

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

LA FERTI – IRRIGACION Y EL USO DE RIEGO POR GOTEO EN EL  
CULTIVO DE MELON TIPO CANTALOUPE (*Cucumis melo L. var. Reticulatus*)  
USANDO ACOLCHADO PLASTICO EN EL AREA DE USUMATLAN, ZACAPA

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

POR

JORGE IVAN QUINTO JAVIER

En el acto de investidura como  
INGENIERO AGRONOMO  
EN EL GRADO ACADEMICO DE  
LICENCIADO

Guatemala, octubre 1,999

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**Ing. Agr. Efraín Medina Guerra**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DECANO**

**Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera.**

**VOCAL PRIMERO**

**Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello.**

**VOCAL SEGUNDO**

**Ing. Agr. William Roberto Escobar López.**

**VOCAL TERCERO**

**Ing. Agr. Alejandro A. Hernández Figueroa.**

**VOCAL CUARTO**

**Prof. Jacobo Bolvito Ramos.**

**VOCAL QUINTO**

**Br. José Domingo Mendoza Cipriano.**

**SECRETARIO**

**Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada.**

Guatemala, Octubre de 1999

Señores Miembros  
Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos  
Guatemala

Distinguidos miembros:

De acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos, tengo el honor de someter a consideración de ustedes el trabajo de tesis titulado

**LA FERTI – IRRIGACION Y EL USO DE RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE MELON TIPO CANTALOUPE (*Cucumis melo L. var. Reticulatus*) USANDO ACOLCHADO PLASTICO EN EL AREA DE USUMATLAN, ZACAPA**

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en sistemas de producción agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación quedo de ustedes,

Respetuosamente,

  
Jorge Ivan Quinto Javier

## ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

Cesar Ivan Quinto S. (Q.E.P.D),  
Concepción Javier vda. de Quinto  
En agradecimiento a sus esfuerzos y sacrificios  
realizados para mi superación, con amor.

A MI ESPOSA

Elvia Franco de Quinto. Por su apoyo compren-  
ción y cariño.

A MIS HIJOS

Cesar Ivan, Lisa María y María Virginia

A MIS HERMANAS

Miriam, Patricia y Claudia

A MIS ABUELOS

Pedro Quinto y Octavila de Quinto (Q.E.P.D)  
Jose Domingo Javier (Q.E.P.D) Y Casta Luz  
Vda de Javier

A MI FAMILIA

Con cariño especial por su apoyo.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

## TESIS QUE DEDICO

A MI PAIS GUATEMALA.

A AL DEPARTAMENTO DE ZACAPA.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA.

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA.

A LA COMPAÑÍA AGROEXPORTADORA  
AGRI-FRESCO S.A.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO.

A PROYECTO DE MINI – RIEGO.

A LOS AGRICULTORES DEL PAIS.

## **AGRADECIMIENTOS:**

QUIERO AGRADECER A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA COLABORARON EN LA REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO.

A los Ingenieros Agrónomos Víctor Cabrera Cruz, José Francisco Giron e Ivan Dimitri santos, por su asesoría, sugerencias y revisión del presente trabajo.

A los personeros de AGRI-FRESCO S.A por haberme dado la oportunidad de realizar el mismo, especialmente a Rodrigo Aguirre y José Francisco Giron.

A las Agencias Internacionales de Cooperación (A.I.D), (J.I.C.A) y (A.E.C.I) por haberme dado la oportunidad de instruirme en sus respectivos países.

A mi señora Madre, por brindarme siempre el apoyo y confianza para la realización de este trabajo.

## PAGINAS DE CONTENIDO

CONTENIDO	PAG.
- INDICE DE CUADROS.....	x
- INDICE DE FIGURAS.....	xi
- RESUMEN.....	xii
1. INTRODUCCION.....	1
2. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
4. MARCO TEORICO:.....	4
4.1. Marco conceptual:.....	4
4.1.1. Descripción del cultivo:.....	4
4.1.1.1. Necesidades climáticas:.....	4
4.1.1.2. Floración y fecundación.....	5
4.1.1.3. Calidad del fruto.....	5
4.1.1.4. Distancia y siembra:.....	6
4.1.1.5. Selección de híbridos:.....	6
4.1.2. Uso del acolchado plástico:.....	7
4.1.3. Generalidades del riego por goteo.....	8
4.1.3.1. Ventajas del riego por goteo.....	9
4.1.3.2. Desventajas:.....	9
4.1.4. Factores relacionados con el riego.....	10
4.1.4.1. Infiltración.....	10
4.1.4.2. Métodos para determinar la velocidad de infiltración.....	11
4.1.4.2.1. Modelos de infiltración:.....	11
4.1.4.3. Evapotranspiración:.....	12
4.1.4.3.1. Métodos para el calculo de evapotranspiración:.....	13
4.1.4.4. Calidad del agua para riego:.....	14
4.1.4.4.1. Principales componentes y parámetros del agua de riego.....	15
4.1.4.4.2. Estado del agua en el suelo:.....	15
4.1.4.4.3. Expresión de la humedad del suelo:.....	16
4.1.4.5. Necesidades hídricas del cultivo.....	17
4.1.4.5.1. Riego según la apariencia del cultivo.....	17
4.1.4.5.2. Riego según la determinación de humedad del suelo.....	18
4.1.4.5.3. Método de muestreo de suelo.....	18
4.1.4.5.4. Instrumentos de medición.....	18
4.1.4.5.5. Método del tanque de evaporación:.....	19
4.1.5. Componentes del sistema de riego por goteo.....	19

