

# **Cálculo y presupuesto de un sistema de riego para 10 ha de plátano en El Zamorano.**

**BIBLIOTECA WILSON POPERO  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
APARTADO 98  
TEGUCIGALPA HONDURAS**

Teddy Joffre Abril Vanegas

**ZAMORANO**

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria  
Abril, 2000

# **CALCULATION AND BUDGET FOR AN IRRIGATION SYSTEM FOR 10 HA OF PLANTAINS IN ZAMORANO.**

Teddy Joffre Abril Vanegas

**ZAMORANO**

April, 2000

**ZAMORANO**  
**Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria**

**Cálculo y presupuesto de un sistema de riego  
para 10 ha de plátano en El Zamorano.**

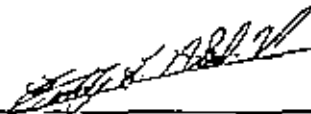
Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el  
Grado Académico de Licenciatura

presentado por

**Teddy Joffre Abril Vanegas**

**Honduras: Abril, 2000**

El autor concede a El Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas y jurídicas se reservan los derechos de autor.



---

Teddy Joffre Abril Vanegas

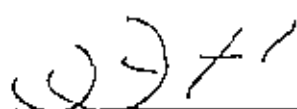
Zamorano, Honduras  
Abril, 2000


# Cálculo y presupuesto de un sistema de riego para 10 ha de plátano en El Zamorano.

Presentado por:


Teddy Joffre Abril Vanegas


Aprobada:


  
Pablo Quintana  
Asesor Principal

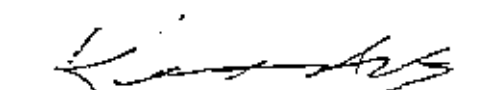
  
Odilo Duarte, Ph.D.  
Asesor Secundario

  
Francisco Alvarez, Ing. Agr.  
Asesor Secundario

  
Odilo Duarte, Ph.D.  
Coordinador PLA

  
Jorge Restrepo, M.B.A.  
Coordinador de la Carrera de  
Ciencia y Producción Agropecuaria

  
Antonio Flores, Ph.D.  
Decano

  
Keith Andrews, Ph.D.  
Director General

## DEDICATORIA

A mis abuelos Nelson Abril y Rafaela Muñoz por la confianza que depositaron en mí.

A mi abuela Alejandrina por haber sido mi gran apoyo emocional, y mi fuente de inspiración.

A mis padres Ausberto Abril y Carmita Vanegas, por haber hecho de mí un hombre de bien.

A mis hermanos Nelson y Yeltsin, por ser mi base para luchar por mi futuro y el de ellos.

A mis tíos, en especial a Jorge Abril por ser un ejemplo de superación para mi persona. A mis primos, primos hermanos e inolvidables amigos.

A mi compañero de cuarto John Vallejo por ser como un hermano.

A mis amigos Lenin Gualoto, Francisco Zaconeta, Euro Torres, John Vallejo por su amistad incondicional y por los grandes momentos que tuvimos y que nos ayudo a olvidarnos de nuestras penas y hacer mas amena la estadía en Honduras.

A mi descendencia zamorana, Eli Sánchez, Luis Cisneros y Gonzalo Caamaño.

A Iris Santamaria por haberme dado todo el apoyo necesario para seguir adelante en el Zamorano.

A Walter Lasso y Marilú Bravo, mis segundos padres, por ser especiales y una gran ayuda a mi formación.

A mi colonia Orense.

A mi ALMA MATER ("El Zamorano") por haberme forjado como profesional, y haberme permitido vivir en su corazón.

## AGRADECIMIENTO

A mi Dios todopoderoso y a la Virgen Santísima de El Cisne por haberme dado la dicha de poder graduarme por segunda vez y por haberme escuchado en todo momento.

A mis abuelitos Nelson y Rafaela por haber confiado y apoyado siempre.

A mi abuelita Alejandrina por haberme cuidado siempre, por sus preocupaciones, su amor de madre, su apoyo y consejos, por ella lo hice todo y donde ella se encuentre esta viendo el fruto de su amor.

A mis padres Ausberto y Carmen por haberme dado la dicha de tener vida, por apoyarme y darme todo el cariño necesario.

A mis hermanos Nelson, Yeltsin, Gloria, Yenny, Mercy, Alfredo por no olvidarse de mí. A Eduardo Abad por todos sus sabios consejos y su apoyo que me ha dado desde pequeño y que me ha ayudado a seguir adelante.

A mis tíos, tías, por estar pendiente de mí todo este tiempo.

A mis primos, primas por acordarse de su primo a la distancia.

A Marcos S., Christian C., Geovanny C., Guido, Edinson, Paola C., Hugo A., Ingerborth, Yasmín P., Evelyn J., Carla M., Freddy Z., amigos y amigas en general por mantenerse siempre cerca de mí.

A mis amigos Victor Arias, Franco Sangoluisa, Leonidas Tavares, Melvin Medina, Erick Naranjo, Ignacio Pimentel, Alvaro Zuñiga, Byron Reyes, Eduardo Rivera, Vilma Tarifa, Diana Rivera por su amistad sincera.

A mi colonia orense por ser como mi familia en esta escuela, en especial a Johanna Córdova y a Montgomery Sanchez.

A mis amigas y amigos en general del zamorano, en especial a Yamile M., Ximena S.

A mis nietos Eli Sánchez, Luis Cisneros y Gonzalo Caamaño, por recordarme lo que es vivir en Zamorano.

Al Sr. Pablo Quintana por sus conocimientos y por todo el apoyo desinteresado que me brindó. Al Dr. Odilo Duarte por su carisma, comprensión y ayuda brindada.

A todo el personal de ZESA por su ayuda incondicional.

## AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A mis abuelos Nelson Abril y Rafaela Muñoz por su preocupación y por todo el esfuerzo e inversión que hicieron en mí, para ayudar a forjarme como un profesional.

A mis padres Ausberto Abril y Carmen Vancgas por el soporte económico y emocional que me brindaron durante estos cuatro años.



## RESUMEN

Abril, Teddy. 2000. Cálculo y presupuesto de un sistema de riego para 10 ha de plátano en la Escuela Agrícola Panamericana, Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras, SIp.

El plátano es un cultivo de alta importancia socioeconómica por su contribución en la generación de divisas, trabajo para el país y su alto consumo humano. Debido a sus características fisiológicas requiere una dotación de agua adecuada y constante para cubrir sus necesidades con el menor esfuerzo posible. Cuando la cantidad de lluvia no es suficiente en determinada época del año o no llueve, es necesario proporcionar agua de riego para evitar el estrés de la planta, por eso un buen diseño del sistema de riego hará que los rendimientos en las plantaciones sean óptimos, si las demás prácticas se hacen adecuadamente. Este proyecto se planeó para las vegas 2, 3 y 5 de Monte Redondo en el El Zamorano. Como este proyecto es con fines educativos se diseñaron dos tipos de riego para comparar su eficiencia y su costo: a) uno subfoliar, con aspersores marca Senninger 2014HD, cuya descarga es de 2.16 galones/minuto a 40 PSI, una capacidad de aplicación de 0.13"/h y un diámetro mojado de 70', con un espaciamiento de 36' x 42' y una eficiencia de aplicación de 75.20%; b) otro de microaspersión, con microaspersores Bowsmith 50J, una descarga de 0.25 galones/minuto a 15 PSI, cuya capacidad de aplicación es de 0.119"/h, un espaciamiento de 12.30' x 16.41' y una eficiencia de aplicación de 90%. Se determinó que el costo de materiales e instalación por hectárea para microaspersión es de \$3008.92 y para subfoliar \$2662.43, con una cantidad de agua a usar de 8000 gl/h/ha y de 9204 gl/h/ha, respectivamente. Se decidió instalar estos dos sistemas debido a que las eficiencias de aplicación de agua son más altas que las de cualquier otro aplicable al cultivo. El consumo de energía está dentro de un rango de 0.45-0.75 HP por hectárea, el más bajo dentro de todo lo conocido. El método de microaspersión puede estar limitado en la aplicación, porque no todos los productores tienen instalado el cable de apoyo, que es la estructura que se aprovecha para instalarlo.

**Palabras claves:** Características fisiológicas, costo, diámetro mojado, estrés, microaspersión, subfoliar.

  
Dr. Abelino Pitty

## NOTA DE PRENSA

## ¿Es rentable la irrigación en plátano?

El plátano es un cultivo de mucha importancia para los países que lo producen por la generación de trabajo, ingreso de divisas y por su alto consumo humano. Debido a que es una planta grande, requiere de una dotación constante de agua para cubrir sus necesidades.

Este cultivo por lo general no requiere irrigación ya que siempre se ha sembrado en lugares con altas incidencias de lluvias, pero en zonas donde la cantidad de agua lluvia no es suficiente en determinada época del año o no llueve, es necesario proporcionar agua de riego para que la planta no sufra, teniendo siempre fruta de alta calidad, por eso una buena irrigación evitará que los rendimientos en las plantaciones plataneras disminuyan, siempre y cuando las demás prácticas se realizan adecuadamente.

Zamorano se propone instalar un proyecto un sistema de riego para 10 ha, usando dos tipos de riego: a) el de aspersión subfoliar con una descarga de 2.16 galones por minuto (gal/min) a 40 libras de presión (PSI); b) otro de microaspersión cuya descarga es de 0.25 galones por minuto (gal/min) a 15 libras de presión (PSI).

Se determinó que la inversión por hectárea para microaspersión es de 3008.92 dólares y para subfoliar 2662.43 dólares; la cantidad de agua que ocupa cada riego por hectárea es de 9204 galones por hora por hectárea (gl/h/ha) para subfoliar y de 8000 galones por hora por hectárea (gl/h/ha) para microaspersión.

Las ventajas de estos tipos de riego comparados con otros es el buen uso del agua y que el consumo de energía para bombear es menor. El método de microaspersión puede estar limitado en la aplicación, ya que no todos los productores tienen instalado el cable de apoyo, que es la estructura que se aprovecha para instalarlo.

Se espera que con estos sistemas de riego la conversión sea de 1.38 cajas por racimo, la cual sin riego sería de 0.73 cajas por racimo; esto nos dice la importancia de invertir en un buen sistema de riego para que nuestros rendimientos no disminuyan y así poder tener ingresos satisfactorios.

  
Lic. Sobeyda Álvarez

## INDICE GENERAL

|   | Pag... |
|---|--------|
| Portadilla.....   | i      |
| Derechos de autor.....  | ii     |
| Aprobación.....   | iii    |
| Dedicatoria.....  | iv     |
| Agradecimientos.....  | v      |
| Agradecimientos a patrocinadores.....                         | vi     |
| Resumen.....  | vii    |
| Nota de Prensa.....   | viii   |
| Indice General.....   | ix     |
| Indice de Cuadros.....  | xii    |
| Indice de Figuras.....  | xiii   |
| Indice de Anexos.....   | xiv    |
| <br>  |        |
| 1. INTRODUCCION.....  | 1      |
| 1.1 ANTECEDENTES.....   | 1      |
| 1.2 OBJETIVOS.....  | 2      |
| 1.2.1 Objetivo General.....                                   | 2      |
| 1.2.2 Objetivo Especifico.....                                | 2      |
| <br>  |        |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....                                | 3      |
| 2.1 RIEGO.....  | 3      |
| 2.1.1 Principales sistemas de riego aplicados al plátano..... | 4      |
| 2.1.1.1 Por Gravedad.....                                     | 4      |
| 2.1.1.2 Por Aspersión.....                                    | 5      |
| 2.1.1.2.1 Sobre el follaje.....                               | 5      |
| 2.1.1.2.2 Bajo el follaje.....                                | 5      |
| 2.1.1.2.2.1 Microaspersión (Riego de bajo volumen).....       | 6      |
| 2.1.1.3 Por goteo.....  | 6      |
| 2.1.2 Selección del sistema de riego.....                     | 6      |
| 2.1.2.1 Cultivo.....  | 6      |
| 2.1.2.2 Suelo.....  | 7      |
| 2.1.2.3 Topografía.....                                       | 7      |
| 2.1.2.4 Costos.....   | 8      |
| 2.1.2.5 Clima.....  | 8      |
| 2.1.2.6 Cantidad y calidad del agua.....                      | 8      |

|   |    |
|---|----|
| 2.1.3 Determinación de los parámetros básicos para el<br>diseño de sistemas de riego..... | 9  |
| 2.1.3.1 Textura y estructura del suelo .....  | 9  |
| 2.1.3.2 Densidad aparente.....  | 9  |
| 2.1.3.3 Capacidad de retención del agua o capacidad de campo.....                         | 10 |
| 2.1.3.4 Infiltración.....   | 10 |
| 2.1.3.5 Uso consuntivo.....   | 11 |
| 2.1.3.6 Lámina de riego.....  | 12 |
| 2.1.3.7 Frecuencia de riego.....  | 12 |
| 2.2 DRENAJE.....  | 13 |
| 2.2.1 Sistema de drenaje.....   | 13 |
| 2.2.1.1 Drenajes primarios o colectores.....  | 13 |
| 2.2.1.2 Canales secundarios.....  | 14 |
| 2.2.1.3 Canales terciarios o boquetes.....  | 15 |
| 2.2.1.4 Canales cuaternarios.....   | 15 |
| 2.2.2 Estudios básicos para determinar el sistema de drenaje.....                         | 16 |
| 2.2.2.1 Estudio topográfico.....  | 16 |
| 2.2.2.2 Análisis de perfil del suelo.....   | 16 |
| 2.2.2.3 Conductividad hidráulica.....   | 16 |
| 2.2.2.4 Calidad de agua.....  | 17 |
| 2.2.2.5 Estudios hidrológicos.....  | 17 |
| 2.2.2.6 Propiedades físicas de los suelos.....  | 17 |
| 2.2.2.7 Estudios freaticométricos.....  | 17 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS.....  | 18 |
| 3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....   | 18 |
| 3.1.1 Historial climático del terreno.....  | 18 |
| 3.2 DEFINICIÓN DE LÍMITES.....  | 19 |
| 3.3 ANÁLISIS DE SUELO.....  | 19 |
| 3.4 NIVELACIÓN.....   | 19 |
| 3.5 DIVISIÓN DEL ÁREA.....  | 20 |
| 3.6 TIPO DE RIEGO.....  | 20 |
| 3.7 MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO.....  | 20 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....  | 21 |
| 4.1 NIVELACIÓN.....   | 21 |
| 4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.....   | 21 |
| 4.2.1 Riego por aspersión.....  | 21 |
| 4.2.2 Riego por microaspersión.....   | 21 |
| 4.3 MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO.....  | 22 |
| 4.4 LISTA DE MATERIALES.....  | 30 |
| 4.4.1 Riego por aspersión .....   | 30 |
| 4.4.2 Riego por microaspersión.....   | 32 |
| 4.5 PRESUPUESTO.....  | 32 |
| 4.5.1 Para el sistema de riego.....   | 32 |

|   |        |
|---|--------|
| 4.5.2 Construcción de un pozo mecánico de 300 pies<br>de profundidad adomado con tubería PVC 10"..... | 32     |
| 4.5.3 Equipo para bombeo.....   | 33     |
| 4.5.4 Presupuesto consolidado.....  | 33     |
| <br>5. CONCLUSIONES.....  | <br>34 |
| 6. RECOMENDACIONES.....   | 35     |
| 7. BIBLIOGRAFÍA.....  | 36     |
| 8. ANEXOS.....  | 38     |

## INDICE DE CUADROS

| Cuadro  | Pag. |
|---|------|
| 1. Producción de banano, con riego y sin riego.....   | 4    |
| 2. Rangos normales de densidad aparente según clase textural.....   | 10   |
| 3. Profundidad requerida del nivel freático después<br>de la regarga (Aplicable al plátano).....              | 16   |
| 4. Clasificación de la conductividad hidráulica del suelo.....  | 17   |
| 5. Valores medios de macroporosidad del suelo.....  | 17   |
| 6. Datos climatológicos de la estación meteorológica de<br>El Zamorano, Junio 1999 – febrero 2000.....        | 18   |
| 7. Análisis de suelo.....   | 19   |
| 8. Análisis hidráulico para el elevador y el nudo de válvula de bloque.<br>Proyecto Plátano, sistema SP:..... | 22   |
| 9. Diseño hidráulico de tubería principal y sub – principal,<br>aspersión subfoliar.....                      | 22   |
| 10. Diseño hidráulico de múltiples, aspersión subfoliar.....  | 23   |
| 11. Diseño hidráulico de tubería principal y sub – principal,<br>Microaspersión.....                          | 25   |
| 12. Diseño hidráulico de múltiples, microaspersión.....   | 27   |

## INDICE DE FIGURAS

| Figura   | Pag. |
|--|------|
| 1. Indices típicos de infiltración para varios suelos..... | 11   |
| 2. Sección de corte de un canal.....                       | 14   |

## INDICE DE ANEXOS

| Anexo   | Pag. |
|---|------|
| 1. Sistema de drenajes de una plantación bananera.....          | 39   |
| 2. Construcción de drenajes.....                                | 40   |
| 3. Drenaje secundario.....                                      | 40   |
| 4. Drenaje terciario o boquete.....                             | 41   |
| 5. Precipitación mensual 1942 – 1999 Estación Zamorano.....     | 42   |
| 6. Hoja de cálculo de área para riego por aspersión.....        | 43   |
| 7. Datos de nivelación para el área de riego por aspersión..... | 44   |
| 8. Plano de bloques, tuberías principales y cable vfa.....      | 51   |



## 1. INTRODUCCION

El plátano es un cultivo de alta importancia socioeconómica. Su valor se ha venido incrementando a través del tiempo ya que no sólo es un componente principal en la canasta familiar sino también por su contribución en la generación de divisas y trabajo, así como su alto consumo humano y animal.

La planta de plátano, por sus características botánicas, requiere una adecuada y constante dotación de humedad en el suelo que le permita obtener el agua para sus necesidades fisiológicas con el menor esfuerzo posible. Cuando la cantidad de lluvia no es suficiente en determinada época del año o no llueve, es necesario proporcionar agua de riego para evitar el sufrimiento o estrés de la planta.

Entre tantas definiciones de riego que existen, "echarle agua al suelo para que puedan crecer las plantas", es la más sencilla que sobre riego puede expresarse (Gundersen, 1979).

La naturaleza es pródiga pero no siempre podemos confiar en ella, por eso el riego permite un mayor control de los factores de la producción que cualquier otro sistema en la agricultura.

### 1.1 ANTECEDENTES

El arte de regar está unido al desarrollo de las más antiguas civilizaciones (Deloye *et al.*, 1967). En la era moderna la civilización se ha preocupado en aumentar la producción para satisfacer sus necesidades.

En el pasado el manejo que se le daba al plátano era rústico debido a su poca demanda; en la actualidad es un rubro de exportación al cual se le esta dando una importancia parecida al banano, debido a que bastantes personas que lo consumen han formado significativos grupos poblacionales en otros países al emigrar.

