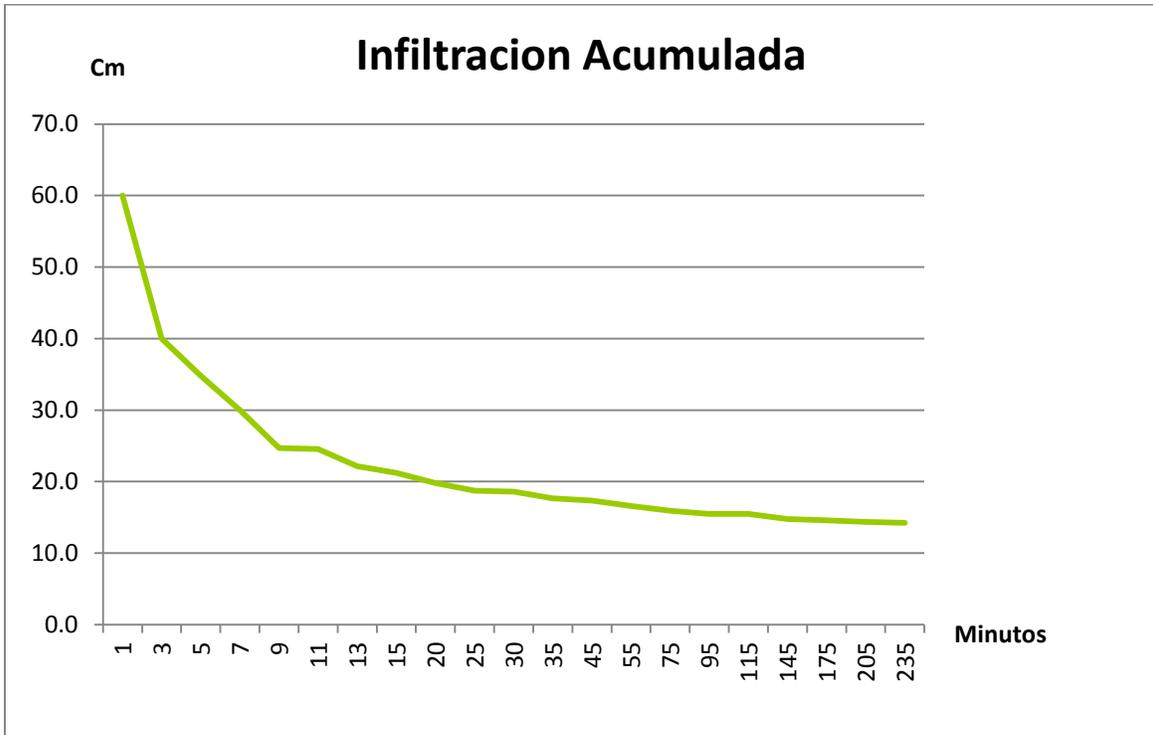
Graficas de la Primera Prueba de Velocidad de Infiltración