4.1.5.1.	Sistema de filtrado:	19
4.1.5.2.	Equipo de bombeo	20
4.1.5.3.	Gotero o emisor.	21
4.1.5.3.1.	Régimen hidráulico de los goteros.	22
4.1.6.	Mantenimiento del sistema de riego:	23
4.1.6.1.	Laterales de riego con gotero incorporado.	23
4.1.6.2.	Tubería de conducción principal y de distribución del agua en las parcelas.	24
4.1.6.3	Mantenimiento de las válvulas hidráulicas reguladoras de presión y caudal	24
4.1.6.4	Sistema inicial de filtrado de grava	25
4.1.6.5	Sistema de filtración secundaria de anillos.	26
4.1.6.6	Mantenimiento del motor diesel.	26
4.1.6.7	Mantenimiento de la bomba de agua:	27
4.1.7	Relaciones suelo – planta	27
4.1.7.1.	Fertirrigación localizada:	27
4.1.7.2.	La fertilidad del suelo:	28
4.1.7.3.	Requerimientos nutrimentales del cultivo:	29
4.1.7.4.	Importancia de los macro - elementos dentro de un programa de ferti-irrigación.	31
4.1.7.4.1.	Nitrógeno.	31
4.1.7.4.2.	Fósforo	33
4.1.7.4.3.	Potasio:	33
4.1.7.5.	Importancia de las fertilizaciones foliares en los cultivos.	34
4.1.7.6.	Análisis químico de la planta:	35
4.1.7.7	Aplicación de fertilizantes por el riego:	36
4.1.7.7.1	Sistema de succión:	36
4.1.7.7.2	Bomba de fertilizante.	37
4.1.8	Análisis financiero del proyecto.	37
4.1.8.1	Rentabilidad.	37
4.2	Marco referencial	38
4.2.1.	Descripción general del área:	38
4.2.1.1.	Localización Del Área:	38
4.2.1.2.	Situación geográfica:	38
4.2.1.3.	Vías de acceso:	39
4.2.1.4.	Suelo:	39
4.2.1.5.	Clima:	39
5.	OBJETIVOS	40
5.1.	General :	40
5.2.	Específicos :	40
6.	METODOLOGIA	41
6.1	Aspectos relacionados con el agua:	41
6.1.1	Fuente de agua:	41
6.1.2	Calidad del agua para riego:	41
6.2	Diseño hidráulico del sistema	42

6.2.1	Evapotranspiración:.....	42
6.2.2	Calculo de las láminas de diseño del riego: :.....	42
6.2.3	Frecuencia de riego.....	43
6.2.4	Velocidad de infiltración:.....	44
6.2.5	Especificaciones del diseño:.....	45
6.2.5.1.	Selección del emisor o gotero:.....	45
6.2.5.2.	Determinación del numero de turnos de riego en el sistema:.....	46
6.2.5.3.	Distribución de las áreas de riego en base al número de turnos:.....	47
6.2.5.4.	Distribución de diámetro de tuberías a nivel parcelario:.....	48
6.3.	Selección del equipo de riego:.....	49
6.3.1.	Selección del sistema de filtrado:.....	49
6.3.1.1	Filtración secundaria:.....	49
6.3.2	Determinación del equipo que impulsa el agua.....	50
6.3.2.1	Selección del equipo de bombeo.....	50
6.3.2.2	Selección del motor:.....	51
6.3.3	Necesidades de riego del cultivo.....	51
6.3.4	Apariencia del cultivo.....	52
6.3.5	Uso de tensiómetros.....	52
6.3.6	Uso del tanque evaporímetro.....	52
6.4	Mantenimiento del sistema de riego.....	53
6.4.1	Filtro de grava o arena.....	53
6.4.2	Filtros de anillos o malla.....	53
6.4.3	Manguera de riego con goteo.....	54
6.4.4	Mantenimiento del motor diesel.....	54
6.4.5	Mantenimiento de la bomba de riego.....	55
6.5	Aplicación de fertilizantes a través del sistema de riego:.....	55
6.5.1	Selección del fertilizante:.....	55
6.5.1.1.	Nitrogenados.....	56
6.5.1.2.	Fosfatados.....	56
6.5.1.3.	Potasicos :.....	57
6.5.2.	Análisis de suelo.....	57
6.5.3.	Programa nutricional del cultivo.....	58
6.6.	Uso del acolchado plástico.....	59
6.7.	Análisis financiero del proyecto.....	59
7.	CONCLUSIONES.....	60
8.	RECOMENDACIONES.....	61
9.	BIBLIOGRAFIA.....	62
10.	APENDICE.....	64

## INDICE DE CUADROS

### EN EL TEXTO

	<b>PAG.</b>
1. Relación de N, P, K según estado fenológico de crecimiento.....	30
2. Demanda de N, P, K, Ca. Y Mg semanalmente, en Kg/ha por el cultivo del melón.....	30
3. Recomendaciones de N, P y K (Kg/ha) en algunos países para el cultivo del melón.....	31
4. Características físicas e hídricas de los suelos donde se cultivó el melón.....	43

### EN EL APENDICE

	<b>PAG.</b>
1 A. Características químicas y clasificación del agua de riego utilizada en el cultivo del melón, Usumatlán, Zacapa.....	65
2 A. Determinación del calculo de evapotranspiración usando el método de Blaney – Criddle, Usumatlán, Zacapa.....	66
3 A. Determinación de la velocidad de infiltración por el método del doble cilindro, usando el modelo Kostiakow – Lewis, Usumatlán, Zacapa.....	67
4 A. Distribución de las áreas por turno y caudal demandado en cada uno, Usumatlán, Zacapa.....	67
5 A. Caudal demandado a la entrada de cada valvula de parcela, Usumatlán, Zacapa.....	68
6 A. Diámetro de conducción principal a la entrada de cada sección, Usumatlán, Zacapa.....	68
7 A. Distribución de diámetros de tubería de la sección a la última válvula de riego de la parcela, Usumatlán, Zacapa.....	68
8 A. Características químicas y físicas de los suelos donde se cultiva el melón, Usumatlán, Zacapa.....	69
9 A. Costo de producción por hectárea para el cultivo del melón, Usumatlán, Zacapa.....	70
10 A. Temperaturas absolutas de máximas y mínimas, estación La Fragua, Zacapa. (INSIVUMEH).....	71
11 A. Precipitación anual (mm.) estación La Fragua, Zacapa (INSIVUMEH).....	71
12 A. Horas de brillo solar, La Fragua, Zacapa (INSIVUMEH).....	71

## INDICE DE FIGURAS

EN EL APÉNDICE	PAG.
FIGURA 1 A. Diseño hidráulico del sector crítico de riego, Usumatlán, Zacapa.....	72
FIGURA 2 A. Filtros de grava utilizados en el sistema de riego Usumatlán, Zacapa.....	73
FIGURA 3 A. Filtros de anillos utilizados en el sistema de riego Usumatlán, Zacapa.....	74
FIGURA 4 A. Curva de eficiencia de la bomba utilizada en el sistema de riego Usumatlán, Zacapa.....	75
FIGURA 5 A. Curva de rendimiento – eficiencia del motor utilizado en el sistema de riego Usumatlán, Zacapa.....	76
FIGURA 6 A. Curva de demanda nutrimental del cultivo de melón Usumatlán, Zacapa.....	77
FIGURA 7 A. Esquema típico del sistema de riego, Usumatlán, Zacapa.....	78

**LA FERTI-IRRIGACION Y EL USO DE RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE MELON TIPO CANTALOUPE (*Cucumis melo L. var. Reticulatus*) USANDO ACOLCHADO PLASTICO EN EL AREA DE USUMATLAN, ZACAPA.**

**THE FERTI - IRRIGATION AND THE USE OF IRRIGATION BY DRIP IN THE MELON CULTIVATION TYPE CANTALOUPE (*Cucumis melo L. var. Reticulatus*), USING QUILTED PLASTIC IN THE AREA OF USUMATLAN, ZACAPA.**

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tienen como objetivo principal, describir los procesos metodológicos empleados en el uso y manejo del sistema de fertirriego por goteo y el uso del acolchado plástico en la producción de melón tipo Cantaloupe (*Cucumis melo L. var. Reticulatus*), en el área del municipio de Usumatlan, Zacapa.