El sistema de riego es uno de los principales costos en una plantación, y como en la mayoría de proyectos se debe hacer un buen análisis técnico-financiero para tomar en cuenta la operación eficiente en combinación con el costo y los riesgos que esto implica.

Según Withers y Vipond (1978), el riego se diseña con la intención de producir un patrón conveniente de crecimiento para el cultivo. Un sistema de riego mal diseñado puede causar serios problemas en la producción ya que debe de tener un balance entre planta, suelo y el agua.

El drenaje de las aguas juega un papel complementario en el diseño de riegos porque se debe eliminar el excedente de agua generado por la lluvia o por el mismo riego.

La elaboración de un sistema eficiente de riego requiere de muchos cuidados y estudios bien realizados sobre suelos, estudios topográficos y de recursos de agua.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo general

- Elaborar el diseño del sistema de riego por aspersión subfoliar y micro aspersión en las Vegas de Monte Redondo en la Escuela Agrícola Panamericana con su respectivo análisis de costos, para una plantación de 10 ha de plátano.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Demostrar los beneficios de un sistema de riego bien planificado.
- Cubrir la demanda hídrica requerida por el cultivo y determinar la frecuencia entre riegos.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 RIEGO

El plátano, siendo una hierba gigante con una superficie foliar muy grande, transpira en grandes cantidades por lo que necesita una dotación constante de humedad en el suelo para crecer normalmente (Duarte, 1991). La pluviosidad debe satisfacer los requerimientos hídricos de la planta, por eso el régimen de lluvias debe ser lo más regular posible, sin períodos secos prolongados que puedan tener efectos desfavorables en el desarrollo de la planta y por ende de la producción.. Se dice que el plátano requiere de 150 a 160 mm por mes, o sea, 4 ó 5 mm diarios (Soto, 1985). Sin embargo es obvio que el mínimo aceptable debe variar con el suelo y, presumiblemente, también con la temperatura (Simmonds, 1973).

Desde el punto de vista técnico, el riego se justifica para cualquier cultivo o zona cuando "el requerimiento de agua del cultivo no es llenado por el suministro hídrico". En términos generales, cuando la evaporación de un lugar es mayor que la precipitación, todos los cultivos necesitan riego (Belalcázar, 1991).

Según Soto (1985), hay coincidencia de varios autores, en que la cosecha aumenta con la aplicación de riego, a la vez que se obtiene fruta de mejor calidad para los mercados. Por otro lado, un déficit de agua induce a una maduración prematura del fruto, con los consecuentes problemas de mercado.

Según Belalcázar (1991), en la región de Urabá-Colombia, las lluvias alcanzan promedios superiores a los 2500 mm, utilizando un coeficiente  $K=1$  (cultivo denso plenamente desarrollado). Los resultados comparativos de regar vs no regar obtenidos en rendimientos de plátano se pueden observar en el Cuadro 1, en que se nota claramente la diferencia en racimos embolsados, peso por racimo, porcentaje de recobro, número de racimos rechazados/ha y producción. Se debe tomar en cuenta que en esta región las lluvias son uniformes durante todo el año, en el caso de Zamorano que tiene una época de sequía de 6 meses bien acentuadas, la diferencia en rendimiento va a ser bien significativa y la inversión en un sistema de riego es indispensable.

Cuadro 1. Producción de banano, con riego y sin riego. (Salazar, 1987).

| Período | Embolse<br>Rac/ha-Sem. |              | Peso<br>Racimo(Kg) |              | De<br>Recobro |              | Racimos<br>Rechazados/ha |              | Producción<br>1=1.000 |              |
|---------|------------------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|--------------------------|--------------|-----------------------|--------------|
|         | Con<br>Riego           | Sin<br>Riego | Con<br>Riego       | Sin<br>Riego | Con<br>Riego  | Sin<br>Riego | Con<br>Riego             | Sin<br>Riego | Con<br>Riego          | Sin<br>Riego |
| 1       | 44.04                  | 39.28        | 33.32              | 33.49        | 99.58         | 99.78        | 0.19                     | 0.32         | 1.000                 | 1.000        |
| 2       | 46.20                  | 39.48        | 32.24              | 32.34        | 97.67         | 95.63        | 0.20                     | 0.39         | 0.964                 | 0.876        |
| 3       | 46.06                  | 34.63        | 32.30              | 31.09        | 95.06         | 85.55        | 0.49                     | 1.23         | 1.037                 | 0.830        |
| 4       | 45.94                  | 32.16        | 30.82              | 23.40        | 90.40         | 69.85        | 0.62                     | 2.71         | 1.092                 | 0.637        |
| 5       | 47.80                  | 36.00        | 30.78              | 27.84        | 93.14         | 73.28        | 0.71                     | 4.01         | 0.993                 | 0.626        |
| 6       | 50.46                  | 42.37        | 30.73              | 25.87        | 94.55         | 82.56        | 0.89                     | 5.36         | 1.050                 | 0.566        |
| 7       | 55.04                  | 48.61        | 30.00              | 24.33        | 95.17         | 89.74        | 0.71                     | 8.07         | 0.983                 | 0.524        |
| 8       | 51.94                  | 56.19        | 32.90              | 24.63        | 91.33         | 90.16        | 0.26                     | 2.37         | 1.072                 | 0.597        |
| 9       | 44.79                  | 58.29        | 31.18              | 24.61        | 96.71         | 94.00        | 0.46                     | 2.46         | 1.140                 | 0.732        |
| 10      | 38.72                  | 50.73        | 30.59              | 25.67        | 95.30         | 98.42        | 0.61                     | 1.70         | 1.203                 | 0.917        |
| 11      | 39.73                  | 43.29        | 32.08              | 29.37        | 94.57         | 96.74        | 0.37                     | 0.67         | 1.181                 | 1.192        |
| 12      | 47.95                  | 45.26        | 30.23              | 29.33        | 89.55         | 85.91        | 0.61                     | 0.86         | 0.909                 | 1.097        |
| 13      | 51.78                  | 46.30        | 31.95              | 31.31        | 91.53         | 86.28        | 0.09                     | 0.18         | 0.851                 | 1.023        |

Nota: El 28 de mayo se cortó fruta regada, con un rendimiento de 1.38 cajas/racimo. El 31 de mayo se cortó fruta no regada, con un rendimiento de 0.73 cajas/racimo.

Fuente: Belalcázar, 1991

## 2.1.1 Principales sistemas de riego aplicados al plátano

2.1.1.1 Por Gravedad. Es conveniente para los suelos permeables y porosos. Este sistema es recomendable cuando los recursos de agua son abundantes y económicos. El agua baja por canales abiertos, con la pendiente apropiada. Es un método barato pero no permanente, por lo que requiere de mucho mantenimiento para distribuir el agua (Soto, 1985). Según Belalcázar (1991), exige más mano de obra que los demás sistemas para su distribución y no produce incrementos considerables en la humedad relativa.

El método mas usado es el riego por surco aunque en la realidad no es el mas apropiado en plátano, el agua debe llegar de una manera ni demasiado lenta, ni demasiado rápida, con el fin de evitar erosión o que se produzca sedimentación (Soto, 1985). Con el riego en surcos se aborda un método en que sólo una parte del suelo recibe directamente el agua, el resto se humedece por infiltración lateral (Deloye *et al.*, 1967).

En comparación con otras prácticas de riego de superficie, el de surco ofrece una menor superficie abierta del agua y, por ende, menos pérdidas por evaporación desde los surcos, se reduce el riesgo de batir o amasar los suelos arcillosos y tanto los hombres como las máquinas pueden entrar a trabajar al terreno antes, y luego de la aplicación del agua (Withers y Vipond, 1978).

2.1.1.2 Por Aspersión. Método que consiste en aplicar agua a la superficie del terreno, rociándolo a manera de una lluvia ordinaria. La aspersión es producida por el choque con el aire del flujo de agua que sale bajo presión a través de pequeños orificios o boquillas. La presión generalmente es producida por bombeo, aunque se puede producir por gravedad si la fuente de agua está a suficiente elevación sobre el área que se va a regar. Los aspersores son dispositivos que separan el líquido en gotas y las distribuyen en el campo en un círculo o en parte de este (Soto, 1985). Existen varios sistemas para riego por aspersión:

2.1.1.2.1 Sobre el follaje. Se usa un sistema de tubería metálica fija, torres o tubos verticales que sobresalen de la plantación, en que se conectan aspersores tipo "cañón" con diámetros de cobertura 70-100 metros y caudales de aplicación superiores a 25lts/s (<sup>1</sup>).

Según Soto (1985), entre las ventajas de este sistema están: elimina el peligro de erosión del suelo, consigue altos rendimientos, es posible aplicar fertilizantes solubles en agua y pesticidas, se puede regular la penetración del fertilizante en el momento oportuno durante el riego, se puede regar eficientemente en terrenos con pendiente. Según Vélez (1985), otras ventajas son que se logra un traslape uniforme, exige menos calidad de agua y tiene un mantenimiento fácil y de bajo costo relativamente.

Según Duarte (1991), las desventajas que presenta este sistema son: requiere una alta inversión inicial, el viento puede desviar el agua, se necesita potencia y energía en abundancia, hay un lavado de pesticidas de las hojas y la caída de gotas grandes desde lo alto puede ayudar a transmitir enfermedades de hoja a hoja.

2.1.1.2.2 Bajo el follaje. Se basa en pequeños aspersores colocados a unos 10 a 18 metros y que asperjan sin mojar el follaje al utilizar ángulos de 12° a 14° (<sup>2</sup>).

Las ventajas comparadas al sistema sobre el follaje son: volúmenes de agua requeridos más bajos, menores requerimientos de energía, no se moja el follaje, necesita menor capacidad de bombas, riega menos áreas no cultivadas, no hay distorsión por viento en la cobertura (Vélez, 1985). Según Duarte (1991), otras ventajas a citarse son que hay menos salpicaduras que pueden transmitir enfermedades foliares y no se lavan los pesticidas de las hojas.

Según Vélez (1985), las desventajas que presenta este sistema son: susceptible a daños y sabotaje (robo), el rociador (sprinkler) debe ser calibrado y nivelado cuidadosamente para evitar un mal traslape y daños a las plantas, las plantas interfieren con el riego, el alto costo de instalación y puede causar erosión.

<sup>1</sup> y <sup>2</sup> QUINTANA, P. 2000, Riego, EAP. Zamorano. (Comun. Pers.)

2.1.1.2.2.1 Microaspersión (Riego de bajo volumen). Modificaciones de este sistema, permiten el uso de instalaciones de cable aéreo en las plantaciones de doble surco, donde se instalan aspersores pequeños colgados del alambre de apuntalamiento separados en un rango de 3 a 5 metros y alineados por tubería aérea. Este sistema de baja presión tiene grandes ventajas sobre los otros métodos de aspersión (Soto, 1985).

2.1.1.3 Por goteo. Consiste en la distribución de agua al suelo por medio de pequeños orificios. Estos orificios están calculados para una emisión de agua a razón de 1 a 8 litros por hora. El agua llega hasta los orificios a través de tubería de plástico, que por lo general se tiende sobre la superficie del suelo o por medio de cables aéreos, aunque también pueden enterrarse (Soto, 1985).

Según Duarte (1991), cada gotero esta colocado cada 1-1.50 metros que descargan solo agua o con fertilizante, mojando la zona radicular bajo ellos.

En suelos pesados de buena permeabilidad, la distribución del agua es altamente eficiente y ha mostrado rendimientos favorables en el número de cajas por racimo y por hectárea (Belalcázar, 1991).

Según Duarte (1991), este sistema ahorra una gran cantidad de agua, requiere de bajas presiones, no necesita un terreno nivelado, mejora los rendimientos, pues mantiene a la planta "cómoda" en todo momento con agua y alimento a su disposición. Se puede automatizar y así tener un sistema confiable con posibilidades de error reducidos.

Según Vélez (1985), las desventajas de este sistema son: alto costo de instalación, susceptible a daños y sabotaje, requiere alta calidad de agua, alto costo de mantenimiento y es más apropiado para plantaciones mantenidas en doble surco.

## 2.1.2 Selección del sistema de riego

En la selección de un sistema de riego es conveniente tener en cuenta no sólo los aspectos técnicos, sino también las condiciones sociales y culturales de la zona, (Belalcázar, 1991).

Según (Grassi, s.f.) la selección se basa en criterios que tienen relación con el cultivo, el suelo, la topografía, costos, el clima, cantidad y calidad de agua; todo esto implica tomar decisiones con respecto al planeamiento integral del predio y al grado de sistematización del terreno. A continuación se discuten estos criterios de selección de sistema de riego:

2.1.2.1 Cultivo. Este es un criterio que básicamente en muchos casos determina el sistema de riego a emplear. Por ejemplo el arroz se riega casi en la generalidad de los casos por inundación, otros cultivos como los frutales son regados por surco o por

aspersión; todo esto va a depender de la importancia y rendimiento del cultivo (Grassi, s.f.).

Según (Belalcázar, 1991), desde el punto de vista del cultivo del plátano el sistema a escoger debe cumplir con algunos requisitos mínimos:

1. Distribución uniforme del agua.
2. Mantenimiento estable de la humedad relativa del microclima en el interior del cultivo.
3. Dosificación del riego con la mayor frecuencia posible.
4. En las zonas con problemas fitosanitarios, el sistema de riego no debe mojar el follaje para evitar el lavado de los protectantes químicos.

2.1.2.2 Suelo. Las relaciones de suelo deben ser buenas para el desarrollo del cultivo. Comprende las características internas del perfil del suelo: profundidad, textura y estructura, drenabilidad; contenido de fragmentos gruesos y en particular los aspectos de relación agua - suelo vinculados al riego, tales como la capacidad de almacenaje de agua y la velocidad de penetración del agua en el suelo (Grassi, s.f.).

Las texturas más recomendables para obtener una buena cosecha económica de bananos, son las medias, desde franco arenosos muy finos y finos hasta franco arcillosos (Soto, 1985). Las estructuras de suelo del tipo granular, angular y sub angular en los primeros horizontes, son las más adecuadas para el cultivo ya que permiten el desarrollo y la respiración de las raíces. Los suelos deben ser ligeramente ácidos, con un pH entre 5.5 y 6.0 (CORBANA *et al.*, 1996).

Según Belalcázar (1991), la textura y la estructura pueden ser consideradas como las características físicas esenciales para el establecimiento y desarrollo de la planta, ya que de ellas depende el intercambio de iones y libre movimiento del agua y el aire por los espacios porosos.

Se requiere además de una profundidad efectiva de 1.2 a 1.5 m y de la ausencia de capas duras impermeables que eviten la evacuación de excesos de agua en el perfil (CORBANA *et al.*, 1996).

Según Thorne y Peterson (1963), la rapidez de infiltración del agua en el suelo es importante, los suelos que absorben el agua lentamente deben regarse por un método que permita al agua permanecer en la superficie del suelo durante largos periodos sin que se produzca un desperdicio excesivo por el escurrimiento, los suelos que tienen baja permeabilidad pueden producir la saturación temporal de la zona de las raíces.

2.1.2.3 Topografía. Según Grassi (s.f.), la topografía y el valor de la pendiente dan una pauta del sistema de diseño a emplear, el criterio topográfico está íntimamente unido a las posibilidades de nivelación.

Las pendientes aptas para la producción del plátano pueden variar desde plano (0%) hasta fuertemente escarpada (40%). La topografía en gran medida determinará las prácticas agronómicas y el nivel de tecnología que puede usarse en la intensificación de la producción. Ejemplo, pendientes menores del 2% permiten la utilización de sistemas de riego económicos. En pendiente mayores al 5% deberán de adoptarse prácticas orientadas a la conservación de suelos y humedad (FHIA, 1995).

**2.1.2.4 Costos.** Se debe tomar en cuenta que tan rentable es el cultivo, porque los costos de desarrollo y operación del riego a nivel predial afectan en forma directa la selección del método de riego. También un agua cara va a obligar a hacer un uso más eficiente y al empleo de métodos de riego que garanticen el logro de estas altas eficiencias (Grassi, s.f.).

**2.1.2.5 Clima.** El clima de la zona debe caracterizarse por ser cálido y de si es posible alta pluviosidad para reducir la cantidad de horas de riego. Bajas temperaturas retrasan el crecimiento y la cosecha. A grandes rasgos, la temperatura debiera oscilar entre los 20 y 30° (CORBANA *et al.*, 1996).

Según Soto (1990), un aspecto importante es la luminosidad, en banano para tener productividades satisfactorias, se debe contar con 4 horas diarias de brillo solar en promedio.

Un aspecto importante a tomar en cuenta, es el viento. Zonas muy ventosas incrementan el riesgo de pérdidas severas por volcamiento. Vientos superiores a los 40 ó 50 km/hora provocan serios daños (CORBANA *et al.*, 1996). Según Grassi (s.f.), vientos predominantes de alta velocidad pueden ser suficientes para proscribir el riego por aspersión.

**2.1.2.6 Cantidad y calidad del agua.** El recurso agua en cuanto a caudal, tiempo e intervalo de entregas, es sin duda un criterio de peso tal, que puede prácticamente determinar el método de riego a utilizar (Grassi, s.f.).

Si la cantidad total de agua es pequeña, entonces se deberá utilizar con la mayor eficiencia posible. Las altas eficiencias no se obtienen en general con métodos superficiales, a menos que el diseño, el funcionamiento y la administración sean muy elevados y que los canales de distribución estén revestidos. (Withers y Vipond, 1978).

En plátano las altas eficiencias no se obtienen con métodos superficiales, sino con métodos de riego que nebulizan la gota de agua como el de micro aspersión y aspersión.



La presencia de sedimentos en el agua impide el uso de rociadores y el método de goteo, a menos que se utilice un equipo complejo de filtración. Este equipo suele ser costoso y crea dificultades de operación y mantenimiento (Withers y Vipond, 1978).

La calidad del agua va a facilitar el mantenimiento del sistema de riego a emplear y a facilitar el buen desarrollo del cultivo (Keidar, 1983).

### 2.1.3 Determinación de los parámetros básicos para el diseño de sistemas de riego

Estos parámetros son aplicables a cualquier zona y cultivo y se deben determinar para lograr un diseño técnico acorde con el área (Belalcázar, 1991).

**2.1.3.1 Textura y estructura del suelo.** Están dadas por el tamaño y la forma de agregación o granulación de las partículas individuales que conforman el suelo (Belalcázar, 1991). Es decir el porcentaje de partículas gruesas, medias y finas de arena, limo y arcilla respectivamente (Keidar, 1983).

Según Belalcázar (1991), se hacen análisis de laboratorios para determinar la textura, la prueba de campo es de menor costo aunque exige cierto grado de experiencia, pero es muy valiosa en el sentido de determinar con cierta facilidad las texturas gruesas y finas. Dicha prueba consiste en tomar una porción del suelo húmedo entre las manos y analizar su plasticidad que se basa en la facilidad para dejarse moldear, la consistencia, la rugosidad y su fluidez. Ejemplo:

- Suelo arcilloso.- Al moldearlo con la mano forma bola fácilmente, con superficies lisas de buena consistencia. Si la humedad es alta tiende a brotar entre los dedos.
- Suelo arenoso.- No forma bola, es rugoso al tacto y cuando la humedad es alta forma bola de poca consistencia.