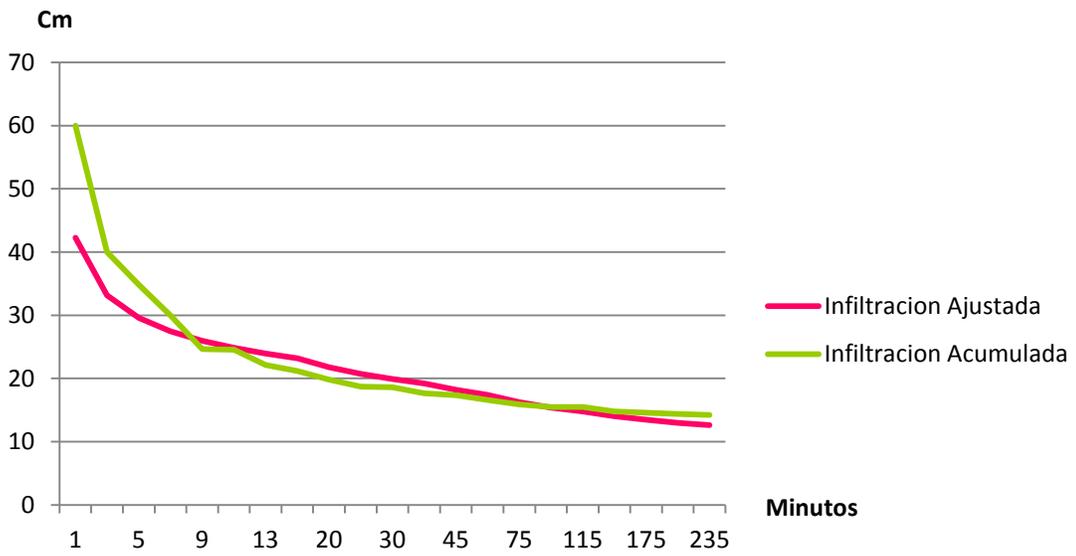
Comparacion de las Curvas



Graficas de la Segunda Prueba de Velocidad de Infiltración



Comparacion de las Curvas



Prueba de Velocidad de Infiltración del Suelo en el CEA-UNI-FC



Elaboracion de Calicata en el CEA-UNI-FC





Elaboración de
Calicata en el
CEA-UNI-FTC



Preparación de las muestras de Suelo



Capacidad de Campo del Suelo en Estudio del CEA-UNI-FTC



Punto de marchitez Permanente del Suelo (PMP)



Ph



Del



suelo



Tabla coeficientes de Hazem - Williams para Algunos Materiales

COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS PARA ALGUNOS MATERIALES			
Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Fuente: <http://www.miliarium.com>

Datos de catalogo para aspersor Nandam Jein

5024 Performance Table

Nozzle Color (mm)	P (bar)	Q (l/h)	9°		12°		14°	
			D (m)	msh (cm)	D (m)	msh (cm)	D (m)	msh (cm)
2.5 Purple	2.0	350	15.5	74	16.5	100	18.0	117
	3.0	430	17.0		18.5		19.0	
	4.0	490	17.5		20.0		20.0	
2.8* Orange	2.0	450	16.0	75	18.5	110	18.5	125
	3.0	550	17.5		20.0		19.5	
	4.0	630	18.0		21.0		21.0	
3.0 Red	2.0	510	16.5	76	18.5	120	19.0	130
	3.0	630	18.0		20.5		20.5	
	4.0	720	18.0		21.5		21.5	
3.2 Green	2.0	570	17.5	77	18.5	122	19.0	135
	3.0	700	18.5		20.5		21.0	
	4.0	810	18.5		22.0		22.5	
3.5 Blue	2.0	660	17.5	84	18.5	125	19.0	140
	3.0	810	18.5		20.5		21.0	
	4.0	930	19.5		22.0		22.5	

*Standard nozzle
msh = max. stream height (above nozzle)