El trabajo se realizó en la habilitación del sistema de riego, de los campos denominado finca No. 5, la cual es propiedad de la empresa Agrifresco, S. A., con una extensión superficial de 71 ha.

La fuente de agua utilizada es superficial y proviene del río Barranco Colorado, del cual se deriva un caudal de 377.43 m<sup>3</sup> hora hacia el embalse principal de captación y distribución con capacidad de almacenar 10,875m<sup>3</sup>, de donde es bombeada directamente al sistema de conducción y distribución parcelario. La calidad del agua utilizada es clasificada químicamente como C1S1, la cual es adecuada para su uso en riego.

Con fines de diseño se determinaron los principales factores, que guardan relación directa con las necesidades hídricas del cultivo, calculándose la infiltración básica en 0.96 cm por hora, por medio del modelo Kostiakow – Lewis.

La evapotranspiración se determinó por medio del método de Blaney - Criddle, para los meses de marzo, abril y mayo, siendo la evapotranspiración crítica de 4.17 milímetros diarios para la tercera semana del mes de abril.

La lamina bruta de diseño calculada es de 7.56 centímetros y la lamina neta de reposición establecida para un déficit de manejo del 30 % de humedad es de 2.27 centímetros.

La manguera utilizada en el sistema de riego, con gotero incorporado tiene una descarga por emisor de 1.75 litros por hora y una descarga total por hectárea de 19.45 metros cúbicos por hora, aplicándose por cada hora de riego una lamina de 2 milímetros.

El área total de diseño del sistema se dividió en 7 turnos de riego, determinándose una frecuencia de 5 días y una operación diaria del sistema de 18 horas, cuando la demanda de agua sea máxima.

El caudal promedio utilizado en la operación del sistema es de 255.02 metros cúbicos por hora, y la filtración de la misma se realiza por medio de una batería constituida por 6 filtros de grava y 6 filtros de anillos.

Los fertilizantes aplicados tienen la característica de ser totalmente hidrosolubles, y se aplican según el requerimiento nutricional de la planta y la etapa de desarrollo vegetativo en que esta se encuentra.

La fertilización se realiza directamente al sistema por medio de bombas inyectoras de acción centrifuga con capacidad de inyección de 6,000 litros por hora.

El plástico utilizado para la cobertura de la cama de siembra es de un espesor de 1.15 milésimas, de color plateado negro, de 52 pulgadas de ancho, usando un total de 5,550 m. por hectárea.

La rentabilidad del proyecto es de 38.74%, con un ingreso bruto de Q44,800.00 por hectárea, y un ingreso neto de Q17,355.92 por hectárea.

## 1. INTRODUCCION

Guatemala posee diversidad de climas, suelos y condiciones favorables para la producción de productos no tradicionales, dentro de los cuales se encuentra el melón (*Cucumis melo L.*) que actualmente representa un rubro importante para la economía del país, con un monto de exportación de 40 millones de dólares por ciclo de cultivo, el cual se realiza dos veces por año; así mismo los mercados internacionales ofrecen mucha demanda para este tipo de hortaliza lo que ha venido a incrementar más su exportación comercial. La producción de alimentos provenientes del campo es indispensable para satisfacer las necesidades de una población creciente que exige cada vez mayores satisfactores; en este aspecto la implementación de obras de riego específicamente sistemas de riego por goteo ha contribuido grandemente a la tecnificación de la agricultura, y paralelamente a ello el uso eficiente de los recursos hídricos que cada día son más limitados.

Actualmente existen en el departamento de Zacapa 3,400 hectáreas bajo el sistema de riego por goteo dedicadas al cultivo de melón, lo que ha generado la implementación de programas y técnicas orientadas a ejercer un mejor manejo del agua y la nutrición vegetal.

La compañía productora de melón AGRI-FRESCO S.A. situada en el municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa, con una extensión de 400 hectáreas bajo riego, se ha visto en la necesidad de investigar más detalladamente los diferentes componentes que intervienen en el proceso del fertirriego como lo son el cuanto y cuando regar así como la forma química de los fertilizantes y su momento de aplicación, lo que es significativamente importante dentro de los costos de producción de melón, por lo que el presente trabajo está enfocado en dar una descripción del uso práctico de la metodología utilizada en el manejo del riego y la nutrición del cultivo.

## 2. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

El desarrollo económico y social de un país depende en gran medida de sus posibilidades de lograr un aumento en la producción del sector agrícola, para lo cual se deberá considerar la incorporación de nuevas áreas de cultivo e intensificar el uso de aquellas que dependen exclusivamente de la estación lluviosa (invierno), mediante la implementación de sistemas de riego en los cuales el agua pueda suministrarse en la cantidad y momento que el cultivo lo demande.

El departamento de Zacapa se caracteriza como zona semidesértica con condiciones edafoclimáticas favorables para la explotación comercial e intensiva de algunas hortalizas como el melón, que en la actualidad tiene gran demanda en los mercados internacionales. Sin embargo, el principal limitante para cultivar esta hortaliza, es la disponibilidad del recurso hídrico el cual ha disminuido paulatinamente, lo que ha generado la necesidad de implementar sistemas de riego más sofisticados, que presenten una mejor eficiencia en el uso de este recurso.

Lo anterior ha creado la necesidad de investigar con la finalidad de eficientizar el sistema, ya que el mismo no solo se utiliza con fines de riego sino como un vehículo para suministrar a las plantas en forma líquida (fertirriego), los nutrientes necesarios para su crecimiento, desarrollo y producción.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El cultivo de melón se inició en el departamento de Zacapa en la década de los años 70, en pequeñas áreas de prueba a nivel semi-comercial con la finalidad de conocer el manejo del cultivo, producir fruto con calidad de exportación y estar dentro de las normas exigidas por los mercados internacionales. El cultivo se realizaba con tecnología tradicional, y para el suministro del agua se utilizaba el método de riego superficial; así mismo la siembra se realizaba sobre mesas o camellones sin cobertura lo cual ocasionaba problemas con malezas, encharcamiento, y principalmente una considerable reducción en la calidad del fruto, al estar éste en contacto directo con el suelo humedecido en cada riego, mermando el rendimiento de fruta exportable, con consecuencias económicas, debido a la baja o ninguna rentabilidad del cultivo.