**2.1.3.2 Densidad aparente.** Es una forma de expresar el peso del suelo y se define como el peso de la masa del suelo (incluyendo espacio poroso) que ocupa un volumen unitario de peso seco, expresado en  $\text{gr/cm}^3$  (FHIA, 1995). La prueba de campo consiste en extraer una muestra de suelo de volumen conocido, la cual se pesa, se coloca al horno a  $105^\circ \text{C}$  durante 24 horas y luego se vuelve a pesar (Belalcázar, 1991).

Según FHIA (1995), la obtención de los valores de la densidad aparente en suelos que se evalúan por su potencial de uso en plátano, puede brindar información con respecto al estado de agregación del suelo o compactación y porosidad del mismo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rangos normales de densidad aparente según clase textural.

| TEXTURA                | g/cm <sup>3</sup> |
|------------------------|-------------------|
| Arena                  | 1.65              |
| Arena franca           | 1.60-1.65         |
| Franco arenoso         | 1.40-1.60         |
| Franco                 | 1.35-1.50         |
| Franco limoso          | 1.35-1.45         |
| Franco arcillo arenoso | 1.40-1.55         |
| Franco arcilloso       | 1.30-1.40         |
| Arcillo limoso         | 1.25-1.30         |
| Arcillo arenoso        | 1.35-1.45         |
| Arcilloso              | 1.20-1.35         |

Fuente: FHIA, 1995

**2.1.3.3 Capacidad de retención del agua o capacidad de campo.** Es quizá el parámetro más importante a tener en cuenta en los estudios de riego, puesto que determina la capacidad del suelo para almacenar agua y al mismo tiempo la disponibilidad de ésta (Belalcázar, 1991). Las plantas alcanzan su punto óptimo de desarrollo cuando el suelo se encuentra con un contenido de agua en capacidad de campo o cerca de ella. La humedad retenida en el suelo puede expresarse como "tensión" de humedad (Keidar, 1983).

Debe obtenerse una curva de retención de humedad, realizada por un laboratorio especializado. Las tensiones normales de análisis varían entre 0.1, 0.33, 1, 3 y 5 atmósferas, valores mayores de cinco atmósferas no tienen mucha aplicación práctica (Belalcázar, 1991).

**2.1.3.4 Infiltración.** Determina la velocidad con que el agua penetra en el suelo. Este parámetro condiciona no sólo el método de riego sino también los equipos a utilizar y el tiempo de riego requerido (Belalcázar, 1991). El índice de infiltración del suelo es el ritmo máximo al que el agua entrará a la masa de tierra, a través de la superficie (Withers y Vipond, 1978).

Según Withers y Vipond (1978), la infiltración puede cambiar durante la temporada de riego debido a varios factores: el paso de agua sobre el suelo, que provoca el desplazamiento de las partículas más pequeñas que pueden bloquear los poros del estrato superficial y la compactación provocada por el paso de maquinaria (Figura 1).

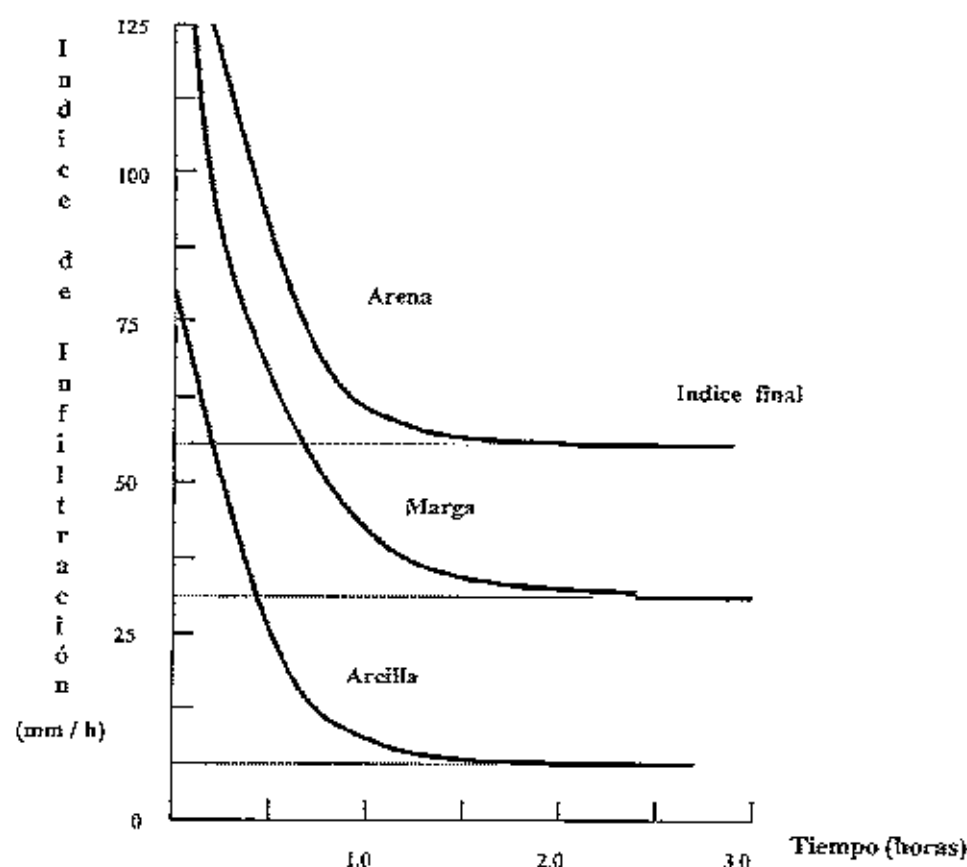
La mayor velocidad de infiltración se produce al comienzo de la aplicación del agua-riego. Una vez saturada la capa superficial, la arcilla comienza a cerrarse (se hincha) y disminuye gradualmente la infiltración hasta alcanzar un punto en el cual casi se mantiene constantemente (Keidar, 1983).

**2.1.3.5 Uso Consuntivo.** Conocido como demanda de agua, es el valor más importante en el diseño de sistemas de riego; es también el más difícil de estimar con precisión (Belalcázar, 1991). Las necesidades de agua de las plantas varían con el clima y con las especies y según el desarrollo de la vegetación (Deloye *et al.*, 1967).

El consumo de agua por las plantas generalmente se denomina con el nombre de evapotranspiración (ETP), en él influye la pérdida del agua por evaporación de la superficie del suelo y las pérdidas por la transpiración de las plantas (Keidar, 1983). Según Soto (1985), en estudios realizados en Honduras por la United Fruit Co., el consumo de agua diario aumentó de 7 mm a 26°C, hasta 9.2 mm a 26.6°C por día en el período de septiembre a marzo y bajó a 3.9 mm en el período de abril hasta agosto.

Para la obtención de cosechas económicamente rentables, se considera suficiente suministrar de 100 a 180 mm de agua por mes, para cumplir con los requerimientos necesarios de la planta (Soto, 1985). El patrón de uso de agua por los cultivos, dejando amplísimo margen para las precipitaciones pluviales y las pérdidas operacionales, determina alternativamente las capacidades de los canales, las tuberías, el almacenamiento y el bombeo del sistema.

Figura 1. Índices típicos de infiltración para varios suelos.



Fuente: Withers y Vipond, 1978

**2.1.3.6 Lámina de riego.** Según Belalcázar (1991), es el rango del contenido de humedad para el cual el cultivo en particular representa el desarrollo óptimo. Técnicamente el rango óptimo de humedad se puede definir en función del potencial del trabajo del cultivo, tensión de succión a la cual el cultivo es capaz de trabajar.

La lámina de agua total disponible en un horizonte del suelo dado se calcula así:

$$d = \frac{CC - PMP}{100} (da) (D)$$

Donde:

d= lámina de agua a reponer en cms.

CC= % de humedad al punto de Capacidad de Campo (1/3 atmósfera)

PMP= % de humedad al punto de Marchitez Permanente (15 atmósferas)

da= densidad aparente (g / cm<sup>3</sup>)

D= profundidad de suelo considerada, en cms.

Cuando no existe un método más exacto de definirlo al momento del riego, el máximo agotamiento permitido de ésta lámina es 50%.

Según Belalcázar (1991), cuando se dispone de un equipo de riego que cubre toda el área plantada y cantidad suficiente de agua, se puede reducir al máximo la variación en el contenido de humedad del suelo, reduciendo al mínimo el estrés de la planta. Por el contrario, cuando el agua es escasa y el equipo de riego se debe rotar para cubrir toda el área, se debe permitir que la planta consuma hasta el 50% del agua disponible en el suelo. A mayor rango de humedad menor es el costo del equipo de riego requerido.

**2.1.3.7 Frecuencia de riego.** El tiempo que debe transcurrir entre la aplicación de una lámina de agua a la siguiente, depende del uso consuntivo del cultivo, el caudal disponible de agua para regar y de la capacidad de almacenamiento del suelo en la zona radicular (FHIA, 1995). Según Belalcázar (1991), la frecuencia de riego teóricamente se define en función de la lámina de riego (d) y el uso consuntivo (Uc).

$$Fr = d / Uc$$

## 2.2 DRENAJE

Según FHIA (1995), el drenaje tiene como objeto la eliminación de los excesos de agua de los suelos a fin de proporcionar a los cultivos un medio adecuado para su normal desarrollo, el drenaje según la localización de los excesos de agua puede ser:

- a. Superficial.- Consiste en la remoción del exceso de agua sobre la superficie del terreno.
- b. Interno o sub - superficial.- aquel que se destina a evacuar los excesos de agua acumulados en el perfil del suelo.

Se debe tener presente que las raíces del plátano debido a su constitución no soportan el exceso ni la deficiencia de agua, desarrollándose mejor en un suelo bien aireado y con suficiente humedad, por lo tanto si se presentan problemas de exceso de agua, es indispensable el mantenimiento de un buen sistema de drenaje (Vélez, 1985).

El exceso de agua sobre los terrenos puede ser ocasionado por cuatro causas principales: precipitación, inundaciones, limitaciones topográficas y limitaciones edáficas. La principal consecuencia para los cultivos del mal drenaje superficial es la limitación del intercambio gaseoso entre las raíces de las plantas y la atmósfera (FHIA, 1995).

Las necesidades del drenaje se dan como consecuencia de la profundidad crítica del nivel freático mínimo para el cultivo y que en el caso del banano no puede ser menor de 1.80m (Soto, 1985). La forma práctica de verificar si un cultivo necesita o no drenaje, es mediante la construcción de un pozo en medio del cultivo, examinando la profundidad del nivel freático y midiendo la velocidad de descenso, posterior a un aguacero que satura el suelo en mm/día (Belalcázar, 1991).

### 2.2.1 Sistema de drenaje

En el cultivo del plátano se debe tener cuidado especial en el diseño esquemático del sistema de drenajes (Ver Anexo 1). Se debe efectuar una planificación integral de vías, cables para el transporte de la fruta, canales de riego y drenaje (Belalcázar, 1991).

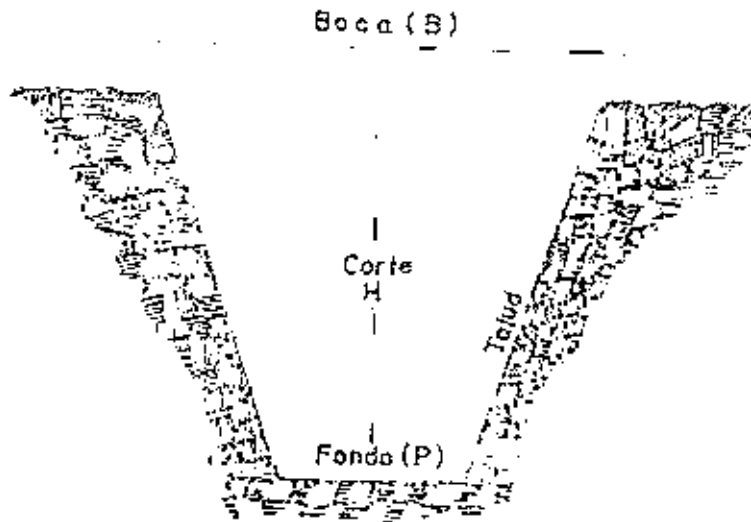
Es muy importante en el diseño del sistema de drenajes, que sea orientado en forma regular y perpendicular, cuando se construye en zonas planas. El sistema regular, permite una buena distribución administrativa de la plantación y facilitará las operaciones del cultivo y cosecha (Soto, 1985).

**2.2.1.1 Drenajes primarios o colectores.** Son zanjas o canales colectores que evacúan en forma pronta las aguas sobrantes del sistema; éstos pueden ser naturales como ríos, quebradas o depresiones; o artificialmente construidos de acuerdo a las necesidades. Debido a su tamaño es necesario el uso de maquinaria hidráulica a fin de disminuir los

costos durante su establecimiento (Ver Anexo 2). El cálculo está dado por el caudal de agua a evacuar y por lo general está incluido entre los siguientes ámbitos (Figura 2) (Soto, 1985).

|                      |   |
|----------------------|---|
| Corte                | 2,5 a 6,0 metros  |
| Boca                 | 6,0 a 10,0 metros   |
| Fondo                | 1,0 a 3,0 metros  |
| Gradiente            | 1,5 a 2,0 por mil   |
| Frecuencia           | 400 a 1.200 metros  |
| Longitud             | La necesaria  |
| Talud de las paredes | Textura media o ligeramente liviana: 30 a 45 por ciento<br>Textura liviana: 45 a 60 por ciento. |

Figura 2. Sección de corte de un canal.



Fuente: Soto, 1985

2.2.1.2 Canales secundarios. Constituyen la base del sistema. La profundidad y frecuencia de éstos, determinan el nivel freático en los suelos, es por ello que su cálculo y construcción debe ser muy preciso (Soto, 1985). Según Duarte (1995), estos canales son alimentados por canales terciarios y estos a su vez van conectados a los cuaternarios que desembocan en ellos y que se usan para evacuar el agua superficial o para zonas específicas de la plantación (Ver Anexo 3).

Según Soto (1985), los canales secundarios se construyen dentro de las siguientes medidas:

|                      |   |
|----------------------|---|
| Corte                | 2,5 a 4,0 metros  |
| Boca                 | 4,0 a 6,0 metros  |
| Fondo                | 1,0 metro   |
| Gradiente            | 1,5 a 2,0 por mil   |
| Frecuencia           | 80 a 125 metros   |
| Longitud             | 200 a 600 metros  |
| Talud de las paredes | Textura media a ligeramente liviana: 30 a 45 por ciento<br>Textura liviana: 45 a 60 por ciento. |

**2.2.1.3 Canales terciarios o boquetes.** Según Soto (1985), mantienen el nivel freático a la profundidad deseada en las áreas de topografía crítica, son de corto recorrido y se construyen dentro de la plantación sin modificar las distancias de siembra, y recogen las aguas superficiales a fin de que la humedad no afecte el sistema radical. Este sistema está en verdadero contacto con la planta de banano, y es el de mayor capacidad para evacuar agua al sistema de drenaje de la plantación (Ver Anexo 4).

Los boquetes, no se calculan con el sistema, sino que se construyen donde las variaciones de microrelieve indican que es necesario; o donde las plantas de bananos por su anormal desarrollo muestran la necesidad de construir un drenaje (Soto, 1995).

Según Soto (1985), tienen las siguientes características:

|                      |   |
|----------------------|---|
| Corte                | 1,2 a 2,5 metros  |
| Boca                 | 2,0 a 4,0 metros  |
| Fondo                | 0,60 a 1,0 metro  |
| Gradiente            | 1,5 a 2,0 por mil   |
| Frecuencia           | 40 a 60 metros  |
| Longitud             | 50 a 60 metros  |
| Talud de las paredes | Textura media a ligeramente liviana: 30 a 45 por ciento<br>Textura liviana: 45 a 60 por ciento. |

**2.2.1.4 Canales cuaternarios.** Según Soto (1985), evacuan el agua superficial de pequeñas áreas y bien localizadas, su construcción es muy sencilla y de bajo costo, y no requiere de equipo o personal especializado. Presenta las siguientes medidas:

|            |                     |
|------------|---------------------|
| Corte      | 0,90 a 0,30 metros  |
| Boca       | 1,50 a 0,60 metros  |
| Fondo      | 0,30 a 0,60 metros  |
| Frecuencia | La necesaria        |
| Longitud   | No más de 30 metros |

## 2.2.2 Estudios básicos para determinar el sistema de drenaje

2.2.2.1 Estudio topográfico. Además de contar con un croquis del área y la ubicación de los drenes naturales, es indispensable elaborar un plano de curvas de nivel máximo cada 0.5 m (Belalcázar, 1991).

Según Luthin (1967), el levantamiento topográfico debe indicar la posible dirección y alineamiento de los drenes, el tipo del sistema de drenaje que se deberá usar y, hasta cierto grado, su factibilidad económica.

2.2.2.2 Análisis de perfil del suelo. Según Belalcázar (1991), es básico construir calicatas que permitan analizar las variaciones de nivel freático y los cambios de textura en la profundidad del perfil, sobre todo localizar estratos arcillosos de baja permeabilidad y la profundidad de la barrera impermeable (Cuadro 3).

Cuadro 3. Profundidad requerida del nivel freático después de la recarga (Aplicable al plátano) (Salazar, 1987).

| Días | Profundidad (m) |
|------|-----------------|
| 1    | 1.10            |
| 2    | 1.30            |
| 3    | 1.40            |

Fuente: Belalcázar, 1991

2.2.2.3 Conductividad hidráulica. Este parámetro define la capacidad del suelo para permitir el paso del agua a través de él. Condiciona por lo tanto la mayor o menor permeabilidad del suelo (Belalcázar, 1991). Según Luthin (1967), la conductividad hidráulica depende principalmente de la estructura del suelo, la estabilidad de tal estructura es de esencial importancia (Cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación de la conductividad hidráulica del suelo (Salazar, 1987).

| Clase    | K (m/día)   |
|----------|-------------|
| Muy alta | 5.00        |
| Alta     | 5.00 - 1.00 |
| Media    | 1.00 - 0.30 |
| Bajo     | 0.30 - 0.05 |
| Muy bajo | 0.05        |

Fuente: Belalcázar, 1991



**2.2.2.4 Calidad de agua.** Aunque no siempre es necesario es recomendable analizar el agua freática, estableciendo las posibilidades de salinización y sodificación por efecto de ascenso de nivel freático (Belalcázar, 1991).

**2.2.2.5 Estudios hidrológicos.** Se requieren para determinar las lluvias críticas, que producen un incremento máximo en la elevación del nivel freático (Belalcázar, 1991).