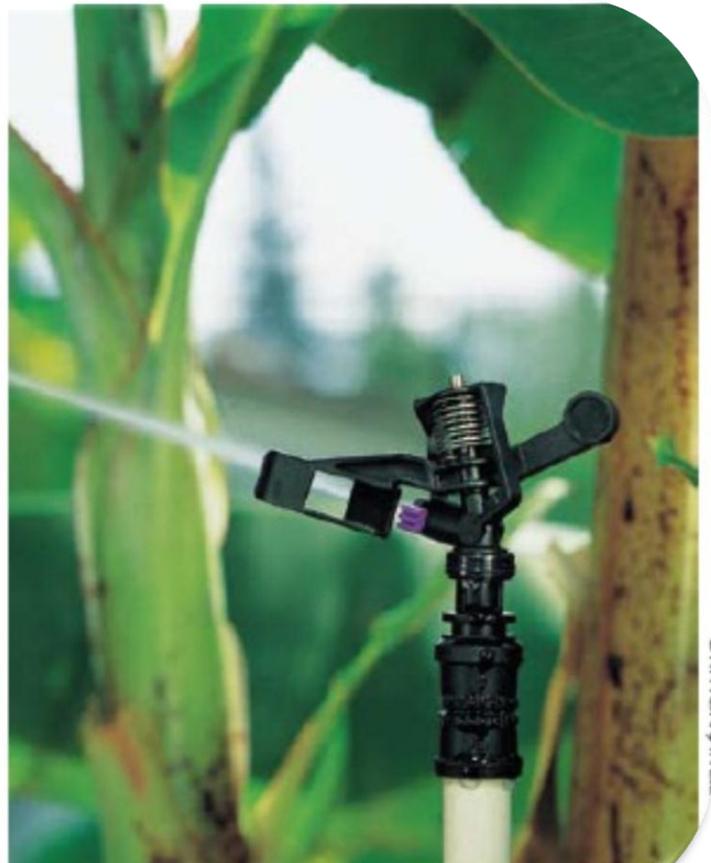


Tabla de cálculo de Laterales

Universidad Nacional De Ingeniería
Facultad De Tecnología De La Construcción
Carrera De Ingeniería Agrícola
Departamento De Riego y Drenaje

Tabla de Cálculos de Laterales

N	Darcy-Weisbach			Hazem-Williams			Scobey		
	M=2.0			M=1,85			M=1,90		
	F		Z	F		Z	F		Z
2	0.625		5	0,639		4,6	0,634		4,7
3	0.518		14	0,534		12,2	0,529		12,8
4	0.469		30	0,485		25,2	0,48		26,7
5	0.440		55	0,457		44,9	0,451		48,0
6	0.421		91	0,438		72,4	0,432		78,1
7	0.408		140	0,425		109	0,419		118
8	0.398		204	0,416		156	0,410		170
9	0.391		284	0,408		214	0,402		235
10	0.385		385	0,402		284	0,396		315
11	0.380		506	0,397		369	0,392		410
12	0.376		650	0,393		468	0,388		522
13	0.373		819	0,390		563	0,384		653
14	0.370	1	20	0,337		715	0,381		804
15	0.367	1	240	0,385		866	0,379		975
16	0.365	1	500	0,382	1	30	0,377	1	170
18	0.362	2	110	0,379	1	430	0,373	1	630
20	0.359	2	870	0,376	1	920	0,370	2	200
30	0.350	9	450	0,368	5	960	0,362	6	950
40	0.345	22	100	0,363	13	400	0,357	15	800
50	0.343	42	900	0,361	25	100	0,354	30	0,00
60	0.342	73	900	0,359	42	80	0,354	50	700
70	0.340	177	0,00	0,358	64	900	0,352	78	900
80	0.340	177	0,00	0,357	93	100	0,351	116	0,00
90	0.339	258	0,00	0,356	132	0,00	0,350	163	0,00
100	0.338	338	0,00	0,356	178	0,00	0,350	221	0,00

Evaluación de la Velocidad de Infiltración (Vi)

Velocidad de Infiltración	
Clasificación	mm_h⁻¹
Muy Lenta	<2
Lenta	2 – 5
Moderadamente Lenta	5 – 20
Moderada	20 – 65
Moderadamente Rápida	65 – 125
Rápida	125 – 250
Muy Rápida	>250