La problemática anterior provoca la necesidad de investigar nuevas tecnologías que pudieran implementarse, tales como el uso de riego por goteo, acolchado plástico y la nutrición del mismo en el agua de riego (fertirrigación) con la finalidad de mejorar la calidad del fruto exportable, elevar los rendimientos y hacer más eficiente la disponibilidad de los recursos, para incrementar la rentabilidad del cultivo.

#### **4. MARCO TEORICO:**

##### **4.1. Marco conceptual:**

###### **4.1.1. Descripción del cultivo:**

Los melones tipo cantaloupe son nativos del trópico y sub-trópico de África, y cuentan con un centro de origen bien desarrollado en la India. Es una planta herbácea, anual que pertenece a la familia de las Cucurbitáceas, de tallos herbáceos, ramificados, flexibles y rastreros que alcanzan de 1.5 m. A 3.5 m. De longitud, en los que se encuentran las flores masculinas y femeninas. La mayor parte de su sistema radical se encuentra en los primeros 60 cm. de profundidad, pudiendo en algunos casos producir raíces adventicias en los nudos; es una planta provista de zarcillos mediante los cuales puede convertirse en trepadora, sus hojas son reniformes o codiformes, anchas y provistas de un largo pecíolo, con florescencia unisexual situada en la axila de la hoja, su fruto puede ser de forma oval, redonda o aplanada por los polos; su pulpa de color amarillo-anaranjado intenso, y una de las principales características del fruto de este tipo de melón es su cáscara reticulada en forma de red. (3)

###### **4.1.1.1. Necesidades climáticas:**

El melón, como es muy común en las Cucurbitáceas, es poco resistente a climas lluviosos, es pues un cultivo de clima cálido, siendo mejor su comportamiento cuando el clima es caluroso y relativamente seco es decir bajo abundante sol, baja humedad relativa y poca lluvia lo que da como resultado plantas vigorosas con frutos de alta calidad. (13)

El cultivo de melón se puede desarrollar en un rango de temperatura de 16° como mínima y 38°C como máxima, siendo una temperatura media optima de 24° - 26°C, y una humedad ambiental semi-seca entre 65% - 85%. (3)

La lluvia y la alta humedad relativa favorece al desarrollo de enfermedades, las cuales pueden destruir el tejido foliar, con la resultante disminución del área fotosintética indispensable para la formación de azúcares y desarrollo del fruto.

#### 4.1.1.2. Floración y fecundación

Las plantas de melón cantaloupe tienen flores masculinas o estaminadas que producen polen, y flores femeninas o con ovario que son las que producen fruto, ambas en la misma planta. (3)

Las flores masculinas son las primeras que aparecen, aproximadamente a la 18 – 22 días después de la siembra, y posteriormente en el día 21 – 23 en adelante inicia la floración femenina; regularmente aparecen 10 flores masculinas por cada flor femenina, asegurándose de esta forma una gran cantidad de polen para la fecundación. Cuando se ha logrado la polinización, las flores hembras comienzan a desarrollar su ovario, de las cuales las que mejor han sido polinizadas se desarrollan más rápido y se vuelven dominantes, las otras se marchitan o se caen. La cantidad de frutos que debe producir cada planta para asegurar una buena producción por área debe ser de 2 a 3 frutos. La polinización de las flores femeninas se realiza por medio de insectos, siendo las abejas los únicos insectos eficaces que pueden realizar este trabajo. (11)

#### 4.1.1.3. Calidad del fruto

Las principales características que se consideran determinantes en la calidad de los frutos son la red, los sólidos solubles (azúcar) el grosor y color de la pulpa, y las dimensiones de la cavidad que contienen las semillas. (3)

La red es el característico retículo tuberoso que cubre la superficie de los frutos de melón tipo cantaloupe de los cuales existen dos tipos básicos: uno es el tipo cordel o pronunciado, y el otro tipo de red es la fina o aplanada. (3)

Los sólidos solubles o azúcares que contenga el fruto, dependen de la capacidad de la planta producir suficientes compuestos por medio de la fotosíntesis para satisfacer sus propias necesidades metabólicas,

además de un exceso para almacenar en el fruto. Esto es posible cuando la planta tiene un follaje completo antes de prender el fruto, para contar con la máxima actividad fotosintética.

El color del fruto también es determinante en la calidad, y este es más estable ante las variaciones ambientales que el contenido de sólidos solubles y la formación de red, especialmente cuando estos cambios suceden cerca de la cosecha. (13)

Todos estos componentes determinantes en la calidad del fruto se pueden ver afectados por condiciones ambientales adversas como enfermedades, poca nutrición, excesos o falta de humedad y extremos en la variación de temperatura. (13)

#### 4.1.1.4. Distancia y siembra:

La distancia de siembra se realiza a 1.80 m. entre mesas o camas de cultivo, y entre plantas puede estar en un rango de 0.30 m. a 0.50 m. utilizando la separación más adecuada según sea la época de cultivo, recomendando distancias de 0.30 a 0.40 cuando las temperaturas son altas y 0.40 – 0.50 m. cuando en la época prevalecen temperaturas bajas, teniendo con esto un promedio de densidad de población de 14,500 plantas/ha. En cuanto a la forma de siembra, esta puede realizarse directamente con semilla en el agujero de siembra o bien por medio de pilones que han sido producidos previamente en invernadero; cualquiera de estos dos métodos tiene sus ventajas y desventajas según las condiciones que prevalezcan al momento de la siembra, pero ha tenido últimamente más auge la siembra por medio de pilones. (11)

#### 4.1.1.5. Selección de híbridos:

El rendimiento de los híbridos de cantaloupe se ve profundamente influido por el medio ambiente, siendo posible que un híbrido se comporte muy bien en una localidad y temporada de cultivo, y no así en otras. Basados en éste comportamiento que ejerce el medio ambiente sobre los rendimientos, se deben seleccionar los híbridos a través de evaluaciones en épocas bien definidas de cultivo y registros de comportamiento para cada una de las épocas evaluadas. (3)

En la presente área de estudio, se han determinado a través de evaluaciones selectivas que los híbridos que mejor comportamiento tienen son los siguientes:

- Hy- Mark
- Cristóbal
- Aceim
- Copa de Oro
- Durango
- Ovación
- Sol Real

Los primeros cuatro híbridos tienen su mejor manifestación de rendimiento cuando son sembrados desde los meses de agosto a octubre, mientras que los últimos tres son más adecuados para los meses de octubre hasta febrero; esto también está basado en las exigencias del mercado internacional de acuerdo al tamaño promedio de fruta que tenga más demanda.