**2.2.2.6 Propiedades físicas de los suelos.** Según Belalcázar (1991), los valores de densidad aparente, porosidad, macroporosidad, tienen gran importancia para determinar el comportamiento del suelo en relación con los problemas de drenaje (Cuadro 5 ).

Cuadro 5. Valores medios de macroporosidad del suelo (Johnson, 1966)

| Material          | Límites   | Media |
|-------------------|-----------|-------|
| Arcilla           | 0.15      | 0.02  |
| Limo              | 0.03-0.19 | 0.08  |
| Arcillo - arenoso | 0.03-0.12 | 0.07  |
| Arena fina        | 0.10-0.32 | 0.21  |
| Arena media       | 0.15-0.32 | 0.26  |
| Arena gruesa      | 0.20-0.35 | 0.27  |

Fuente: Belalcázar, 1991

**2.2.2.7 Estudios frealimétricos.** Consisten en la instalación de pozos de observación para determinar la posición de la capa freática en diferentes puntos de la zona y en varios estratos del suelo (Luthin, 1967). Según Belalcázar (1991), se toman registros periódicos de la máxima altura del nivel freático durante las épocas de lluvias y se grafican los valores críticos, elaborando un plano a curvas de nivel freático.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto de diseño de un sistema de riegos se realizó para las vegas 2, 3 y 5 de Monte Redondo, en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, ubicada en el valle del río Yeguaré, al oriente de Tegucigalpa en el Departamento de Fco. Morazán (Honduras), a una latitud de 14° norte y 87° oeste. Se encuentra a una altura de 742 msnm, con una temperatura promedio anual de 24 °C y una precipitación anual promedio de 1100 mm.

**3.1.1 Historial climático del terreno.** El Zamorano goza de dos estaciones climáticas bien marcadas, una seca y una lluviosa de 6 meses cada una, con una canícula aproximada de 30 días. Este clima obliga que en toda esta zona se necesite sistema de riego para poder producir los cultivos eficientemente.

Es muy importante para determinar la necesidad del cultivo, tipo y frecuencia de riego a usar en una zona, en el Zamorano los datos climáticos fluctúan cada año (Ver Anexo 5).

La estación meteorológica es de mucha ayuda y da una pauta para determinar las variaciones del clima en la zona, para mayor precisión del diseño se obtuvo datos de los últimos meses del año 1999 y los primeros del 2000 como se ve en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Datos climatológicos de la estación meteorológica de El Zamorano. Junio 1999 - Febrero 2000.

| MES        | PRECIPIT. X (mm) | EVAP. X (mm) | HR. X (%) | TEMP. X (°C) |
|------------|------------------|--------------|-----------|--------------|
| JUNIO      | 4.3              | 2.7          | 75.5      | 30.3         |
| JULIO      | 4.9              | 4.3          | 78.8      | 24.0         |
| AGOSTO     | 5.6              | 4.6          | 82.1      | 24.3         |
| SEPTIEMBRE | 11.0             | 3.6          | 84.9      | 24.4         |
| OCTUBRE    | 6.9              | 3.67         | 85.6      | 22.9         |
| NOVIEMBRE  | 0.9              | 3.36         | 82.3      | 20.8         |
| DICIEMBRE  | 1.0              | 3.60         | 79.5      | 20.5         |
| ENERO      | 0.3              | 3.90         | 76.9      | 20.0         |
| FEBRERO    | 0.02             | 4.43         | 76.1      | 21.1         |

Fuente: ZESA, 2000

### 3.2 DEFINICIÓN DE LÍMITES

El área utilizada para el proyecto es de 10 ha, tomando en consideración que el terreno es irregular y que sufrió algunos daños ocasionado por el Huracán Mitch, sólo se tomó el área que no fue afectada.

La definición se realizó por el método de poligonales con ángulos a la derecha. Según Brinker y Wolf (1982), los ángulos son medidos en el sentido de rotación del reloj desde un visual hacia atrás según la línea anterior, con los platos ajustados a cero, en vez de estarlo al acimut inverso; este método es adecuado para el arreglo de las graduaciones de los círculos de todos los tránsito y teodolitos, inclusive de los instrumentos direccionales.

Los instrumentos que se usaron para la medición fueron:

1. Teodolito
2. Estadia o estadal
3. Estacas
4. Cinta métrica
5. Brújula

Para facilidad de manejo de datos para el área de riego por aspersión subfoliar, se usó un programa de cálculo de área de poligonal del INA (Ver Anexo 6).

### 3.3 ANÁLISIS DE SUELO

El análisis de suelo fue realizado en el año de 1997 en el Laboratorio de Suelos de El Zamorano, como se ve en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de suelo

| # Lab. | Muestra          | Textura | % Arena | % Limo | % Arcilla | PH (H <sub>2</sub> O) | % M.O | % N total | Ppm (Disponible) |     |      |     |
|--------|------------------|---------|---------|--------|-----------|-----------------------|-------|-----------|------------------|-----|------|-----|
|        |                  |         |         |        |           |                       |       |           | P                | K   | Ca   | Mg  |
| 453    | Monte Redondo V2 | Franco  | 42      | 38     | 20        | 5.15                  | 1.93  | 0.11      | 25               | 197 | 1434 | 100 |
| 454    | Monte Redondo V3 | Franco  | 52      | 30     | 18        | 4.90                  | 2.05  | 0.10      | 29               | 168 | 1435 | 75  |

Fuente: Laboratorio de Suelos de El Zamorano

### 3.4 NIVELACIÓN

Se diseñó por el método de centroide o mínimos cuadrados (Ver Anexo 7).

### 3.5 DIVISIÓN DEL ÁREA

Se dividió el área en bloques para facilitar el diseño de riego y su manejo posterior, también con el propósito de llevar estadísticas de rendimiento (Ver Planos en Anexo 8).

### 3.6 TIPO DE RIEGO

Como este proyecto tiene fines educativos se planteó dos tipos de riego, el de aspersión o sub-foliar y el de microaspersión (Ver Planos en Anexo 8).

### 3.7 MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO

Para el cálculo de la tubería tanto central como para los dos tipos de riego, se usó una hoja de cálculo proporcionada por Pablo Quintana, en la cuál utiliza la fórmula de Hazen-Williams y Darcy Weisbach como comprobación.

La variación máxima de presión dentro de cada bloque es de menos de 20% para tener un coeficiente de uniformidad de 90%.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 NIVELACIÓN

Los datos que se obtuvieron en la medición indican que la pendiente del terreno es casi uniforme y muy reducida, pero con muchas irregularidades que dificultarían el drenaje superficial. En vista de lo anterior se decidió efectuar una nivelación de precisión que permita la evacuación rápida y efectiva de los excesos de aguas de lluvia. Esta preparación permite construir sistemas de drenaje altamente eficientes, diferentes al enfoque tradicional de drenaje bananero con grandes canales.

### 4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Cultivo: Plátano  
Tipos de suelo: Franco

#### 4.2.1 Riego por aspersión.

1. Método de riego: Subfoliar
2. Aspersor seleccionado: Senninger 2014HD, boquilla 7SPNV  
Q=2.16 GPM a 40 PSI,  
Diámetro mojado = 70'
3. Grupos de riego por sistema: 6
4. Máximo número de horas de operación por diseño: 17 h/día
5. Capacidad de aplicación en pulgadas/hora: 0.13"/h
6. Espaciamiento: 36' x 40'
7. Eficiencia de aplicación diseñada: 75.20 %

#### 4.2.2 Riego por microaspersión.

1. Aspersor seleccionado: Bowsmith 50 J,  
Q=0.25 GPM a 15 PSI  
Diámetro mojado = 17'
2. Grupos de riego por sistema: 4
3. Máximo número de horas de operación por diseño: 12 h/día
4. Capacidad de aplicación en pulgadas/hora: 0.119"/h
5. Espaciamiento: 12.30' x 16.41'
6. Eficiencia de aplicación diseñada: 90%

### 4.3 MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO

Determinamos mediante un análisis hidráulico la tubería requerida para los dos métodos de riego, como lo vemos en los cuadros 8, 9, 10, 11 y 12.

Cuadro 8. Análisis hidráulico para el elevador y el nudo de válvula de bloque. Proyecto Plátano, sistema SF.

| Aspersor Senninger Mod.2014-1-1/2" M, a 40PSI con 70ft de diámetro mojado. Q=2.16 GPM Boquilla #7= 7/64" |              |                |               |                 |                              |                   |                     |
|--|--------------|----------------|---------------|-----------------|------------------------------|-------------------|---------------------|
|  | Punto<br>ft. | Dist./<br>Elev | DI<br>Tubería | Flujo en<br>GPM | Bloque<br>acum.<br>Flujo GPM | Pérdida<br>H. ft. | Veloci.<br>ft./seg. |
| Elevador Plá SCH40 1/2"  | 1            | 3              | 0.662         | 2.16            |                              | 0.09              | 2.0                 |
| Altura del elevador  |              | 3              |               |                 |                              | 3.00              |                     |
| Presión en la base del aspersor  |              |                |               | 1.10            |                              | 2.54              |                     |
| Presión de operación<br>promedio del aspersor  |              |                | 40.000        |                 |                              | 92.40             |                     |
| Mínimo de presión en la salida<br>más lejana del múltiple  |              |                |               |                 |                              | 98.03             |                     |
| Lateral con la pérdida máxima  |              |                |               |                 |                              | 10.51             |                     |
| Pérdida en válvula de bloque,<br>factor K=0.14   |              |                | 3.000         |                 | 220                          | 0.22              |                     |
| Pérdida en codos del nudo del<br>bloque, factor K= 0.54  |              |                | 3.000         |                 | 220                          | 0.84              |                     |
|  |              |                |               |                 |                              | 11.56             |                     |
| Mínima presión disponible a<br>la entrada de la válvula  |              |                |               |                 |                              | 109.59            | 47 PSI              |

Fuente: El autor, en hoja de cálculo de Pablo Quintana, 2000.

Cuadro 9. Diseño hidráulico de tubería principal y sub - principal, aspersión subfoliar.

| Fca. Plátano "Monte Redondo" ** El Zamorano. |          |              |                  |               |                    |               |
|--|----------|--------------|------------------|---------------|--------------------|---------------|
| Tipo de<br>tubería                           | Aspersor | Dist.<br>ft. | Diám.<br>Tubería | GPM<br>Bloque | GPM/AC.<br>Bloques | Pérd. Hft/ft. |
| Análisis del Lateral                         |          |              |                  |               |                    |               |
| 1/2"   | 1        | 42           | 0.75             | 2.160         | 2.160              | 0.70          |
|  |          |              |                  |               |                    | 0.70          |
| 1/2"   | 1        | 36.75        | 0.75             | 4.320         | 4.320              | 2.20          |
| 1/2"   | 2        | 42.00        | 0.75             | 2.160         | 2.160              | 0.70          |
|  |          |              |                  |               |                    | 2.90          |
| 1/2"   | 1        | 5.25         | 0.75             | 6.480         | 6.480              | 0.67          |
| 1/2"   | 2        | 42.00        | 0.75             | 4.320         | 4.320              | 2.52          |
| 1/2"   | 3        | 42.00        | 0.75             | 2.160         | 2.160              | 0.70          |

Fuente: El autor, en hoja de cálculo de Pablo Quintana, 2000.

Finca Plátano "Monte Redondo" \*\* El Zamorano.

| BLOQUE 1-Oe, 1-E, 2-Oe, 2-E, 3-Oe, 4-Oe, 5-Oe, 6-Oe/ 50SP/ 108GPM |           |       |       |               |        |                           |                          |                |                   |
|---|-----------|-------|-------|---------------|--------|---------------------------|--------------------------|----------------|-------------------|
| PUNTO   | ELEV./ft. | DIST. | DIAM. | FLUJO LATERAL | BLOQUE | PERD. H <sub>2</sub> O/ft | PERD. Dif.Elev. ft/punto | PERD. TOTAL.ft | VELOCIDAD ft/sec. |
| 1   | 0.00      | 18    | 3.330 | 10.80         | 108.00 | 0.00                      | 0.00                     | 0.00           | 4.0               |
| 2   | 0.00      | 36    | 3.330 | 10.80         | 108.00 | 0.30                      | 0.00                     | 0.30           | 4.0               |
| 3   | 0.00      | 36    | 3.330 | 10.80         | 97.20  | 0.49                      | 0.00                     | 0.49           | 3.6               |
| 4   | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 86.40  | 2.76                      | 0.00                     | 2.76           | 7.1               |
| 5   | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 75.60  | 2.16                      | 0.00                     | 2.16           | 6.2               |
| 6   | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 64.80  | 1.62                      | 0.00                     | 1.62           | 5.3               |
| 7   | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 54.00  | 1.16                      | 0.00                     | 1.16           | 4.4               |
| 8   | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 43.20  | 0.77                      | 0.00                     | 0.77           | 3.6               |
| 9   | 0.00      | 36    | 1.780 | 10.80         | 32.40  | 0.45                      | 0.00                     | 0.45           | 2.7               |
| 10  | 0.00      | 36    | 1.780 | 10.80         | 21.60  | 0.63                      | 0.00                     | 0.63           | 2.8               |
|   |           |       |       |               | 10.80  | 0.18                      | 0.00                     | 0.18           | 1.4               |
|   |           |       |       |               |        | 10.51                     |                          | 10.51          |                   |

| BLOQUE 3E/45SP/97.2GPM |           |       |       |               |        |                           |                          |                |                   |
|------------------------|-----------|-------|-------|---------------|--------|---------------------------|--------------------------|----------------|-------------------|
| PUNTO                  | ELEV./ft. | DIST. | DIAM. | FLUJO LATERAL | BLOQUE | PERD. H <sub>2</sub> O/ft | PERD. Dif.Elev. ft/punto | PERD. TOTAL.ft | VELOCIDAD ft/sec. |
| 1                      | 0.00      | 18    | 3.330 | 10.80         | 97.20  | 0.00                      | 0.00                     | 0.00           | 3.6               |
| 2                      | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 86.40  | 2.76                      | 0.00                     | 2.76           | 7.1               |
| 3                      | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 75.60  | 2.16                      | 0.00                     | 2.16           | 6.2               |
| 4                      | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 64.80  | 1.62                      | 0.00                     | 1.62           | 5.3               |
| 5                      | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 54.00  | 1.16                      | 0.00                     | 1.16           | 4.4               |
| 6                      | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 43.20  | 0.77                      | 0.00                     | 0.77           | 3.6               |
| 7                      | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 32.40  | 0.45                      | 0.00                     | 0.45           | 2.7               |
| 8                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 10.80         | 21.60  | 0.63                      | 0.00                     | 0.63           | 2.8               |
| 9                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 10.80         | 10.80  | 0.18                      | 0.00                     | 0.18           | 1.4               |
|                        |           |       |       |               |        | 9.97                      |                          | 9.97           |                   |

| BLOQUE 4E/43SP/92.88GPM |           |       |       |               |        |                           |                          |                |                   |
|-------------------------|-----------|-------|-------|---------------|--------|---------------------------|--------------------------|----------------|-------------------|
| PUNTO                   | ELEV./ft. | DIST. | DIAM. | FLUJO LATERAL | BLOQUE | PERD. H <sub>2</sub> O/ft | PERD. Dif.Elev. ft/punto | PERD. TOTAL.ft | VELOCIDAD ft/sec. |
| 1                       | 0.00      | 18    | 3.330 | 10.80         | 92.88  | 0.00                      | 0.00                     | 0.00           | 3.4               |
| 2                       | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 82.08  | 2.51                      | 0.00                     | 2.51           | 3.4               |
| 3                       | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 71.28  | 1.93                      | 0.00                     | 1.93           | 6.8               |
| 4                       | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 60.48  | 1.43                      | 0.00                     | 1.43           | 5.9               |
| 5                       | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80         | 49.68  | 0.99                      | 0.00                     | 0.99           | 5.0               |
| 6                       | 0.00      | 36    | 1.780 | 10.80         | 38.88  | 1.88                      | 0.00                     | 1.88           | 4.1               |
| 7                       | 0.00      | 36    | 1.780 | 10.80         | 28.08  | 1.03                      | 0.00                     | 1.03           | 5.0               |
| 8                       | 0.00      | 36    | 1.780 | 10.80         | 17.28  | 0.42                      | 0.00                     | 0.42           | 3.6               |
| 9                       | 0.00      | 36    | 1.780 | 6.48          | 6.48   | 0.07                      | 0.00                     | 0.07           | 2.2               |
|                         |           |       |       |               |        | 10.49                     |                          | 10.49          | 0.8               |

|                        | ELEV./ft. | DIST. | DIAM. | FLUJO   | GPM/ACUM. | PERD. | Dif.Elev. | PERD.    | PRESION   | MINIMO EXCE. | DELTA | VELOCIDAD |
|------------------------|-----------|-------|-------|---------|-----------|-------|-----------|----------|-----------|--------------|-------|-----------|
| PUNTO                  |           | ft    | TUBE. | LATERAL | BLOQUE    | Hf/ft | ft/PUNTO  | TOTAL.ft | EXCESO ft | PRESION ft.  | H/ft. | ft/sec.   |
|                        |           |       | 3.330 |         | 84.24     | 0.00  |           | 0.00     | 103.95    |              |       | 3.1       |
| 1                      | 0.00      | 18    | 2.229 | 10.80   | 84.24     | 1.32  | 3.00      | 1.32     | 102.53    | 93.16        | 9.47  | 6.9       |
| 2                      | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80   | 73.44     | 2.04  | 0.00      | 2.04     | 100.59    | 93.16        | 7.43  | 6.0       |
| 3                      | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80   | 62.64     | 1.52  | 0.00      | 1.52     | 99.06     | 93.16        | 5.90  | 5.2       |
| 4                      | 0.00      | 36    | 2.229 | 10.80   | 51.84     | 1.07  | 0.00      | 1.07     | 97.99     | 93.16        | 4.83  | 4.3       |
| 5                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 10.80   | 41.04     | 2.08  | 0.00      | 2.08     | 95.91     | 93.16        | 2.75  | 5.3       |
| 6                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 10.80   | 30.24     | 1.18  | 0.00      | 1.18     | 94.73     | 93.16        | 1.57  | 3.9       |
| 7                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 10.80   | 19.44     | 0.52  | 0.00      | 0.52     | 94.21     | 93.16        | 1.05  | 2.5       |
| 8                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 8.64    | 8.64      | 0.12  | 0.00      | 0.12     | 94.09     | 93.16        | 0.93  | 1.1       |
|                        |           |       |       |         |           | 9.86  |           | 9.86     |           |              |       |           |
| BLOQUE 6B/20SP/43.2GPM |           |       |       |         |           |       |           |          |           |              |       |           |
| PUNTO                  | ELEV./ft. | DIST. | DIAM. | FLUJO   | GPM/ACUM. | PERD. | Dif.Elev. | PERD.    | PRESION   | MINIMO EXCE. | DELTA | VELOCIDAD |
|                        |           | ft    | TUBE. | LATERAL | BLOQUE    | Hf/ft | ft/PUNTO  | TOTAL.ft | EXCESO ft | PRESION ft.  | H/ft. | ft/sec.   |
|                        |           |       | 3.330 |         | 43.20     | 0.00  |           | 0.00     | 103.95    |              |       | 1.6       |
| 1                      | 0.00      | 18    | 1.780 | 10.80   | 43.20     | 1.14  | 0.00      | 1.14     | 102.81    | 93.16        | 9.65  | 5.6       |
| 2                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 8.64    | 32.40     | 1.34  | 0.00      | 1.34     | 101.46    | 93.16        | 8.30  | 4.2       |
| 3                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 8.64    | 23.76     | 0.76  | 0.00      | 0.76     | 100.71    | 93.16        | 7.55  | 3.1       |
| 4                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 6.48    | 15.12     | 0.33  | 0.00      | 0.33     | 100.38    | 93.16        | 7.22  | 2.0       |
| 5                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 4.32    | 8.64      | 0.12  | 0.00      | 0.12     | 100.27    | 93.16        | 7.11  | 1.1       |
| 6                      | 0.00      | 36    | 1.780 | 4.32    | 4.32      | 0.03  | 0.00      | 0.03     | 100.23    | 93.16        | 7.07  | 0.6       |
|                        |           |       |       |         |           | 3.72  |           | 3.72     |           |              |       |           |