Evaluación de la Capacidad de Campo

Capacidad de Campo	Evaluación
< 20	Baja
20 – 40	Media
40 – 55	Alta
> 55	Muy Alta

Evaluación de la densidad aparente

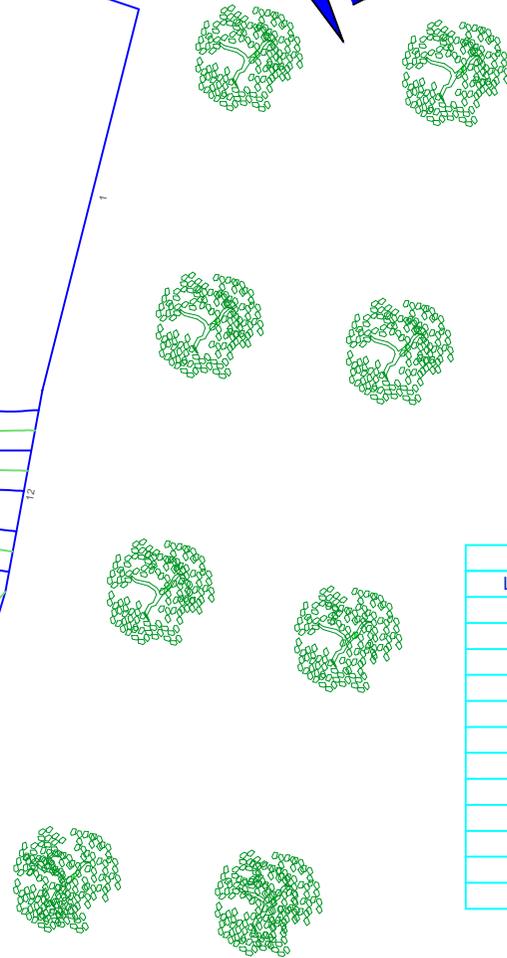
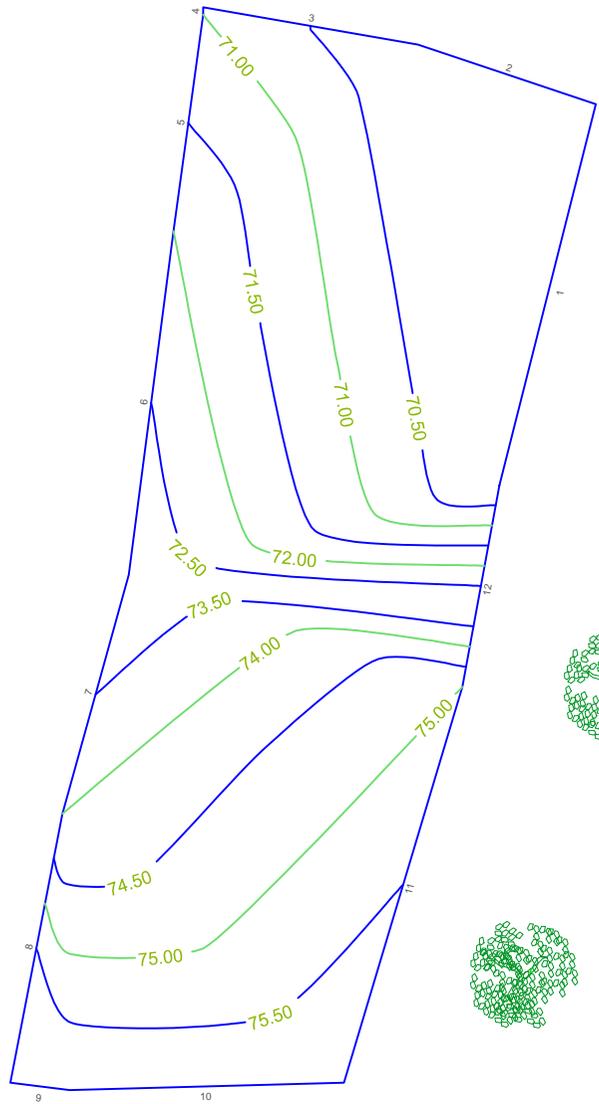
Evaluación	gr/cm ³
Muy Baja	<1.0
Baja	1.0– 1.2
Media	1.2 – 1.45
Alta	1.45 – 1.60
Muy Alta	>1.60