#### 4.1.2. Uso del acolchado plástico:

El acolchamiento ha sido una técnica practicada desde hace muchos años por los agricultores con la finalidad de defender los cultivos y el suelo de la acción de los agentes atmosféricos, los cuales entre otros efectos, producen la desecación del suelo, deteriora la calidad de los frutos, enfrían la tierra y lavan la misma arrastrando los elementos fertilizantes, tan necesarios para el desarrollo vegetativo de la planta. (15)

Puede decirse que a nivel mundial el material plástico más utilizado hoy en día en acolchado de suelos es el polietileno. Los tipos de filmes atendiendo a su coloración o pigmentación, que hoy día se utilizan para esta aplicación son: negro opaco, transparente, marrón, gris humo y plateado negro; cada uno de ellos posee unas determinadas características que dan lugar a efectos diferentes sobre los cultivos. (15)

Las cubiertas de plástico para la superficie del suelo han tenido en los últimos años gran demanda en el cultivo de melón, pues representa ventajas en su utilización pudiendo mencionarse algunas como principales.

(15)

- Evita el exceso de evaporación de agua de la superficie del suelo, lo que permite un manejo más adecuado de las frecuencias con que se aplique el riego.
- Se puede hacer uso de productos biocidas sobre la mesa o cama que ha sido preparada para la siembra mecanizadamente en todo el campo, evitando que en su modo de acción este sea emanado al ambiente, ejerciendo una eficiente desinfestación del suelo.
- Evita contacto directo de los frutos con la superficie del suelo que afecta la calidad del fruto.
- Evita la proliferación de malezas.

En esta cubierta plástica pueden usarse plásticos de diferente color y espesor de pared, siendo el más utilizado en el cultivo de melón el de color plateado-negro con espesor de pared de 1.0 a 1.5 milésimas.

#### 4.1.3. Generalidades del riego por goteo.

Se llama riego localizado a la forma de aplicar el agua a los cultivos sin necesidad de mojar toda la superficie del suelo; el riego por goteo es un riego localizado en donde el agua se aplica al suelo gota a gota. Las características más importantes del riego por goteo son la localización del agua y la alta frecuencia de su aplicación; el agua se aplica en las proximidades de las plantas mojando un cierto volumen del suelo, que es donde se tiene que desarrollar una gran parte del sistema radical. (9)

El riego por goteo es un método en el cual el agua es llevada a través de tuberías al punto donde penetra en el suelo; la descarga a la salida se controla por pequeños dispositivos rígidos llamados “goteros” que la depositan sobre el terreno gota a gota, durante todo el ciclo vegetativo de un cultivo, con riego por goteo se puede suministrar a la planta, el agua necesaria así como los fertilizantes directamente en el punto donde esta la planta; de manera que al distribuirse en el suelo, permanezca en condiciones óptimas de

humedad (entre saturación y capacidad de campo) el volumen de suelo ocupado en cada etapa del desarrollo radical del cultivo. (12)

#### 4.1.3.1. Ventajas del riego por goteo.

Como ventajas importantes del riego por goteo se pueden mencionar las siguientes:

1. Se aumentan considerablemente los rendimientos agrícolas tanto en cantidad como en calidad, así como la uniformidad de frutos y fechas de recolección.
2. No es necesario efectuar ningún trabajo de nivelación del terreno ya que éste método no provoca pérdidas de agua por escurrimiento superficial evitándose los problemas de erosión y manteniendo la fertilidad de los suelos.
3. Permite un buen manejo de suelos arenosos, en cuanto a riego y fertilización.
4. Los nutrientes en solución se pueden introducir a la red de riego correctamente dosificados y en función de las necesidades del cultivo.
5. No existe ninguna posibilidad de interferencia en la aplicación del riego o fertilizantes por vientos y otro factor meteorológico, además de que no entorpece las labores del cultivo, del control de plagas y enfermedades, de cosecha por lo que ésta puede realizarse sin problemas en el momento más oportuno.
6. Permite aprovechar fácilmente el uso de aguas con altos contenidos de sales solubles, debido a las condiciones de baja tensión a la que se encuentra retenida el agua en el suelo.

#### 4.1.3.2. Desventajas:

1. Debido a su alto costo de inversión inicial, únicamente debe utilizarse en cultivos altamente remunerativos como hortalizas y frutales.
2. Debe de dársele un mantenimiento continuo al equipo de filtración a manera de evitar el taponamiento de los goteros.

3. Los materiales fertilizantes que se apliquen con el agua de riego, deben ser altamente solubles a fin de evitar incrustaciones en tuberías y goteros.
4. Para el buen funcionamiento del riego por goteo, se requiere de personal capacitado en la operación y mantenimiento del sistema.

#### 4.1.4. Factores relacionados con el riego.

##### 4.1.4.1. Infiltración

La infiltración es el movimiento de agua desde la superficie del suelo hacia abajo, que tiene lugar después de una lluvia o de un riego. La facultad de un suelo para permitir el paso del agua a su través recibe el nombre de permeabilidad, que depende del número de poros, así como su tamaño y de su continuidad. Un gran número de poros y unos poros grandes y continuos favorecen la permeabilidad. La cantidad de agua que se infiltra en el suelo depende de la velocidad de infiltración, que está íntimamente ligada con la permeabilidad. (9)

Una propiedad de los suelos, de gran importancia para los regantes, es la velocidad a la que el agua percola o se filtra por ellos. La velocidad de filtración es normalmente mucho mayor al principio de un riego o lluvias que varias horas después y esta influida por las propiedades del suelo y por el gradiente de humedad. (10)

El agua que se aplica a los suelos arenosos, de estructura granosa o gruesa, percola tan rápidamente hacia el interior, que la superficie el agua puede descender varios centímetros en una hora. En los suelos arcillosos con textura fina se acumulara en el suelo con muy poca filtración aparentemente durante varios días. Entre estos extremos se encuentran los ideales de la velocidad de filtración. (10)

#### 4.1.4.2. Métodos para determinar la velocidad de infiltración.

Existen diversos métodos, pero el más usado en suelos en los que se establecen sistemas de riego por fajas, compartimientos cerrados, aspersión y goteo es el método del cilindro infiltrómetro, el cual consiste en verter agua en un tubo cilíndrico colocado sobre el terreno y medir en tiempos sucesivos la disminución de la altura de agua vertida en el cilindro. El agua penetra con profundidad en el área de terreno correspondiente a la base del cilindro, pero también se extiende lateralmente, lo que origina un resultado erróneo por exceso. Para evitar esto, se dispone de otro tubo cilíndrico de mayor diámetro concéntrico que el anterior y se vierte agua también en el espacio comprendido entre los dos cilindros.