Fuente: El autor, en hoja de cálculo de Pablo Quintana, 2000



Cuadro 11. Diseño hidráulico de tubería principal y sub-principal, microaspersión.

| Fca. Plátano "Monte Redondo" ** El Zamorano |    |           |               |             |                 |              |
|---|----|-----------|---------------|-------------|-----------------|--------------|
| Tipo de Tubería                             | MS | DIST. ft. | DIAM. TUBERÍA | GPH BLOQUES | GPM/AC. BLOQUES | PERD. M/ft   |
| ANÁLISIS DEL LATERAL                        |    |           |               |             |                 |              |
| PE600                                       | 1  | 12.30     | 0.60          | 0.250       | 0.250           | 0.01<br>0.01 |
| PE600                                       | 1  | 12.30     | 0.60          | 0.500       | 0.500           | 0.04         |
| PE600                                       | 2  | 12.30     | 0.60          | 0.250       | 0.250           | 0.01<br>0.05 |
| PE600                                       | 1  | 12.30     | 0.60          | 0.750       | 0.750           | 0.09         |
| PE600                                       | 2  | 12.30     | 0.60          | 0.500       | 0.500           | 0.04         |
| PE600                                       | 3  | 12.30     | 0.60          | 0.250       | 0.250           | 0.01<br>0.14 |
| PE600                                       | 1  | 12.30     | 0.60          | 1.000       | 1.000           | 0.15         |
| PE600                                       | 2  | 12.30     | 0.60          | 0.750       | 0.750           | 0.09         |
| PE600                                       | 3  | 12.30     | 0.60          | 0.500       | 0.500           | 0.04         |
| PE600                                       | 4  | 12.30     | 0.60          | 0.250       | 0.250           | 0.01<br>0.28 |
| PE600                                       | 1  | 12.30     | 0.60          | 1.250       | 1.250           | 0.22         |
| PE600                                       | 2  | 12.30     | 0.60          | 1.000       | 1.000           | 0.15         |
| PE600                                       | 3  | 12.30     | 0.60          | 0.750       | 0.750           | 0.09         |
| PE600                                       | 4  | 12.30     | 0.60          | 0.500       | 0.500           | 0.04         |
| PE600                                       | 5  | 12.30     | 0.60          | 0.250       | 0.250           | 0.01<br>0.50 |
| PE600                                       | 1  | 12.30     | 0.60          | 1.500       | 1.500           | 0.31         |
| PE600                                       | 2  | 12.30     | 0.60          | 1.250       | 1.250           | 0.22         |
| PE600                                       | 3  | 12.30     | 0.60          | 1.000       | 1.000           | 0.15         |
| PE600                                       | 4  | 12.30     | 0.60          | 0.750       | 0.750           | 0.09         |
| PE600                                       | 5  | 12.30     | 0.60          | 0.500       | 0.500           | 0.04         |
| PE600                                       | 6  | 12.30     | 0.60          | 0.250       | 0.250           | 0.01<br>0.81 |
| PE600                                       | 1  | 12.30     | 0.60          | 1.750       | 1.750           | 0.41         |
| PE600                                       | 2  | 12.30     | 0.60          | 1.500       | 1.500           | 0.31         |
| PE600                                       | 3  | 12.30     | 0.60          | 1.250       | 1.250           | 0.22         |
| PE600                                       | 4  | 12.30     | 0.60          | 1.000       | 1.000           | 0.15         |
| PE600                                       | 5  | 12.30     | 0.60          | 0.750       | 0.750           | 0.09         |
| PE600                                       | 6  | 12.30     | 0.60          | 0.500       | 0.500           | 0.04         |
| PE600                                       | 7  | 12.30     | 0.60          | 0.250       | 0.250           | 0.01<br>1.22 |
| PE600                                       | 1  | 12.30     | 0.60          | 2.000       | 2.000           | 0.52         |
| PE600                                       | 2  | 12.30     | 0.60          | 1.750       | 1.750           | 0.41         |
| PE600                                       | 3  | 12.30     | 0.60          | 1.500       | 1.500           | 0.31         |
| PE600                                       | 4  | 12.30     | 0.60          | 1.250       | 1.250           | 0.22         |
| PE600                                       | 5  | 12.30     | 0.60          | 1.000       | 1.000           | 0.15         |
| PE600                                       | 6  | 12.30     | 0.60          | 0.750       | 0.750           | 0.09         |
| PE600                                       | 7  | 12.30     | 0.60          | 0.500       | 0.500           | 0.04         |
| PE600                                       | 8  | 12.30     | 0.60          | 0.250       | 0.250           | 0.01<br>1.74 |

|       |    |       |      |       |       |      |
|-------|----|-------|------|-------|-------|------|
| PE600 | 1  | 12.30 | 0.60 | 2.250 | 2.250 | 0.65 |
| PE600 | 2  | 12.30 | 0.60 | 2.000 | 2.000 | 0.52 |
| PE600 | 3  | 12.30 | 0.60 | 1.750 | 1.750 | 0.41 |
| PE600 | 4  | 12.30 | 0.60 | 1.500 | 1.500 | 0.31 |
| PE600 | 5  | 12.30 | 0.60 | 1.250 | 1.250 | 0.22 |
| PE600 | 6  | 12.30 | 0.60 | 1.000 | 1.000 | 0.15 |
| PE600 | 7  | 12.30 | 0.60 | 0.750 | 0.750 | 0.09 |
| PE600 | 8  | 12.30 | 0.60 | 0.500 | 0.500 | 0.04 |
| PE600 | 9  | 12.30 | 0.60 | 0.250 | 0.250 | 0.01 |
|       |    |       |      |       |       | 2.39 |
| PE600 | 1  | 12.30 | 0.60 | 2.500 | 2.500 | 0.79 |
| PE600 | 2  | 12.30 | 0.60 | 2.250 | 2.250 | 0.65 |
| PE600 | 3  | 12.30 | 0.60 | 2.000 | 2.000 | 0.52 |
| PE600 | 4  | 12.30 | 0.60 | 1.750 | 1.750 | 0.41 |
| PE600 | 5  | 12.30 | 0.60 | 1.500 | 1.500 | 0.31 |
| PE600 | 6  | 12.30 | 0.60 | 1.250 | 1.250 | 0.22 |
| PE600 | 7  | 12.30 | 0.60 | 1.000 | 1.000 | 0.15 |
| PE600 | 8  | 12.30 | 0.60 | 0.750 | 0.750 | 0.09 |
| PE600 | 9  | 12.30 | 0.60 | 0.500 | 0.500 | 0.04 |
| PE600 | 10 | 12.30 | 0.60 | 0.250 | 0.250 | 0.01 |
|       |    |       |      |       |       | 3.19 |
| PE600 | 1  | 12.30 | 0.60 | 2.750 | 2.750 | 0.95 |
| PE600 | 2  | 12.30 | 0.60 | 2.500 | 2.500 | 0.79 |
| PE600 | 3  | 12.30 | 0.60 | 2.250 | 2.250 | 0.65 |
| PE600 | 4  | 12.30 | 0.60 | 2.000 | 2.000 | 0.52 |
| PE600 | 5  | 12.30 | 0.60 | 1.750 | 1.750 | 0.41 |
| PE600 | 6  | 12.30 | 0.60 | 1.500 | 1.500 | 0.31 |
| PE600 | 7  | 12.30 | 0.60 | 1.250 | 1.250 | 0.22 |
| PE600 | 8  | 12.30 | 0.60 | 1.000 | 1.000 | 0.15 |
| PE600 | 9  | 12.30 | 0.60 | 0.750 | 0.750 | 0.09 |
| PE600 | 10 | 12.30 | 0.60 | 0.500 | 0.500 | 0.04 |
| PE600 | 11 | 12.30 | 0.60 | 0.250 | 0.250 | 0.01 |
|       |    |       |      |       |       | 4.13 |
| PE600 | 1  | 12.30 | 0.60 | 3.000 | 3.000 | 1.11 |
| PE600 | 2  | 12.30 | 0.60 | 2.750 | 2.750 | 0.95 |
| PE600 | 3  | 12.30 | 0.60 | 2.500 | 2.500 | 0.79 |
| PE600 | 4  | 12.30 | 0.60 | 2.250 | 2.250 | 0.65 |
| PE600 | 5  | 12.30 | 0.60 | 2.000 | 2.000 | 0.52 |
| PE600 | 6  | 12.30 | 0.60 | 1.750 | 1.750 | 0.41 |
| PE600 | 7  | 12.30 | 0.60 | 1.500 | 1.500 | 0.31 |
| PE600 | 8  | 12.30 | 0.60 | 1.250 | 1.250 | 0.22 |
| PE600 | 9  | 12.30 | 0.60 | 1.000 | 1.000 | 0.15 |
| PE600 | 10 | 12.30 | 0.60 | 0.750 | 0.750 | 0.09 |
| PE600 | 11 | 12.30 | 0.60 | 0.500 | 0.500 | 0.04 |
| PE600 | 12 | 12.30 | 0.60 | 0.250 | 0.250 | 0.01 |
|       |    |       |      |       |       | 5.24 |

Fuente: EL autor, en hoja de cálculo de Pablo Quintana, 2000.

BLOQUE 1-04/ 152 MS/ 38GPM

| PUNTO | ELEV./ft. | DIST. | DIAM. | TUBO. | LATERAL | FLUJO | GPM/ACUM. | PERD. | HE/ft | DIF.ELEV. | ft/PUNTO | PERD. | TOTAL ft | EXCESO ft | PRESION | MINIMO EXCE. | PRESION ft. | DELTA H/ft. | VELOCIDAD ft/sec. |
|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|-------|-----------|-------|-------|-----------|----------|-------|----------|-----------|---------|--------------|-------------|-------------|-------------------|
| 1     | 0         | 2.16  | 1.780 | 3.50  | 3.50    | 38.00 | 38.00     | 0.00  | 0.12  | 0         | 0        | 0.12  | 69.18    | 69.30     | 50.00   | 50.00        | 19.18       | 4.9         | 3.1               |
| 2     | 0         | 16.41 | 1.780 | 3.75  | 3.75    | 34.50 | 34.50     | 0.69  | 0.69  | 0         | 0        | 0.69  | 68.49    | 68.49     | 50.00   | 50.00        | 18.49       | 4.5         | 4.0               |
| 3     | 0         | 16.41 | 1.780 | 3.75  | 3.75    | 30.75 | 30.75     | 0.56  | 0.56  | 0         | 0        | 0.56  | 67.93    | 67.93     | 50.00   | 50.00        | 17.93       | 4.0         | 3.5               |
| 4     | 0         | 16.41 | 1.780 | 3.75  | 3.75    | 27.00 | 27.00     | 0.44  | 0.44  | 0         | 0        | 0.44  | 67.50    | 67.50     | 50.00   | 50.00        | 17.50       | 3.5         | 3.0               |
| 5     | 0         | 16.41 | 1.780 | 3.75  | 3.75    | 23.25 | 23.25     | 0.33  | 0.33  | 0         | 0        | 0.33  | 67.17    | 67.17     | 50.00   | 50.00        | 17.17       | 3.0         | 2.5               |
| 6     | 0         | 16.41 | 1.189 | 3.75  | 3.75    | 19.50 | 19.50     | 1.70  | 1.70  | 0         | 0        | 1.70  | 65.46    | 65.46     | 50.00   | 50.00        | 15.46       | 5.6         | 4.6               |
| 7     | 0         | 16.41 | 1.189 | 3.75  | 3.75    | 15.75 | 15.75     | 1.15  | 1.15  | 0         | 0        | 1.15  | 64.32    | 64.32     | 50.00   | 50.00        | 14.32       | 4.6         | 3.5               |
| 8     | 0         | 16.41 | 1.189 | 4.00  | 4.00    | 12.00 | 12.00     | 0.69  | 0.69  | 0         | 0        | 0.69  | 63.63    | 63.63     | 50.00   | 50.00        | 13.63       | 3.5         | 2.3               |
| 9     | 0         | 16.41 | 1.189 | 4.00  | 4.00    | 8.00  | 8.00      | 0.33  | 0.33  | 0         | 0        | 0.33  | 63.30    | 63.30     | 50.00   | 50.00        | 13.30       | 2.3         | 1.2               |
| 10    | 0         | 16.41 | 1.189 | 4.00  | 4.00    | 4.00  | 4.00      | 0.09  | 0.09  | 0         | 0        | 0.09  | 63.21    | 63.21     | 50.00   | 50.00        | 13.21       | 1.2         | 1.2               |

BLOQUE 1B/124MS/31GPM

| PUNTO | ELEV./ft. | DIST. | DIAM. | TUBO. | LATERAL | FLUJO | GPM/ACUM. | PERD. | HE/ft | DIF.ELEV. | ft/PUNTO | PERD. | TOTAL ft | EXCESO ft | PRESION | MINIMO EXCE. | PRESION ft. | DELTA H/ft. | VELOCIDAD ft/sec. |
|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|-------|-----------|-------|-------|-----------|----------|-------|----------|-----------|---------|--------------|-------------|-------------|-------------------|
| 1     | 0         | 13.95 | 1.780 | 3.50  | 3.50    | 31.00 | 31.00     | 0.00  | 0.48  | 0         | 0        | 0.48  | 68.82    | 69.30     | 50.00   | 50.00        | 18.82       | 4.0         | 2.6               |
| 2     | 0         | 16.41 | 1.780 | 3.50  | 3.50    | 27.50 | 27.50     | 0.45  | 0.45  | 0         | 0        | 0.45  | 68.37    | 68.37     | 50.00   | 50.00        | 18.37       | 3.5         | 3.5               |
| 3     | 0         | 16.41 | 1.780 | 3.50  | 3.50    | 24.00 | 24.00     | 0.35  | 0.35  | 0         | 0        | 0.35  | 68.02    | 68.02     | 50.00   | 50.00        | 18.02       | 3.1         | 3.1               |
| 4     | 0         | 16.41 | 1.780 | 3.50  | 3.50    | 20.50 | 20.50     | 0.26  | 0.26  | 0         | 0        | 0.26  | 67.76    | 67.76     | 50.00   | 50.00        | 17.76       | 2.6         | 2.6               |
| 5     | 0         | 16.41 | 1.189 | 3.50  | 3.50    | 17.00 | 17.00     | 1.32  | 1.32  | 0         | 0        | 1.32  | 66.44    | 66.44     | 50.00   | 50.00        | 16.44       | 4.9         | 3.9               |
| 6     | 0         | 16.41 | 1.189 | 3.25  | 3.25    | 13.50 | 13.50     | 0.86  | 0.86  | 0         | 0        | 0.86  | 65.57    | 65.57     | 50.00   | 50.00        | 15.57       | 3.9         | 3.0               |
| 7     | 0         | 16.41 | 1.189 | 3.25  | 3.25    | 10.25 | 10.25     | 0.52  | 0.52  | 0         | 0        | 0.52  | 65.06    | 65.06     | 50.00   | 50.00        | 15.06       | 3.0         | 2.0               |
| 8     | 0         | 16.41 | 1.189 | 3.25  | 3.25    | 7.00  | 7.00      | 0.26  | 0.26  | 0         | 0        | 0.26  | 64.80    | 64.80     | 50.00   | 50.00        | 14.80       | 2.0         | 1.1               |
| 9     | 0         | 16.41 | 1.189 | 3.75  | 3.75    | 3.75  | 3.75      | 0.08  | 0.08  | 0         | 0        | 0.08  | 64.72    | 64.72     | 50.00   | 50.00        | 14.72       | 1.1         | 1.1               |