Evaluación del pH del suelo

RANGO DE pH	CLASIFICACION
< 4.60	Extremadamente acido
4.60 – 5.19	Muy fuertemente acido
5.20 – 5.59	Fuertemente acido
5.60 – 6.19	Medianamente acido
6.20 – 6.59	Ligeramente acido
6.60 – 6.79	Muy ligeramente acido
6.80 – 7.19	Neutro
7.20 – 7.39	Muy ligeramente alcalino
7.40 – 7.79	Ligeramente alcalino
7.80 – 8.39	Medianamente alcalino
8.40 – 8.79	Fuertemente alcalino
8.80 – 9.39	Muy fuertemente alcalino
> 9.40	Extremadamente alcalino

Descripción de los Horizontes del suelo en estudio.

Horizonte	Descripción	Da (gr/cm ³)
A1	Materia orgánica en formación y acumulación adyacente a la superficie	0.80
A2	Horizonte con pérdidas de Arcilla, Hierro y Aluminio	1.18
A3	Horizonte de transición al horizonte B	0.61
B1	Concentración Aluvial de humus, silicato, Arcilla, Hierro, Aluminio	0.83
B2	Concentración residual de Arcillas de silicatos	0.91



Cuadro de Rotero				
Lado	Distancia	Rumbos	X	Y
1	52.63	N14°18'01"E	52.63	52.63
2	25.30	N71°33'54"W	25.30	25.30
3	29.43	N80°13'03"W	29.43	29.43
4	1.00	S00°00'00"E	1.00	1.00
5	29.27	S07°51'12"W	29.27	29.27
6	46.39	S07°25'53"W	46.39	46.39
7	33.24	S15°42'31"W	33.24	33.24
8	36.67	S11°00'13"W	36.67	36.67
9	8.06	S82°52'30"E	8.06	8.06
10	37.01	N88°27'07"E	37.01	37.01
11	55.36	N16°47'54"E	55.36	55.36
12	27.46	N10°29'29"E	27.46	27.46