De este modo el agua de los dos recipientes penetra al mismo tiempo evitándose la filtración lateral de agua lo que indica la velocidad de infiltración con más exactitud. (9)

##### 4.1.4.2.1. Modelos de infiltración:

Muchos modelos matemáticos han sido desarrollados para describir el flujo general de medios porosos, particularmente la infiltración vertical. Las ecuaciones de infiltración pueden separarse en tres categorías:

1. Modelos basados en relaciones generales para flujo en medios porosos.
2. Ecuaciones fundamentales en la suposición de un modelo de suelo simplificado.
3. Aquellas basadas en el ajuste con datos constantes (ecuaciones empíricas)

Dentro de estos el más utilizado es el modelo de Kostiakov – Lewis por ajustarse muy bien a la mayoría de las practicas de riego. El modelo se basa en que la velocidad de infiltración decrece con el tiempo y se expresa. (17)

$$I = K \cdot t^n \text{ ----- Ec. 1}$$

Donde:

$I$  = Velocidad de infiltración (cm/hora)

$K$  = Parámetros que representa la velocidad de infiltración cuando el tiempo es 1 minuto.

$n$  = Parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo.

La infiltración básica ( $I_b$ ) es la velocidad de infiltración que permanece más o menos constante es decir cuando la variación de la lámina infiltrada respecto al tiempo es muy pequeña, se obtiene a través de la siguiente expresión.

$$I_b = K (-600 n)^n \text{ ----- Ec 2}$$

Donde:

$I_b$  = Infiltración básica (cm/hora)

$K$  y  $n$  = Parámetros obtenidos de las ecuaciones Kostiakov – Lewis.

#### 4.1.4.3. Evapotranspiración:

El uso consuntivo, o sea la evapotranspiración, es la suma de los términos:

- a) Transpiración; es el agua que penetra a través de las raíces de las plantas y es utilizada en la construcción de tejidos, emitida por las hojas y reintegrada a la atmósfera, y
- b) Evaporación; es el agua evaporada por el terreno adyacente, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas. (10)

El agua consumida, llamada a veces agua de evapotranspiración, incluye el agua aprovechada por la transpiración de la planta, en su desarrollo, así como la que se evapora del suelo y la de precipitación interceptada por el follaje. (6)

El agua retenida, estando el suelo en capacidad de campo, es la que puede utilizar la planta para la constitución de sus órganos, tejidos y para su transpiración; pero parte de dicha agua se evapora desde la superficie del suelo, con mayor rapidez cuando más largo es el día y más sol haga. Al conjunto de estas pérdidas de agua retenida (planta + evaporación) se le conoce como evapotranspiración. (7)

#### 4.1.4.3.1. Métodos para el calculo de evapotranspiración:

Hay varios métodos para determinar la cantidad de agua consumida por los cultivos y la vegetación natural. Los problemas que surgen son numerosos independientemente del método empleado. Varias investigaciones han estudiado en que medida la temperatura, la humedad, la velocidad del viento, la presión de vapor y la radiación solar influyen sobre la evapotranspiración. Ha sido Penman, en Inglaterra el que ha realizado un análisis más completo utilizando diversas variables climáticas, mientras otros se han basado en las temperaturas, por un lado Thornwaite, para las regiones húmedas del este de los Estados Unidos y, por otro Lowry y Johnson, así como Blaney y Criddle para la parte árida del occidente de los Estados Unidos. (10)

El método de Blaney y Criddle es el que mejor se adapta a condiciones áridas; esta formula relaciona valores reales de evapotranspiración, con la temperatura madia mensual "t" y el porcentaje mensual de horas de brillo solar "p". (9)

Este método se basa en la siguiente expresión:

$$ETr = (Kg) (F) \text{-----} \quad Ec 3$$

Donde:

Etr = Evapotranspiración real ( mm/mes)

Kg = Coeficiente global de ajuste que depende del cultivo.

f = n

F =  $\sum f_i$

f = 1

Donde:

f = Factor de evapotranspiración mensual, el cual se calcula con la formula:

$$f = p (8.13 + 0.4875 t)$$

Donde:

P = Porcentaje de horas luz con respecto al total anual.

t = Temperatura promedio mensual.

El servicio de conservación de suelos introdujo un factor de corrección "K" en función de la temperatura media mensual (Kt) y del estado de desarrollo del cultivo (Kc.) por los que:

$$K = Kt \times Kc.$$

Donde:

$$Kt = 0.03144 (t) + 0.2396$$

Kc = Factor del cultivo que varia en función a lo largo del ciclo vegetativo.

t = Temperatura media mensual en grados centígrados

#### 4.1.4.4. Calidad del agua para riego:

El uso continuo e inadecuado de aguas de riego de calidad media o baja ha conducido a la transformación de millones de hectáreas de tierras fértiles en improductivas como consecuencia de una acumulación excesiva de sales. Este proceso se conoce como salinización secundaria o antropogénica. (4)

De las características del agua de riego va a depender la selección del tipo de gotero y medio filtrante. En el caso de contener sólidos suspendidos y/o en solución (contaminantes orgánicos e inorgánicos), se deben conocer perfectamente sus características para poder seleccionar correctamente el sistema de filtrado, y el tratamiento del agua adecuado para evitar problemas de obstrucciones, tanto en la tubería como en las demás partes del sistema. (12)

Los parámetros de mayor importancia son los siguientes:

- Conductividad eléctrica: Directamente relacionada con el grado de salinidad.
- Relación de adsorción de sodio: Indica el riesgo de alcalinización.
- Contenido de carbonatos y bicarbonatos: Provocan problemas de taponamiento por incrustación al precipitarse dentro del sistema.