BLOQUE 2-04/144MS/36GPM

| PUNTO | ELEV./ft. | DIST. | DIAM. | TUBO. | LATERAL | FLUJO | GPM/ACUM. | PERD. | HE/ft | DIF.ELEV. | ft/PUNTO | PERD. | TOTAL ft | EXCESO ft | PRESION | MINIMO EXCE. | PRESION ft. | DELTA H/ft. | VELOCIDAD ft/sec. |
|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|-------|-----------|-------|-------|-----------|----------|-------|----------|-----------|---------|--------------|-------------|-------------|-------------------|
| 1     | 0         | 12.24 | 1.780 | 4.00  | 4.00    | 36.00 | 36.00     | 0.55  | 0.55  | 0         | 0        | 0.55  | 69.75    | 69.30     | 50.00   | 50.00        | 18.75       | 4.6         | 3.0               |
| 2     | 0         | 16.41 | 1.780 | 4.00  | 4.00    | 32.00 | 32.00     | 0.60  | 0.60  | 0         | 0        | 0.60  | 69.15    | 69.15     | 50.00   | 50.00        | 18.15       | 4.1         | 3.6               |
| 3     | 0         | 16.41 | 1.780 | 4.00  | 4.00    | 28.00 | 28.00     | 0.47  | 0.47  | 0         | 0        | 0.47  | 67.68    | 67.68     | 50.00   | 50.00        | 17.68       | 3.6         | 3.7               |
| 4     | 0         | 16.41 | 1.780 | 4.00  | 4.00    | 24.00 | 24.00     | 0.35  | 0.35  | 0         | 0        | 0.35  | 67.33    | 67.33     | 50.00   | 50.00        | 17.33       | 3.7         | 3.7               |
| 5     | 0         | 16.41 | 1.189 | 4.00  | 4.00    | 20.00 | 20.00     | 1.78  | 1.78  | 0         | 0        | 1.78  | 65.55    | 65.55     | 50.00   | 50.00        | 15.55       | 5.8         | 4.6               |
| 6     | 0         | 16.41 | 1.189 | 4.00  | 4.00    | 16.00 | 16.00     | 1.18  | 1.18  | 0         | 0        | 1.18  | 64.37    | 64.37     | 50.00   | 50.00        | 14.37       | 4.6         | 3.5               |
| 7     | 0         | 16.41 | 1.189 | 4.00  | 4.00    | 12.00 | 12.00     | 0.69  | 0.69  | 0         | 0        | 0.69  | 63.67    | 63.67     | 50.00   | 50.00        | 13.67       | 3.5         | 2.3               |
| 8     | 0         | 16.41 | 1.189 | 4.00  | 4.00    | 8.00  | 8.00      | 0.33  | 0.33  | 0         | 0        | 0.33  | 63.35    | 63.35     | 50.00   | 50.00        | 13.35       | 2.3         | 1.2               |
| 9     | 0         | 16.41 | 1.189 | 4.00  | 4.00    | 4.00  | 4.00      | 0.09  | 0.09  | 0         | 0        | 0.09  | 63.26    | 63.26     | 50.00   | 50.00        | 13.26       | 1.2         | 1.2               |

| PUNTO | ft    | TUBE. | LATERAL | WATER MOUNT. | WATER. | RE/ft | ft/PUNTO | TOTAL ft | EXCESO ft | PRESSURE | WATER MOUNT. | WATER MOUNT. | ft/sec. |
|-------|-------|-------|---------|--------------|--------|-------|----------|----------|-----------|----------|--------------|--------------|---------|
| 1     | 4.17  | 1.780 | 4.00    |              |        | 0.00  | 0        | 0.00     | 69.30     |          |              |              | 3.0     |
| 2     | 16.41 | 1.780 | 4.00    |              |        | 0.19  | 0        | 0.19     | 69.11     | 50.00    |              | 19.11        | 4.5     |
| 3     | 16.41 | 1.780 | 4.00    |              |        | 0.50  | 0        | 0.50     | 68.51     | 50.00    |              | 18.51        | 4.1     |
| 4     | 16.41 | 1.780 | 4.00    |              |        | 0.47  | 0        | 0.47     | 68.05     | 50.00    |              | 18.05        | 3.6     |
| 5     | 16.41 | 1.780 | 4.00    |              |        | 0.35  | 0        | 0.35     | 67.70     | 50.00    |              | 17.70        | 3.1     |
| 6     | 16.41 | 1.189 | 4.00    |              |        | 1.78  | 0        | 1.78     | 65.91     | 50.00    |              | 15.91        | 5.8     |
| 7     | 16.41 | 1.189 | 4.00    |              |        | 1.18  | 0        | 1.18     | 64.73     | 50.00    |              | 14.73        | 4.6     |
| 8     | 16.41 | 1.189 | 4.00    |              |        | 0.69  | 0        | 0.69     | 64.04     | 50.00    |              | 14.04        | 3.5     |
| 9     | 16.41 | 1.189 | 5.25    |              |        | 0.33  | 0        | 0.33     | 63.71     | 50.00    |              | 13.71        | 2.3     |
| 10    | 16.41 | 1.189 | 2.75    |              |        | 0.05  | 0        | 0.05     | 63.67     | 50.00    |              | 13.67        | 0.8     |
|       |       |       |         |              |        | 5.63  |          | 5.63     |           |          |              |              |         |

[illegible]

| PUNTO | BLOQUE 3E/11.3MS/28.25CFM |             | FLUJO<br>LATERAL | GRN/ACTUA,<br>BLOQUE | PERD.<br>HF/ft | DIFF.ELEV.<br>ft/PUNTO | PERD.<br>TOTAL ft | PRESION<br>EXCESO ft | MINING EXCE.<br>PRESION ft. | DELTA H/ft. | VELOCIDAD<br>ft/sec. |
|-------|---------------------------|-------------|------------------|----------------------|----------------|------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------|----------------------|
|       | ELEV./ft.                 | DIST.<br>ft |                  |                      |                |                        |                   |                      |                             |             |                      |
| 1     | 0                         | 11.19       | 4.00             | 28.25                | 0.00           | 0                      | 0.00              | 69.30                | 50.00                       | 18.98       | 2.3                  |
| 2     | 0                         | 16.41       | 4.00             | 28.25                | 0.32           | 0                      | 0.32              | 68.96                | 50.00                       | 18.62       | 3.6                  |
| 3     | 0                         | 16.41       | 4.00             | 24.25                | 0.36           | 0                      | 0.36              | 68.62                | 50.00                       | 18.62       | 3.1                  |
| 4     | 0                         | 16.41       | 4.00             | 20.25                | 1.83           | 0                      | 1.83              | 66.79                | 50.00                       | 16.79       | 5.9                  |
| 5     | 0                         | 16.41       | 4.00             | 16.25                | 1.21           | 0                      | 1.21              | 65.58                | 50.00                       | 15.58       | 4.7                  |
| 6     | 0                         | 16.41       | 4.00             | 12.25                | 0.72           | 0                      | 0.72              | 64.86                | 50.00                       | 14.86       | 3.5                  |
| 7     | 0                         | 16.41       | 4.00             | 8.25                 | 0.35           | 0                      | 0.35              | 64.51                | 50.00                       | 14.51       | 2.4                  |
| 8     | 0                         | 16.41       | 4.25             | 4.25                 | 0.20           | 0                      | 0.10              | 64.41                | 50.00                       | 14.41       | 1.2                  |
|       |                           |             |                  |                      |                |                        | 4.89              |                      |                             |             |                      |

| BLOQUE 4E/49MS/12.25GPM |   |           |       |       |         |           |       |           |          |           |              |             |           |
|-------------------------|---|-----------|-------|-------|---------|-----------|-------|-----------|----------|-----------|--------------|-------------|-----------|
| PUNTO                   |   | ELEV./ft. | DIST. | DIAM. | FLUJO   | GPM/ACUM. | PERD. | Dis.Elev. | PERD.    | PRESION   | MINIMO EXCE. | DELTA H/ft. | VELOCIDAD |
|                         |   | ft        |       | TUBE. | LATERAL | BLOQUE    | HF/ft | ft/PUNTO  | TOTAL ft | EXCESO ft | PRESION ft.  |             | ft/sec.   |
|                         |   |           |       | 2.229 |         | 14.75     | 0.00  |           | 0.00     | 69.30     |              |             | 1.2       |
| 1                       | 0 | 1.71      | 1.189 | 1.75  | 14.75   | 0.11      | 0     | 0.11      | 69.19    | 50.00     | 19.19        |             | 4.3       |
| 2                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 1.75  | 13.00   | 0.80      | 0     | 0.80      | 68.39    | 50.00     | 18.39        |             | 3.8       |
| 3                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 1.75  | 11.25   | 0.61      | 0     | 0.61      | 67.78    | 50.00     | 17.78        |             | 3.3       |
| 4                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 1.75  | 9.50    | 0.45      | 0     | 0.45      | 67.13    | 50.00     | 17.33        |             | 2.7       |
| 5                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 1.75  | 7.75    | 0.31      | 0     | 0.31      | 67.02    | 50.00     | 17.02        |             | 2.2       |
| 6                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 1.50  | 6.00    | 0.19      | 0     | 0.19      | 66.83    | 50.00     | 16.83        |             | 1.7       |
| 7                       | 0 | 15.41     | 1.189 | 1.50  | 4.50    | 0.11      | 0     | 0.11      | 66.71    | 50.00     | 16.71        |             | 1.3       |
| 8                       | 0 | 15.41     | 1.189 | 1.50  | 3.00    | 0.05      | 0     | 0.05      | 66.66    | 50.00     | 16.66        |             | 0.9       |
| 9                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 1.50  | 1.50    | 0.01      | 0     | 0.01      | 66.65    | 50.00     | 16.65        |             | 0.4       |
|                         |   |           |       |       |         |           | 2.65  |           | 2.65     |           |              |             |           |
| BLOQUE 4E/49MS/12.25GPM |   |           |       |       |         |           |       |           |          |           |              |             |           |
| PUNTO                   |   | ELEV./ft. | DIST. | DIAM. | FLUJO   | GPM/ACUM. | PERD. | Dis.Elev. | PERD.    | PRESION   | MINIMO EXCE. | DELTA H/ft. | VELOCIDAD |
|                         |   | ft        |       | TUBE. | LATERAL | BLOQUE    | HF/ft | ft/PUNTO  | TOTAL ft | EXCESO ft | PRESION ft.  |             | ft/sec.   |
|                         |   |           |       | 2.229 |         | 12.25     | 0.00  |           | 0.00     | 69.30     |              |             | 1.0       |
| 1                       | 0 | 14.70     | 1.189 | 2.00  | 12.25   | 0.64      | 0     | 0.64      | 68.66    | 50.00     | 18.66        |             | 3.5       |
| 2                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 2.00  | 10.25   | 0.52      | 0     | 0.52      | 68.14    | 50.00     | 18.14        |             | 3.0       |
| 3                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 2.00  | 8.25    | 0.35      | 0     | 0.35      | 67.79    | 50.00     | 17.79        |             | 2.4       |
| 4                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 2.00  | 6.25    | 0.21      | 0     | 0.21      | 67.59    | 50.00     | 17.59        |             | 1.8       |
| 5                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 2.25  | 4.25    | 0.10      | 0     | 0.10      | 67.48    | 50.00     | 17.48        |             | 1.2       |
| 6                       | 0 | 16.41     | 1.189 | 2.00  | 2.00    | 0.03      | 0     | 0.03      | 67.46    | 50.00     | 17.46        |             | 0.6       |
|                         |   |           |       |       |         |           | 1.84  |           | 1.84     |           |              |             |           |

Fuente: El autor, en hoja de cálculo de Pablo Quintana, 2000.

#### 4.4 LISTA DE MATERIALES

Con ayuda del diseño en el plano y el cálculo de la memoria hidráulica de cada tipo de riego, sacamos la lista de materiales a ocupar.

##### 4.4.1 Riego por aspersión

Accesorios de PVC, accesorios, válvulas y manguera de polietileno.

| <u>Diámetro</u> | <u>SDR</u> | <u>Clase</u> | <u>Cantidad</u> |
|-----------------|------------|--------------|-----------------|
| 6"              | 41         | 100          | 130 tubos 20 ft |
| 4"              | 41         | 100          | 125             |
| 3"              | 41         | 100          | 90              |
| 2"              | 32.5       | 125          | 285             |
| 1½"             | 32.5       | 125          | 824             |
| 1"              | 32.5       | 125          | 370             |
| ½"              | 13.5       | 315          | 1320            |
| ¼"              | SC1140     |              | 100             |

Tees SC1140

| <u>Diámetro</u> | <u>Código</u> | <u>Cantidad</u> |
|-----------------|---------------|-----------------|
| 6"              | 401-060       | 5               |
| 6" × 3"         | 401-530       | 5               |
| 4" × 3"         | 401-422       | 14              |
| 3"              | 401-030       | 25              |
| 3" × 2"         | 401-338       | 4               |
| 3" × ½"         | 401-333       | 25              |
| 2"              | 401-020       | 35              |
| 2" × ½"         | 401-247       | 105             |
| 1½" × 1½" × ½"  | 401-209       | 450             |
| 1" × 1" × ½"    | 401-130       | 100             |
| ½"              | 401-005       | 600             |

Codos de 90°

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| 6"  | 406-060 | 4   |
| 4"  | 406-040 | 2   |
| 3"  | 406-030 | 45  |
| 2"  | 406-020 | 65  |
| 1½" | 406-015 | 100 |
| 1"  | 406-010 | 10  |
| ½"  | 406-005 | 250 |

|  |               |                 |
|--|---------------|-----------------|
| Reductores                                       |               |                 |
| <u>Diámetro</u>                                  | <u>Código</u> | <u>Cantidad</u> |
| 6" x 4"  | 437-532       | 2               |
| 6" x 3"  | 437-530       | 3               |
| 4" x 3"  | 437-422       | 2               |
| 3" x 2"  | 437-338       | 50              |
| 2" x 1½"   | 437-251       | 80              |
| 2" x 1"  | 437-249       | 10              |
| 1½" x 1"   | 437-211       | 90              |
| Adaptadores macho                                |               |                 |
| 3"   | 436-030       | 50              |
| 2"   | 436-020       | 10              |
| 1½"  | 436-015       | 15              |
| 1"   | 436-010       | 10              |
| Adaptadores hembra                               |               |                 |
| ½"   | 435-005       | 700             |
| ½" x ¾"  | 435-074       | 500             |
| Tapón hembra roscado                             |               |                 |
| 1½"  | 448-015       | 15              |
| 1"   | 448-010       | 10              |
| Bridas   |               |                 |
| 3"   | 851-030       | 46              |
| 2"   | 851-020       | 10              |
| Pernos y tuercas                                 |               |                 |
| 5/8" x 3½"                                       |               | 90              |
| Válvulas de bronce con disco<br>sólido tipo cuña |               |                 |
| 3"   |               | 25              |
| 2"   |               | 5               |
| Empaques de hule rojo                            |               |                 |
| 3"   |               | 50              |
| 2"   |               | 10              |
| Aspersores Senninger                             |               |                 |
| 2014-1-½" M Boquilla #7                          |               | 600             |
| 3023-2-¾" M Boquilla #9x5                        |               | 500             |

#### 4.4.2 Riego por microaspersión

|   | <u>Cantidad</u> |
|---|-----------------|
| Manguera de polietileno y accesorios.   | 15000ft         |
| Manguera de polietileno 600 ID 0.600  | 1500ft          |
| Microtubo flexible de vinil 0.150" ID   | 2000            |
| Acople 0.150" para tubería tipo púa BC187   | 100             |
| Tees S3t anillo, estilo 565   | 150             |
| Codos SELL, estilo 565  | 100             |
| S½"MA acople ½" roscado x anillo, estilo 565  | 150             |
| SC acople anillo, estilo 565  | 200             |
| Figura 8  | 1500            |
| Microaspersor para trabajo volteado hacia arriba 0.25 GPM = 15 GPH<br>a 15PSI. Rango de diámetro mínimo 12-16, Bowsmith | 1               |
| Producto AG filtro 4E-4" bridado, malla mesh 100  | 500             |
| Tapón de doble uso  |                 |

#### 4.5 PRESUPUESTO

##### 4.5.1 Para el sistema de riego (S)

|               | Microaspersión (1.68 ha) | Subfoliar (7.72 ha) |
|---------------|--------------------------|---------------------|
| Materiales    | 3555                     | 16000               |
| Instalaciones | <u>1500</u>              | <u>4554</u>         |
| TOTAL         | 5055                     | 20554               |

##### 4.5.2 Construcción de un pozo mecánico de 300 pies de profundidad ademas con tubería PVC 10" (S)

|  |             |
|--|-------------|
| Fase exploratoria con barrenos de 8.5" de diámetro   | 4650        |
| Registro eléctrico y litología   | <u>300</u>  |
| SUBTOTAL   | 4950        |
| Sifoneo  | 400         |
| Ampliación con barrenos de 18" si el análisis del registro eléctrico<br>combinado con la litología y el sifoneo indica una alta<br>probabilidad de producción a los niveles requeridos | 4750        |
| Terminación  | <u>6062</u> |
| TOTAL  | 16162       |



## 4.5.3 Equipo para bombeo (\$)

|  |            |
|--|------------|
| Bomba para pozo, sumergible ST 7T-356, 25 HP, 300 GPM a 265 ft CDT 72.5% eficiencia a 3500 RPM     | 2700       |
| Control 230V/ 3PH/ 60HZ  | 900        |
| Bomba centrífuga modelo B 2½ 5PBM para río de 20 HP, 300 GPM a 150 ft CDT 65%eficiencia a 1760 RPM | 2100       |
| Control 230V/ 3HP/ 60HZ  | <u>900</u> |
| TOTAL  | 6600       |

## 4.5.4 Presupuesto consolidado (\$)

|                      |             |
|----------------------|-------------|
| Riego subfoliar      | 20554       |
| Riego microaspersión | 5055        |
| Pozo mecánico        | 16162       |
| Equipo para bombeo   | <u>6600</u> |
| TOTAL                | 48371       |

## 5. CONCLUSIONES

- El uso de irrigación en plátano es altamente rentable ya que mantiene los rendimientos adecuados en lugares con épocas de sequía.
- Un diseño bien elaborado de un sistema de riego beneficia a los productores ya que pueden mantener la demanda hídrica del cultivo y calendarizar el riego.
- La diferencia en la cantidad de agua demandada entre el sistema de riego por aspersión subfoliar y microaspersión no es significativa, lo único es que el de microaspersión puede estar limitado en la aplicación porque no todos los productores tienen instalado el cable de apoyo que es la estructura que se aprovecha para instalarlo.
- La potencia para bombear que requiere el sistema de riego por microaspersión es menor que para el subfoliar, ahorrando considerable gasto en energía.
- La nivelación del terreno facilita el diseño del sistema y disminuye los costos ya que no se necesita un sistema de drenajes tradicional.

## 6. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio en la época seca, comparando en cada sistema de riego el rendimiento del cultivo, la demanda de agua y el gasto de energía para bombear.
- Elaborar curvas de retención de humedad del suelo, para poder determinar con más precisión la lámina de agua a reponer.
- Adaptar un sistema de fertirrigación a cada tipo de riego y medir su eficiencia.
- Ejecutar el proyecto en su totalidad y que se le de seguimiento, con el fin de hacer las correcciones debidas.
- Proporcionar seguridad al proyecto en todas sus etapas, en especial cuando ya este ejecutado, ya que donde se desarrollará este proyecto al lado del río Yeguaré, existe un tránsito de personas ajenas al Zamorano, y esto representa un riesgo para los equipos e instalaciones que tienen un costo muy elevado.
- Hacer un pozo profundo para tener una dotación constante de agua, pues siendo el río Yeguaré la fuente principal para este proyecto, y dado que en los últimos meses la disminución del caudal ha sido bastante significativa hasta llegar al punto de pronosticar que no habrá agua suficiente como para abastecer al proyecto, esto debido al incremento aguas arriba de áreas productoras de caña de azúcar.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- BELALCÁZAR, S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Cali, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. 376 p.
- BRINKER, R.; WOLF, P. 1982. Topografía moderna. Traducido por Dolores García y Rafael García. Sexta ed. México 4, D.F. Lito Offset California. 542 p.
- CORBANA; CINDE; FARTH. 1996. Validación de un proyecto de plátano altamente tecnificado para la exportación. snt. [167] p.
- DELOYE, M.; REBOUR, H.; TRINTIGNAC, M. 1967. El riego. Trad. Por Rafael Cervera Alvarez. Madrid, España. Ediciones Mundi – Prensa. 291 p.
- DUARTE, O. 1991. Manual para el cultivo del banano. Departamento de horticultura. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras C.A. 49 p.
- FHIA. 1995. Manual de plátano. San Pedro Sula, Honduras. 131 p.
- GUNDERSEN, W. 1979. Riego y manejo del agua. Impresos Lou, Guatemala, Guatemala. 353 p.
- GRASSI, C. S.F. Métodos de riego. CIDINT. 265 p.
- KEIDAR, A. 1983. Agua-suelo-planta. In El Riego. Comayaguela, D.C. Honduras. 30p.
- LUTHIN, J. 1967. Drenaje de tierras agrícolas. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F. 684 p.
- SIMMONDS, N.W. 1973. Los plátanos. Trad. por Esteban Rimbau. Barcelona, España. Editorial Blume. 539 p.
- SOTO, M. 1985. Banano, cultivo y comercialización. San José, Costa Rica. Litografía e Imprenta LIL, S.A. 627 p.
- THORNE, D.W.; PETERSON, H.B. 1963. Técnica del riego, fertilidad y explotación de los suelos. México 22, DF. Compañía Editorial Continental, S.A. 496 p.