Agrícola

Trabajo Monografico

Curvas de Nivel

Elaborado por:
Br. Mauren Karina Zeledon Espinoza
Br. Jose Martin Espinoza Reyes

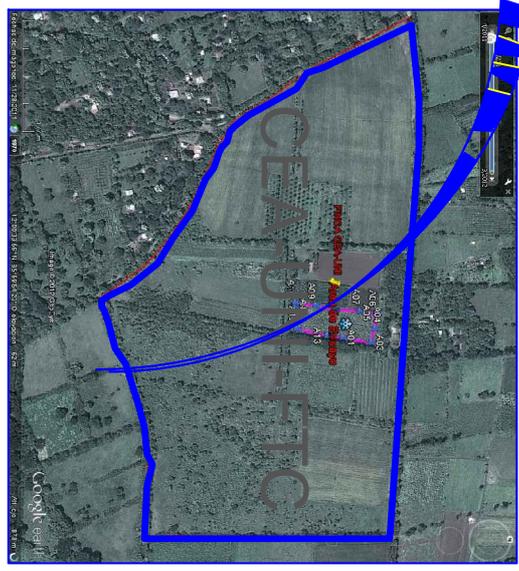
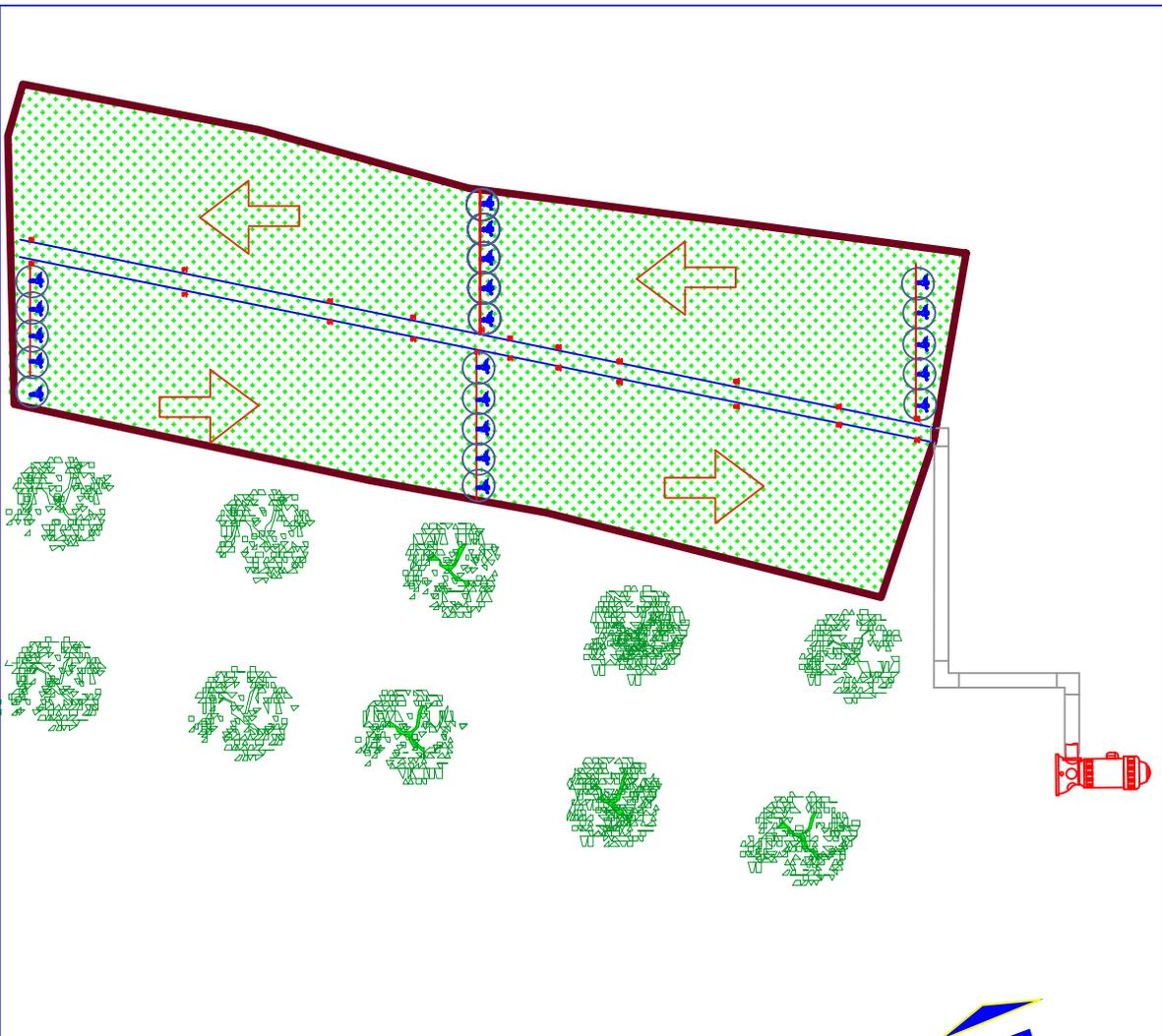
Fecha:20/09/2012

Esc:1/1

Dr. Alvaro Aguilar

01

02



Simbologia	
	Equipo de Bombeo
	Tuberia Conductora pvc de 2"
	Tuberia Maestra pvc de 2"
	Tuberia Lateral pvc de 1"
	Aspersor de 1.89 gpm
	Lateral de Riego 9.47 gpm

Trabajo Monografico

Diseño del Sistema de Riego por Aspersión para el Cultivo del Plátano
(Musa Cavendishii Lamb) en el CEA-UNI-FTC



Agrícola

Mauren Karina Zeledon Espinoza

José Martín Espinoza Reyes

Fecha: 20/09/2012

Esc: 1:1

Dr. Alvaro Aguilar

02

02