#### 4.1.4.4.1. Principales componentes y parámetros del agua de riego.

Las principales sales presentes en las aguas comúnmente utilizados son los cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio y potasio. El sodio también es un componente común en todas las aguas. El análisis de agua determina los niveles de los principales aniones ( $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$  Y  $\text{NO}_3$ ), y cationes ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ ), así también el pH, la conductividad eléctrica y la relación de adsorción de sodio (RAS). (12)

#### 4.1.4.4.2. Estado del agua en el suelo:

Desde el punto de vista de su utilización por las plantas cabe diferenciar los siguientes estados del agua en el suelo. (9)

- Saturación:

Un suelo esta saturado cuando todos sus poros están ocupados por agua. Esta situación se presenta después de una lluvia copiosa o un riego abundante, o cuando existe un estrato impermeable a poca profundidad. Cuando a un suelo saturado se le deja drenar, el agua sobrante pasa al subsuelo por la acción de la gravedad. El agua eliminada de esta forma, que no es retenida por el suelo se le llama agua gravitacional.

- Capacidad de campo.

Cuando el suelo ya no pierde agua por gravedad se dice que esta a capacidad de campo.

En esta situación el agua ocupa los poros pequeños y el aire ocupa una gran parte del espacio de los poros grandes. La cantidad de agua que puede retener un suelo a la capacidad de campo, depende sobre todo, del tamaño de los macro poros, por cuyo motivo depende mas de la textura que de la estructura.

- Punto de marchitamiento:

A partir de la capacidad de campo, el agua de suelo se va perdiendo progresivamente por evaporación y absorbida por las plantas; llega el momento en que las plantas ya no pueden absorber toda el agua que necesitan y se marchitan irreversiblemente. Se dice entonces que el suelo ha alcanzado el punto de marchitamiento.

#### 4.1.4.4.3. Expresión de la humedad del suelo:

Con fines de riego es conveniente expresar la humedad aprovechable como una lamina de agua (en cm.), que el suelo puede retener para uso del cultivo entre capacidad de campo (CC) y punto de marchites permanente (PMP), y se expresa asi: (17)

$$LHA = \frac{(CC - PMP) * Da * ZR}{100} \dots\dots\dots Ec \ 4$$

donde :

LHA= lamina de humedad aprovechable (cm.)

CC= capacidad de campo (%)

PMP= punto de marchites permanente (%)

Da= densidad aparente del suelo ( gr/cc)

ZR= zona radicular o estrato que cubren las raíces (cm)

El conocer la eficiencia de aplicación es de gran importancia para el diseño del sistema, ya que relaciona el agua necesaria para llevar el suelo a capacidad de campo y el agua que se pierde en esta

actividad; ningún sistema aplica el agua con 100% de eficiencia, siempre habrá un desperdicio y esto hay que considerarlo en el diseño. Al calculo de esta lamina de riego que relaciona la eficiencia con la que se aplica el agua y la lamina de humedad aprovechable se le denomina lamina bruta de diseño y se expresa así: (17)

$$Lbd = \frac{LHA}{Eap} \dots\dots\dots Ec. 5$$

Donde :

Lbd = lamina bruta de diseño (cm.)

LHA= lamina de humedad aprovechable (cm.)

Eap = Eficiencia de aplicación (fracción decimal)

Además debe considerarse que en el diseño del sistema, para el manejo del cultivo no debe de esperarse que la lamina de riego aplicada sea consumida en su totalidad, por lo que debe considerarse un manejo permisible de humedad o umbral de riego lo cual constituye la lamina de riego neta a aplicar y se expresa así: (17)

$$LHRA= D.P.M * LHA \dots\dots\dots Ec. 6$$

Donde:

LHRA= lamina de humedad rápidamente aprovechable (cm)

D.P.M= déficit permitido de manejo (forma decimal)

LHA= lamina de humedad aprovechable (cm)

#### 4.1.4.5. Necesidades hídricas del cultivo.

##### 4.1.4.5.1. Riego según la apariencia del cultivo.

El aspecto del cultivo aporta ciertos indicios en cuanto a la época de iniciar el riego, sin embargo dicho factor es engañoso y puede variar según la etapa fenológica del cultivo. Un aspecto de marchitamiento

temporal durante las horas más calurosas del día a veces sugiere que el cultivo necesita mayor cantidad de agua, pero basar riego en este simple aspecto puede ser peligroso, ya que pueden intervenir otros factores que provoquen este fenómeno de marchitamiento y no solo puede ser la necesidad del riego. (6)

#### 4.1.4.5.2. Riego según la determinación de humedad del suelo.

El mejor y más eficaz método para determinar el momento de inicio del riego es medir el nivel de humedad del suelo. (6)

Entre los diversos métodos que de dispone para determinar esta humedad están los siguientes:

#### 4.1.4.5.3. Método de muestreo de suelo.

Se muestrea el suelo a una profundidad de 0.30 m. en diferentes puntos del lote de riego; Posteriormente se pesan, se secan al horno y luego se vuelven a pesar. La diferencia del peso es la cantidad de humedad en el suelo la cual la podemos expresar por medio de la siguiente expresión: (6)

$$Ps = \frac{Psh - Pss}{Pss} * 100$$

Pss

Donde:

Ps = Contenido de humedad en base a peso de suelo seco (%)

Psh = Peso de suelo húmedo (gr)

Pss = Peso de suelo seco (gr)

#### 4.1.4.5.4. Instrumentos de medición

En el mercado existen diferentes instrumentos para medir la humedad del suelo, pero los de uso más común y generalizando en el área son los tensiómetros; estos instrumentos operan bajo el principio de que un vacío parcial se obtiene en una cámara cerrada a la salida del agua que atraviesa o pasa por un casquillo poroso de loam en contacto con el suelo, marcando la tensión con la que se encuentra la humedad del suelo

por medio de un manómetro de vacío, siendo la escala de estos en centésimas de atmósfera. La interpretación de estos datos están basados en la textura del suelo, el punto donde fueron instalados y principalmente el punto óptimo de requerimiento de riego en el cultivo de melón cuando estos indican una tensión entre 50 – 60 centibares en la escala del manómetro. (6)

#### 4.1.4.5.5. Método del tanque de evaporación:

El tanque de evaporación es un recipiente cilíndrico que tiene una escala debidamente calibrada en el centro y mide directamente la evaporación de agua que ocurre diariamente. (6)

Estos datos directos de evaporación se relacionan directamente con un factor de uso consuntivo del cultivo y un factor de corrección en la calibración del tanque regularmente usado el 0.7; al relacionar estos tres factores podemos obtener como resultado la evapotranspiración diaria que puede tener el cultivo, y en base a ello, se puede programar el momento oportuno del riego. (14)

La expresión para el cálculo de la evapotranspiración por medio del tanque evaporímetro es la siguiente.