- VÉLEZ, J. 1985. Riego y drenaje. In Curso sobre producción de musáceas. Ed. Centro de Tecnología Agrícola (CENTA). San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.A. pp 10-12.
- WITHERS, B.; VIPOND, S. 1978. El riego, diseño y práctica. Trad. Por Agustín Contín. México 12, D.F. Editorial DIANA, S.A. 350 p.

## 8. ANEXOS

## Anexo 1. Sistema de drenajes de una plantación bananera.

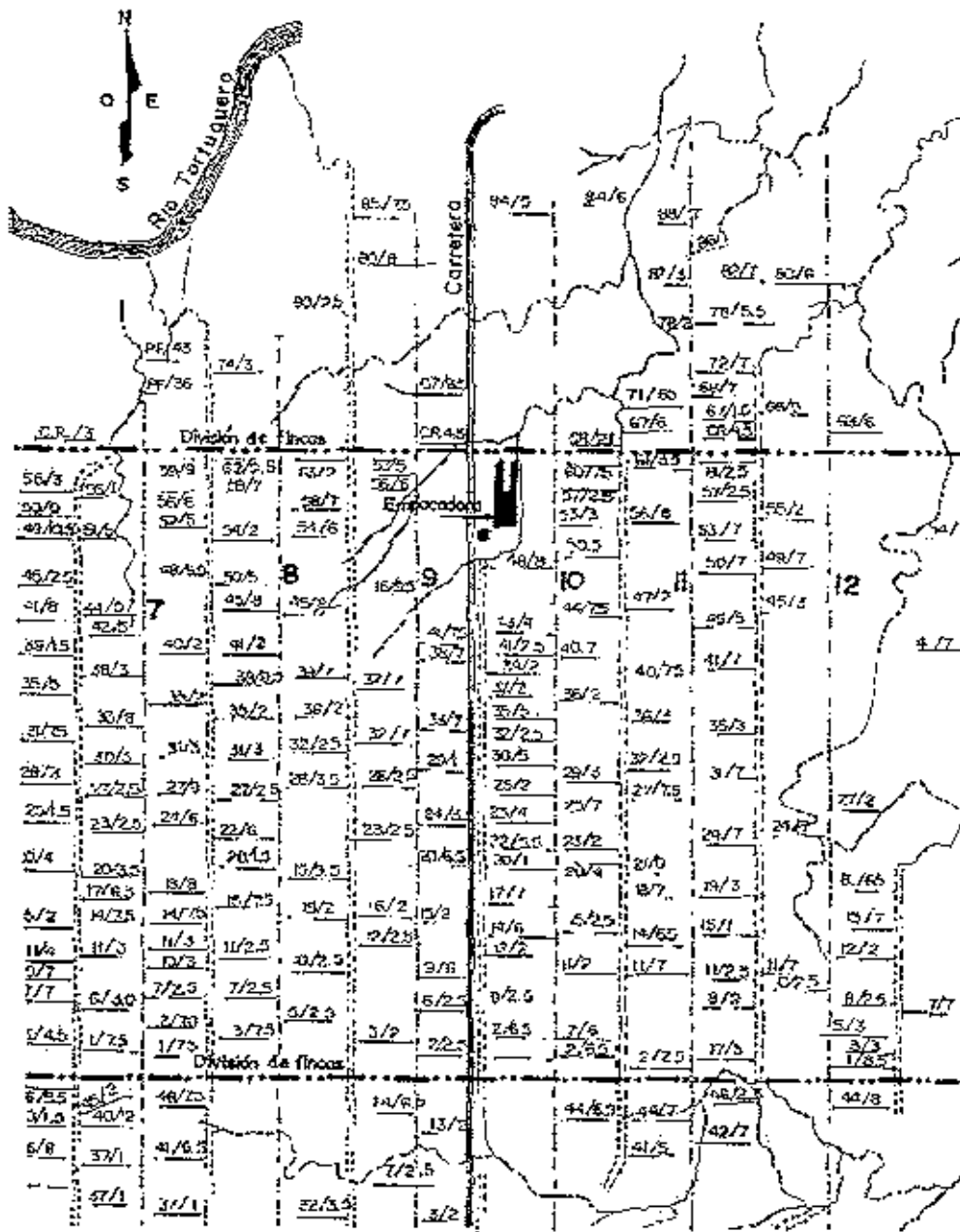
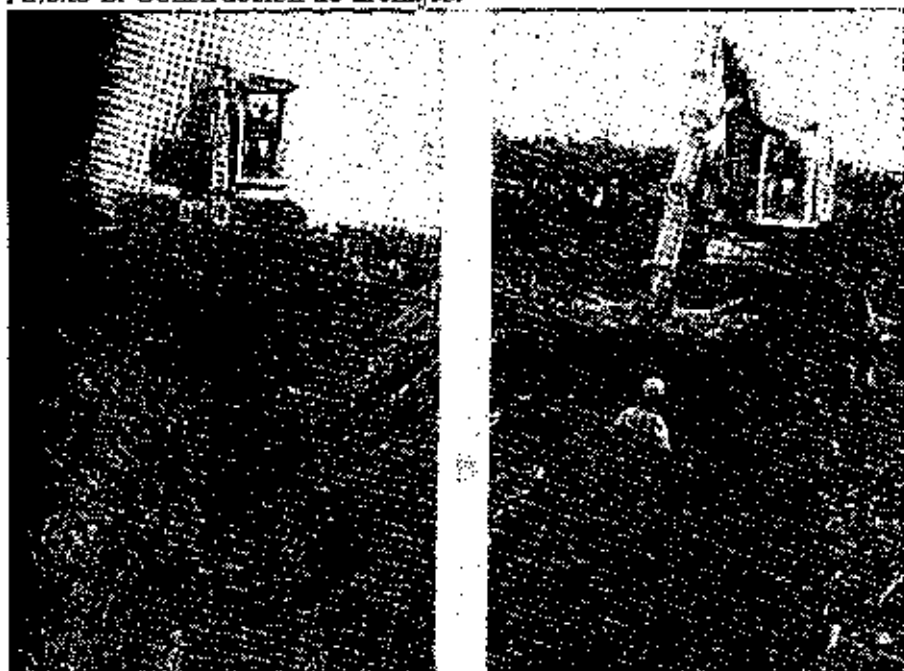


Fig. 5.5 Sistema de drenajes de una plantación bananera.

- Sistema natural primario
- - - Drenajes secundarios espaciados cada 125 m
- Drenajes terciarios numerados
- x-x-x- Cable Carrit

Fuente: Soto, 1985

## Anexo 2. Construcción de drenajes.



Fuente: Soto, 1985

## Anexo 3. Drenaje secundario.



Fuente: Soto, 1985



Anexo 4. Drenaje terciario o boquete



Fuente: Soto, 1985

Anexo 5. Precipitación Mensual 1942 - 1999. Estación Zamorano.

| No. | AÑO   | ENE  | FEB  | MAR  | ABR   | MAY    | JUN    | JUL    | AGO    | SEP   | OCT    | NOV   | DIC   | TOT/mm | TOT/pul |
|-----|-------|------|------|------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|---------|
| 1   | 1942  |      |      |      | 3.8   | 251.2  | 154.9  | 164.1  | 188.1  | 182.6 | 106.7  | 22.6  | 38.3  |        |         |
| 2   | 1943  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 90.7   | 83.3   | 96.8   | 50.3   | 175.8 | 264.7  | 29.0  | 8.4   | 797.0  | 31.4    |
| 3   | 1944  | 5.6  | 5.6  | 0.0  | 22.4  | 85.4   | 424.4  | 181.9  | 203.7  | 182.6 | 422.2  | 38.4  | 4.6   | 1200.8 | 47.3    |
| 4   | 1945  | 14.2 | 6.4  | 10.7 | 17.6  | 175.3  | 240.5  | 79.0   | 198.1  | 330.7 | 144.5  | 61.7  | 11.4  | 1290.0 | 50.8    |
| 5   | 1946  | 18.8 | 47.2 | 6.4  | 3.8   | 110.5  | 107.2  | 87.4   | 131.8  | 207.3 | 150.4  | 56.1  | 11.7  | 938.6  | 37.0    |
| 6   | 1947  | 21.3 | 13.0 | 7.4  | 2.5   | 28.4   | 162.6  | 220.7  | 177.0  | 148.6 | 194.6  | 118.1 | 34.5  | 1128.7 | 44.4    |
| 7   | 1948  | 12.9 | 10.4 | 4.1  | 6.6   | 164.3  | 363.7  | 184.4  | 77.0   | 188.2 | 175.5  | 42.2  | 13.0  | 1242.3 | 48.9    |
| 8   | 1949  | 11.2 | 7.4  | 0.0  | 2.0   | 42.9   | 262.4  | 112.5  | 55.9   | 216.4 | 255.8  | 34.8  | 19.3  | 1020.6 | 40.2    |
| 9   | 1950  | 42.7 | 0.0  | 6.1  | 0.0   | 40.6   | 310.6  | 182.9  | 128.3  | 144.3 | 307.6  | 56.1  | 0.0   | 1219.2 | 48.0    |
| 10  | 1951  | 2.6  | 0.0  | 0.0  | 3.6   | 99.3   | 276.9  | 124.7  | 50.8   | 209.3 | 86.9   | 18.3  | 8.9   | 881.3  | 34.7    |
| 11  | 1952  | 10.4 | 4.1  | 67.8 | 50.5  | 143.8  | 449.8  | 171.5  | 150.6  | 185.7 | 95.3   | 53.1  | 2.0   | 1385.6 | 54.6    |
| 12  | 1953  | 0.0  | 9.7  | 0.8  | 7.9   | 127.0  | 84.1   | 59.7   | 133.1  | 275.8 | 178.8  | 2.8   | 26.7  | 906.2  | 35.7    |
| 13  | 1954  | 10.4 | 5.3  | 6.9  | 21.8  | 175.8  | 407.2  | 146.8  | 187.2  | 251.0 | 181.9  | 3.3   | 6.4   | 1403.8 | 55.3    |
| 14  | 1955  | 0.3  | 6.1  | 5.8  | 45.2  | 70.1   | 100.6  | 392.9  | 331.6  | 323.6 | 351.8  | 44.7  | 16.8  | 1688.4 | 66.6    |
| 15  | 1956  | 1.5  | 8.8  | 3.6  | 25.1  | 180.3  | 233.2  | 141.7  | 55.4   | 212.3 | 76.2   | 58.2  | 15.0  | 991.1  | 39.0    |
| 16  | 1957  | 23.1 | 4.3  | 1.3  | 65.5  | 240.0  | 142.7  | 111.3  | 99.1   | 223.8 | 98.8   | 10.8  | 13.7  | 1040.4 | 41.0    |
| 17  | 1958  | 8.2  | 0.8  | 6.6  | 38.1  | 212.3  | 189.0  | 216.2  | 104.9  | 179.1 | 181.8  | 34.5  | 5.8   | 1157.3 | 45.6    |
| 18  | 1959  | 24.1 | 2.3  | 1.0  |       | 125.7  | 187.2  | 87.1   | 200.4  |       |        |       |       |        |         |
| 19  | 1960  |      |      |      | 137.2 | 343.4  | 220.2  | 54.7   | 211.1  | 192.8 | 204.5  | 86.9  | 13.5  |        |         |
| 20  | 1961  | 22.1 | 21.1 | 2.5  | 15.0  | 21.3   | 236.7  | 191.8  | 93.0   | 95.5  | 99.6   | 65.5  | 27.2  | 891.3  | 35.1    |
| 21  | 1962  | 0.8  | 0.0  | 0.3  | 67.1  | 55.1   | 236.7  | 133.4  | 79.8   | 99.6  | 100.8  | 56.6  | 0.0   | 830.2  | 32.7    |
| 22  | 1963  | 26.1 | 11.7 | 16.3 | 11.2  | 47.2   | 139.4  | 173.7  | 105.9  | 120.7 | 195.9  | 102.9 | 0.3   | 952.3  | 37.5    |
| 23  | 1964  | 30.2 | 12.2 | 0.3  | 58.9  | 92.5   | 268.2  | 172.7  | 182.4  | 215.1 | 59.4   | 62.5  | 8.1   | 1162.5 | 45.8    |
| 24  | 1965  | 6.4  | 26.2 | 6.1  | 20.8  | 212.3  | 189.7  | 127.0  | 93.2   | 191.0 | 102.4  | 41.1  | 14.7  | 1030.7 | 40.6    |
| 25  | 1966  | 4.8  | 1.8  | 73.4 | 48.8  | 185.6  | 205.7  | 168.8  | 129.3  | 189.2 | 186.7  | 20.1  | 9.4   | 1201.5 | 47.3    |
| 26  | 1967  | 9.9  | 7.6  | 59.2 | 83.6  | 7.4    | 216.4  | 168.5  | 102.4  | 164.8 | 39.4   | 28.2  | 18.3  | 895.7  | 35.3    |
| 27  | 1968  | 22.4 | 6.9  | 0.8  | 4.1   | 251.7  | 160.8  | 80.8   | 118.4  | 140.7 | 107.4  | 47.8  | 21.8  | 953.6  | 37.8    |
| 28  | 1969  | 20.1 | 4.3  | 29.7 | 4.6   | 303.0  | 280.2  | 139.2  | 313.2  | 333.8 | 289.3  | 50.5  | 13.5  | 1781.4 | 70.1    |
| 29  | 1970  | 9.4  | 5.8  | 0.8  | 47.5  | 164.6  | 124.2  | 209.8  | 182.5  | 224.8 | 127.3  | 38.6  | 5.3   | 1150.6 | 45.3    |
| 30  | 1971  | 7.9  | 7.6  | 1.5  | 0.0   | 199.9  | 75.9   | 112.8  | 148.1  | 184.7 | 203.5  | 22.9  | 33.5  | 998.3  | 39.3    |
| 31  | 1972  | 12.9 | 3.3  | 1.5  | 1.0   | 172.7  | 102.2  | 99.1   | 101.9  | 81.4  | 89.3   | 62.5  | 13.2  | 751.2  | 29.6    |
| 32  | 1973  | 12.9 | 6.6  | 0.0  | 46.0  | 144.0  | 153.4  | 155.4  | 154.7  | 142.5 | 354.8  | 64.5  | 6.4   | 1241.2 | 48.9    |
| 33  | 1974  | 26.7 | 0.8  | 1.5  | 3.6   | 117.6  | 234.7  | 136.7  | 135.4  | 199.6 | 89.7   | 13.0  | 128.2 | 1085.6 | 42.7    |
| 34  | 1975  | 42.9 | 1.0  | 17.0 | 71.1  | 182.0  | 40.9   | 141.7  | 140.2  | 378.2 | 237.7  | 149.1 |       |        |         |
| 35  | 1976  |      | 2.8  | 2.5  | 3.6   | 88.4   | 312.2  | 91.4   | 67.8   | 97.3  | 221.2  | 53.8  |       |        |         |
| 36  | 1977  |      | 0.0  | 0.0  | 25.4  | 214.6  | 199.4  | 90.2   | 58.4   | 306.1 | 48.3   | 63.0  | 8.6   |        |         |
| 37  | 1978  | 4.8  | 8.8  | 9.7  | 18.0  | 194.1  | 132.1  | 182.6  | 169.9  | 197.1 | 34.3   | 48.3  | 20.8  | 1018.1 | 40.1    |
| 38  | 1979  | 4.8  | 15.7 | 14.5 | 102.1 | 137.4  | 349.0  | 161.0  | 148.1  | 206.8 | 118.6  | 88.6  | 57.2  | 1403.8 | 55.3    |
| 39  | 1980  | 1.5  | 5.1  | 3.6  | 48.3  | 314.2  | 236.7  | 228.6  | 109.2  | 215.9 | 217.7  | 17.3  | 4.8   | 1400.9 | 55.2    |
| 40  | 1981  | 10.7 | 15.7 | 56.9 | 6.4   | 172.7  | 228.1  | 79.2   | 319.3  | 97.8  | 114.8  | 13.2  | 68.6  | 1212.4 | 47.7    |
| 41  | 1982  | 43.7 | 9.1  | 3.0  | 0.5   | 240.8  | 214.1  | 93.0   | 73.7   | 128.4 | 107.2  | 73.7  | 1.3   | 1001.5 | 39.4    |
| 42  | 1983  | 3.0  | 14.0 | 8.9  | 40.6  | 52.1   | 129.3  | 165.5  | 133.4  | 239.3 | 72.4   | 63.0  | 20.1  | 941.7  | 37.1    |
| 43  | 1984  | 15.1 | 2.6  | 5.3  | 10.4  | 150.0  | 218.6  | 174.9  | 226.9  | 230.4 | 162.8  | 15.5  | 15.5  | 1232.0 | 48.5    |
| 44  | 1985  | 5.4  | 6.1  | 7.0  | 126.9 | 99.5   | 40.8   | 85.2   | 92.2   | 138.1 | 142.3  | 16.2  | 46.0  | 805.7  | 31.7    |
| 45  | 1986  | 12.9 | 4.8  | 0.0  | 3.9   | 212.4  | 88.8   | 140.9  | 79.8   | 230.0 | 85.0   | 97.2  | 10.9  | 964.6  | 38.0    |
| 46  | 1987  | 0.7  | 0.0  | 97.2 | 7.6   | 133.0  | 160.5  | 196.7  | 133.9  | 220.4 | 49.1   | 9.1   | 10.0  | 1018.2 | 40.1    |
| 47  | 1988  | 6.5  | 8.3  | 47.4 | 84.0  | 115.0  | 212.0  | 128.3  | 311.6  | 281.9 | 176.9  | 13.7  | 4.7   | 1370.3 | 53.9    |
| 48  | 1989  | 16.3 | 8.2  | 1.1  | 2.7   | 128.5  | 161.5  | 110.9  | 150.8  | 380.2 | 92.4   | 47.7  | 11.5  | 1091.9 | 43.0    |
| 49  | 1990  | 24.2 | 7.7  | 4.3  | 3.7   | 111.4  | 131.8  | 67.7   | 103.0  | 278.2 | 85.2   | 110.3 | 14.7  | 1005.2 | 39.6    |
| 50  | 1991  | 11.3 | 5.8  | 1.0  | 1.8   | 106.8  | 167.0  | 57.7   | 84.5   | 171.6 | 117.6  | 11.3  | 16.5  | 752.9  | 29.6    |
| 51  | 1992  | 6.7  | 5.1  | 8.9  | 121.8 | 205.3  | 222.9  | 135.0  | 55.9   | 236.4 | 111.5  | 23.2  | 16.5  | 1151.2 | 45.3    |
| 52  | 1993  | 8.7  | 2.2  | 0.7  | 183.5 | 327.5  | 389.3  | 170.5  | 128.3  | 175.3 | 82.5   | 27.8  | 15.6  | 1511.9 | 59.5    |
| 53  | 1994  | 6.5  | 9.3  | 0.0  | 21.7  | 157.8  | 143.2  | 77.0   | 70.2   | 195.6 | 135.0  | 27.8  | 18.9  | 853.0  | 34.0    |
| 54  | 1995  | 6.8  | 2.4  | 18.4 | 120.6 | 66.9   | 138.3  | 95.6   | 367.3  | 271.6 | 133.8  | 87.4  | 32.6  | 1350.6 | 53.2    |
| 55  | 1996  | 28.7 | 12.9 | 3.9  | 14.6  | 175.1  | 60.8   | 201.9  | 211.2  | 115.4 | 270.4  | 73.9  | 0.9   | 1167.8 | 46.0    |
| 56  | 1997  | 12.5 | 8.6  | 32.6 | 28.1  | 17.2   | 324.9  | 105.7  | 77.4   | 185.5 | 134.2  | 118.3 | 1.4   | 1046.7 | 41.2    |
| 57  | 1998  | 3.2  | 0.0  | 5.5  | 0.6   | 229.99 | 133.19 | 272.65 | 202.85 | 87.2  | 572.38 | 52.0  | 13.6  | 1573.1 | 61.9    |
| 58  | 1999  | 16.2 | 3.0  | 0.9  |       |        | 772.9  | 151.2  | 172.5  | 328.3 | 214.9  | 27.8  | 30    | 1057.5 | 41.6    |
|     | PROM. | 13.2 | 7.2  | 12.0 | 34.3  | 149.0  | 199.5  | 143.5  | 145.1  | 203.3 | 155.5  | 48.8  | 18.4  | 1118.6 | 44.0    |

Fuente: ZESA, 2000

## Anexo 6. Hoja de cálculo de área para riego por aspersión subfoliar.

| EST. | RUMBO       | DISTANCIA | PROYECCIONES |         | COORDENADAS |         | OFFSETS |
|------|-------------|-----------|--------------|---------|-------------|---------|---------|
|      |             |           | N+ / S-      | E+ / W- | N+ / S-     | E+ / W- |         |
| 0    | N 80° 0' W  | 40.00     | 6.95         | -39.39  | 6.95        | -39.39  | 0.00    |
| 1    | N 84° 12' W | 49.90     | 5.04         | -49.64  | 11.99       | -89.04  | 0.00    |
| 2    | N 85° 43' W | 125.00    | 9.34         | -124.65 | 21.32       | -213.69 | 0.00    |
| 3    | S 7° 32' W  | 49.50     | -49.07       | -6.49   | -27.75      | -220.18 | 0.00    |
| 4    | S 6° 5' W   | 101.48    | -100.91      | -10.75  | -128.66     | -230.93 | 0.00    |
| 5    | S 5° 57' W  | 104.18    | -100.63      | -10.52  | -229.29     | -241.45 | 0.00    |
| 6    | S 6° 30' W  | 101.28    | -100.63      | -11.49  | -329.92     | -252.94 | 0.00    |
| 7    | S 3° 56' W  | 29.88     | -29.81       | -2.06   | -359.73     | -255.00 | 0.00    |
| 8    | S 78° 5' E  | 51.00     | -10.52       | 49.90   | -370.25     | -205.10 | 0.00    |
| 9    | S 80° 8' E  | 51.00     | -8.74        | 50.25   | -378.99     | -154.85 | 0.00    |
| 10   | N 81° 43' E | 8.20      | 1.18         | 8.11    | 377.80      | -146.74 | 0.00    |
| 11   | N 59° 15' E | 59.78     | 30.57        | 51.38   | -347.24     | -95.36  | 0.00    |
| 12   | N 48° 18' E | 22.70     | 15.10        | 16.95   | -332.14     | -78.42  | 0.00    |
| 13   | N 35° 13' E | 41.60     | 33.99        | 23.99   | -298.15     | -54.43  | 0.00    |
| 14   | N 14° 18' E | 23.10     | 22.38        | 5.71    | -275.77     | -48.72  | 0.00    |
| 15   | N 14° 10' E | 78.50     | 76.11        | 19.21   | -199.66     | -29.51  | 0.00    |
| 16   | N 12° 52' E | 58.68     | 57.21        | 13.07   | -142.45     | -16.44  | 0.00    |
| 17   | N 6° 5' E   | 93.91     | 93.38        | 9.95    | -49.07      | -6.49   | 0.00    |
| 18   | N 7° 32' E  | 49.50     | 49.07        | 6.49    | -0.00       | -0.00   | 0.00    |

Perímetro= 1136.19

Suma Proyecciones NORTE= 400.32

Suma Proyecciones SUR= 400.30

Suma Proyecciones ESTE= 255.00

Suma Proyecciones OESTE= 255.00

Error Angular= 0 Grados 0 minutos

Error Lineal 0.01 Metros

Precision= 1/ 91724.74

Fuente: ZESA, 2000

Anexo 7. Datos de nivelación para el área de riego por aspersión.

| Estación | +     | H.I.    | -     | Elevación |
|----------|-------|---------|-------|-----------|
| A0       | 0.882 | 100.882 |       | 100       |
| A1       |       |         | 1.980 | 98.902    |
| A2       |       |         | 2.058 | 98.824    |
| A3       |       |         | 2.156 | 98.726    |
| A4       |       |         | 2.102 | 98.780    |
| A5       |       |         | 2.105 | 98.777    |
| A6       |       |         | 2.075 | 98.807    |
| A7       |       |         | 3.589 | 97.293    |
| B0       |       |         | 2.415 | 98.467    |
| B1       |       |         | 2.689 | 98.193    |
| B2       |       |         | 2.616 | 98.266    |
| B3       |       |         | 2.619 | 98.263    |
| B4       |       |         | 2.446 | 98.436    |
| B5       |       |         | 2.268 | 98.614    |
| B6       |       |         | 2.340 | 98.542    |
| B7       |       |         | 2.498 | 98.384    |
| B8       |       |         | 3.052 | 97.830    |
| C0       |       |         | 3.244 | 97.638    |
| C1       |       |         | 3.238 | 97.644    |
| C2       |       |         | 3.022 | 97.860    |
| C3       |       |         | 3.027 | 97.855    |
| C4       |       |         | 2.721 | 98.161    |
| C5       |       |         | 2.602 | 98.280    |
| C6       |       |         | 2.580 | 98.302    |
| C7       |       |         | 2.609 | 98.273    |
| C8       |       |         | 2.915 | 97.967    |
| C9       |       |         | 3.625 | 97.257    |
| PC1      | 2.389 | 99.646  |       |           |
| D0       |       |         | 2.045 | 97.601    |
| D1       |       |         | 2.281 | 97.365    |
| D2       |       |         | 2.018 | 97.628    |
| D3       |       |         | 1.985 | 97.661    |
| D4       |       |         | 1.693 | 97.953    |
| D5       |       |         | 1.633 | 98.013    |
| D6       |       |         | 1.633 | 98.013    |
| D7       |       |         | 1.445 | 98.201    |
| D8       |       |         | 1.691 | 97.955    |
| D9       |       |         | 2.218 | 97.428    |
| E0       |       |         | 2.445 | 97.201    |

| Estación | +     | H.I.   | -     | Elevación |
|----------|-------|--------|-------|-----------|
| PC2      | 2.090 | 99.291 |       |           |
| D10      |       |        | 3.313 | 95.978    |
| E1       |       |        | 2.131 | 97.160    |
| E2       |       |        | 1.717 | 97.574    |
| E3       |       |        | 1.766 | 97.525    |
| E4       |       |        | 1.570 | 97.721    |
| E5       |       |        | 1.399 | 97.892    |
| E6       |       |        | 1.420 | 97.871    |
| E7       |       |        | 1.123 | 98.168    |
| E8       |       |        | 1.342 | 97.949    |
| E9       |       |        | 1.604 | 97.687    |
| E10      |       |        | 2.122 | 97.169    |
| F0       |       |        | 2.320 | 96.971    |
| F1       |       |        | 2.267 | 97.024    |
| F2       |       |        | 1.955 | 97.336    |
| F3       |       |        | 1.980 | 97.311    |
| F4       |       |        | 1.859 | 97.432    |
| F5       |       |        | 1.560 | 97.731    |
| F6       |       |        | 1.442 | 97.849    |
| F7       |       |        | 1.189 | 98.102    |
| F8       |       |        | 1.522 | 97.769    |
| F9       |       |        | 1.602 | 97.689    |
| F10      |       |        | 2.167 | 97.124    |
| G0       |       |        | 1.621 | 97.670    |
| G1       |       |        | 2.513 | 96.778    |
| G2       |       |        | 2.296 | 96.995    |
| G3       |       |        | 2.271 | 97.020    |
| G4       |       |        | 2.035 | 97.256    |
| G5       |       |        | 1.707 | 97.584    |
| G6       |       |        | 1.588 | 97.703    |
| G7       |       |        | 1.305 | 97.986    |
| G8       |       |        | 1.645 | 97.646    |
| G9       |       |        | 1.725 | 97.566    |
| G10      |       |        | 2.155 | 97.136    |
| PC3      | 1.342 | 98.478 |       |           |
| H0       |       |        | 1.048 | 97.430    |
| H1       |       |        | 1.858 | 96.620    |
| H2       |       |        | 1.743 | 96.735    |
| H3       |       |        | 1.753 | 96.725    |

| Estación | +     | H.I.   | -     | Elevación |
|----------|-------|--------|-------|-----------|
| PC3      | 1.342 | 98.478 |       |           |
| H4       |       |        | 1.485 | 96.993    |
| H5       |       |        | 1.149 | 97.329    |
| H6       |       |        | 1.062 | 97.416    |
| H7       |       |        | 0.771 | 97.707    |
| H8       |       |        | 1.140 | 97.338    |
| H9       |       |        | 1.160 | 97.318    |
| H10      |       |        | 1.765 | 96.713    |
| I0       |       |        | 1.055 | 97.423    |
| I1       |       |        | 1.900 | 96.578    |
| I2       |       |        | 1.870 | 96.608    |
| I3       |       |        | 1.916 | 96.562    |
| I4       |       |        | 1.715 | 96.763    |
| I5       |       |        | 1.465 | 97.013    |
| I6       |       |        | 1.283 | 97.195    |
| I7       |       |        | 1.141 | 97.337    |
| I8       |       |        | 1.400 | 97.078    |
| I9       |       |        | 1.447 | 97.031    |
| I10      |       |        | 1.975 | 96.503    |
| PC4      | 1.872 | 98.375 |       |           |
| J0       |       |        | 0.872 | 97.503    |
| J1       |       |        | 1.945 | 96.430    |
| J2       |       |        | 1.932 | 96.443    |
| J3       |       |        | 1.979 | 96.396    |
| J4       |       |        | 1.822 | 96.553    |
| J5       |       |        | 1.635 | 96.740    |
| J6       |       |        | 1.524 | 96.851    |
| J7       |       |        | 1.260 | 97.115    |
| J8       |       |        | 1.501 | 96.874    |
| J9       |       |        | 1.633 | 96.742    |
| J10      |       |        | 2.12  | 96.255    |
| J11      |       |        | 2.410 | 95.965    |
| K0       |       |        | 0.790 | 97.585    |
| K1       |       |        | 2.012 | 96.363    |
| K2       |       |        | 1.987 | 96.388    |
| K3       |       |        | 2.032 | 96.343    |
| K4       |       |        | 1.918 | 96.457    |
| K5       |       |        | 1.749 | 96.626    |
| K6       |       |        | 1.707 | 96.668    |

| Estación | +     | H.I.   | -     | Elevación |
|----------|-------|--------|-------|-----------|
| PC4      | 1.872 | 98.375 |       |           |
| K7       |       |        | 1.455 | 96.920    |
| K8       |       |        | 1.695 | 96.680    |
| K9       |       |        | 1.840 | 96.535    |
| K10      |       |        | 2.405 | 95.970    |
| K11      |       |        | 2.415 | 95.960    |
| PC5      | 1.755 | 97.715 |       |           |
| L0       |       |        | 0.811 | 96.904    |
| L1       |       |        | 1.589 | 96.126    |
| L2       |       |        | 1.542 | 96.173    |
| L3       |       |        | 1.625 | 96.090    |
| L4       |       |        | 1.549 | 96.166    |
| L5       |       |        | 1.427 | 96.288    |
| L6       |       |        | 1.258 | 96.457    |
| L7       |       |        | 1.063 | 96.652    |
| L8       |       |        | 1.265 | 96.450    |
| L9       |       |        | 1.417 | 96.298    |
| L10      |       |        | 1.790 | 95.925    |
| L11      |       |        | 2.385 | 95.330    |
| M0       |       |        | 0.935 | 96.780    |
| M1       |       |        | 1.535 | 96.180    |
| M2       |       |        | 1.574 | 96.141    |
| M3       |       |        | 1.696 | 96.019    |
| M4       |       |        | 1.561 | 96.154    |
| M5       |       |        | 1.500 | 96.215    |
| M6       |       |        | 1.355 | 96.360    |
| M7       |       |        | 1.112 | 96.603    |
| M8       |       |        | 1.313 | 96.402    |
| M9       |       |        | 1.510 | 96.205    |
| M10      |       |        | 1.895 | 95.820    |
| M11      |       |        | 2.672 | 95.043    |
| N0       |       |        | 1.019 | 96.696    |
| N1       |       |        | 1.595 | 96.120    |
| N2       |       |        | 1.649 | 96.066    |
| N3       |       |        | 1.659 | 96.056    |
| N4       |       |        | 1.622 | 96.093    |
| PC6      | 1.524 | 97.617 |       |           |
| N5       |       |        | 1.393 | 96.224    |
| N6       |       |        | 1.338 | 96.279    |

| Estación | +     | H.I.   | -     | Elevación |
|----------|-------|--------|-------|-----------|
| PC6      | 1.524 | 97.617 |       |           |
| N7       |       |        | 1.085 | 96.532    |
| N8       |       |        | 1.293 | 96.324    |
| N9       |       |        | 1.505 | 96.112    |
| N10      |       |        | 1.930 | 95.687    |
| N11      |       |        | 2.582 | 95.035    |
| O0       |       |        | 1.019 | 96.598    |
| O1       |       |        | 1.595 | 96.022    |
| O2       |       |        | 1.456 | 96.161    |
| O3       |       |        | 1.582 | 96.035    |
| O4       |       |        | 1.510 | 96.107    |
| O5       |       |        | 1.388 | 96.229    |
| O6       |       |        | 1.331 | 96.286    |
| O7       |       |        | 1.138 | 96.479    |
| O8       |       |        | 1.375 | 96.242    |
| O9       |       |        | 1.632 | 95.985    |
| O10      |       |        | 1.425 | 96.192    |
| O11      |       |        | 1.815 | 95.802    |
| P0       |       |        | 1.105 | 96.512    |
| P1       |       |        | 1.642 | 95.975    |
| P2       |       |        | 1.512 | 96.105    |
| P3       |       |        | 1.612 | 96.005    |
| P4       |       |        | 1.604 | 96.013    |
| P5       |       |        | 1.436 | 96.181    |
| P6       |       |        | 1.285 | 96.332    |
| P7       |       |        | 1.215 | 96.402    |
| P8       |       |        | 1.530 | 96.087    |
| P9       |       |        | 1.696 | 95.921    |
| P10      |       |        | 2.148 | 95.469    |
| P11      |       |        | 2.865 | 94.752    |
| Q0       |       |        | 1.153 | 96.464    |
| Q1       |       |        | 1.772 | 95.845    |
| Q2       |       |        | 1.603 | 96.014    |
| Q3       |       |        | 1.622 | 95.995    |
| Q4       |       |        | 1.657 | 95.960    |
| Q5       |       |        | 1.465 | 96.152    |
| Q6       |       |        | 1.244 | 96.373    |
| Q7       |       |        | 1.318 | 96.299    |
| Q8       |       |        | 1.572 | 96.045    |



| Estación | +     | H.I.   | -     | Elevación |
|----------|-------|--------|-------|-----------|
| PC6      | 1.524 | 97.617 |       |           |
| Q8       |       |        | 1.572 | 96.045    |
| Q9       |       |        | 1.855 | 95.762    |
| Q10      |       |        | 2.300 | 95.317    |
| Q11      |       |        | 3.015 | 94.602    |
| PC7      | 2.865 | 97.467 |       |           |
| R0       |       |        | 1.078 | 96.389    |
| R1       |       |        | 1.670 | 95.797    |
| R2       |       |        | 1.470 | 95.997    |
| R3       |       |        | 1.601 | 95.866    |
| R4       |       |        | 1.527 | 95.940    |
| R5       |       |        | 1.368 | 96.099    |
| R6       |       |        | 1.215 | 96.252    |
| R7       |       |        | 1.251 | 96.216    |
| R8       |       |        | 1.515 | 95.952    |
| R9       |       |        | 1.738 | 95.729    |
| R10      |       |        | 2.122 | 95.345    |
| R11      |       |        | 2.975 | 94.492    |
| S0       |       |        | 1.112 | 96.355    |
| S1       |       |        | 1.663 | 95.804    |
| S2       |       |        | 1.473 | 95.994    |
| S3       |       |        | 1.563 | 95.904    |
| S4       |       |        | 1.518 | 95.949    |
| S5       |       |        | 1.423 | 96.044    |
| S6       |       |        | 1.385 | 96.082    |
| S7       |       |        | 1.412 | 96.055    |
| S8       |       |        | 1.641 | 95.826    |
| S9       |       |        | 1.830 | 95.637    |
| S10      |       |        | 2.270 | 95.197    |
| S11      |       |        | 3.105 | 94.362    |
| T0       |       |        | 1.154 | 96.313    |
| PC8      | 1.595 | 97.908 |       |           |
| T1       |       |        | 1.948 | 95.960    |
| T2       |       |        | 1.954 | 95.954    |
| T3       |       |        | 1.952 | 95.956    |
| T4       |       |        | 1.921 | 95.987    |
| T5       |       |        | 1.830 | 96.078    |
| T6       |       |        | 1.851 | 96.057    |
| T7       |       |        | 1.979 | 95.929    |

| Estación | +     | H.I.   | -     | Elevación |
|----------|-------|--------|-------|-----------|
| PC8      | 1.595 | 97.908 |       |           |
| T8       |       |        | 2.374 | 95.534    |
| T9       |       |        | 2.555 | 95.353    |
| T10      |       |        | 2.990 | 94.918    |
| T11      |       |        | 3.365 | 94.543    |

Fuente: ZESA, 2000

Anexo 8. Plano de bloques, tuberías principales y cable vía.

.

Fuente: El autor