Lectura evaporación del tanque (mm) X Kc X factor de ajuste del tanque (0.7) = evapotranspiración en mm.

#### 4.1.5. Componentes del sistema de riego por goteo.

##### 4.1.5.1. Sistema de filtrado:

Los filtros son el componente más importante dentro del sistema, pues evitan o reducen el riesgo de taponamiento de las líneas regantes o goteros por partículas sólidas transportadas en el agua de riego; este taponamiento es uno de los problemas más serios que enfrenta todo sistema de riego por goteo, provocando en algunos casos la pérdida total de los emisores. (2)

La selección del tamaño, número y clase de filtro depende principalmente de la calidad del agua que será utilizada (agua de pozo, río, estanque etc.) así como de la cantidad o caudal de agua que será conducido hacia las parcelas de riego. (2)

La calidad del agua así como el tipo de sólidos en suspensión que ésta contenga, definirán la clase de filtro que deberá usarse, así sea este hidrociclón (cuando las partículas en suspensión lo constituyen principalmente arenas finas), de grava o arena (cuando las partículas en suspensión pueden ser limos, materias orgánicas o algas y otra clase de contaminantes), estas dos clases de filtros constituyen lo que se denomina sistema de filtración primaria, y los filtros de malla o de anillos, que constituyen el sistema de filtrado secundario y siempre deben de colocarse después de cada sistema primario. (7)

#### 4.1.5.2. Equipo de bombeo

Existen diversos tipos de bombas las cuales se adecuan a las necesidades que se requieran, así como la fuente de agua que se vaya a utilizar, pudiendo ser estas centrifugas, sumergibles o bien turbinas de eje vertical; las primeras son utilizadas cuando la fuente de agua es superficial y la altura de succión no sea mayor de 10 m. (cuando está a 0 msnm) y las segundas se utilizan cuando la fuente de agua es producida por un pozo profundo o bien una fuente donde la profundidad de succión es mayor de 10 m. (9)

El requerimiento de la capacidad de un equipo de bombeo está determinado por dos factores básicos que son:

- La carga dinámica total (CDT) que es la sumatoria de todas las energías que tienen que ser vencidas para conducir un caudal establecido a un punto determinado y se define como: (9)

$$CDT = h_e + n_{fp} + 0.1 n_{fp} + A_n \dots \dots \dots \text{Ec. 7}$$

Donde:

CDT= carga dinámica total (m)

$h_e$  = carga requerida a la entrada del lateral (m)

$n_{fp}$  = pérdida de carga por fricción (m)

$0.1 n_{fp}$  = estimación de pérdidas menores (m)

$A_h$  = carga estática; diferencia de la altura entre la fuente de agua y el punto de distribución mas alto (m)

- El otro factor que determina la capacidad del equipo de bombeo esta dado por el caudal que sea requerido para satisfacer las necesidades de riego en su punto más crítico de operación. Conociendo estos dos factores, se puede proceder a calcular el HP (caballos de fuerza) que demanda este equipo para conducir el caudal establecido a un punto determinado; esto se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$HP = \frac{Q \times CDT}{76 \text{ eb\%}} \dots\dots\dots Ec. 8$$

Donde:

Hp= caballos de fuerza requeridos para operar la bomba.

Q = caudal del sistema (lts/seg.)

CDT = carga dinámica total (m)

Eb = eficiencia de la bomba

#### 4.1.5.3. Gotero o emisor.

Actualmente en el mundo existe una gran variedad de tipos de goteros, que han evolucionado para mejorar la uniformidad y lograr alta eficiencia de aplicación de agua a los cultivos.

Los goteros o emisores son la parte fundamental en riego por goteo, debido a que el diseño hidráulico la operación y el mantenimiento de los sistemas dependen de las características de funcionamiento hidráulico de los goteros. (12)

Los emisores son una de las piezas que más atraen a los diseñadores de estos sistemas, conociéndose más de un centenar de modelos. El tipo de emisor y el caudal deberán ser adecuados al tipo de suelo, agua y cultivo de que se trate. Se aconsejan emisores de 4 litros / hora en frutales y 2 litros / hora en horticultura, trabajando a 1 atmósfera de presión.

A un emisor se le debe pedir que tenga la calidad técnica necesaria en su fabricación para que resista en perfectas condiciones el tiempo que le ha calculado el fabricante y, especialmente, que a la presión de

trabajo del sistema tenga la salida de agua que es específica en su fabricación, de modo que el reparto del agua sea uniforme. (7)

#### 4.1.5.3.1. Régimen hidráulico de los goteros.

El régimen hidráulico de los goteros tiene una serie de consecuencias prácticas sobre su funcionamiento, por lo que hace la siguiente clasificación:

- De régimen laminar

En el flujo laminar las partículas de agua se mueven ordenadamente y a poca velocidad, disipándose la energía por fricción contra las paredes del conducto, por cuyo motivo estos emisores utilizan conductos largos y estrechos tales son los micro tubos, los tubos capilares y los goteros en forma de espiral; estos goteros tienen los inconvenientes de que su caudal varía mucho con los cambios de presión, lo que repercute en la uniformidad del riego; además son muy sensibles a las obstrucciones debido al pequeño diámetro del conducto y a la escasa velocidad del agua. (9)

- De régimen turbulento

En el flujo turbulento las partículas de agua se mueven desordenadamente y con rapidez, disipándose la energía por choque entre las partículas y por fricción contra las paredes del conducto, y estos ofrecen las siguientes ventajas con relación a los emisores de flujo laminar. Son más resistentes a la obstrucción, debido a que la velocidad del agua es mayor y tienen conductos más cortos y de mayor diámetro; además su caudal es independiente de la viscosidad y, por tanto no le afecta la temperatura del agua. (9)

- Emisores autocompensantes

Estos emisores tienen un dispositivo que permite variar el tamaño del conducto con relación a la presión de entrada. El dispositivo es, generalmente una membrana flexible que se deforma más o menos a

causa de la presión del agua. Están especialmente indicados en terrenos accidentados, en donde se producen importantes diferencias de presión. Tienen el inconveniente que las variaciones de temperatura afectan a la membrana flexible, por lo que al poco tiempo de funcionamiento pierden su auto compensación. (9)

#### 4.1.6. Mantenimiento del sistema de riego:

La vida útil del sistema de riego por goteo depende básicamente del mantenimiento que se le dé al mismo el cual siempre debe ser de forma preventiva. El sistema consiste de diferentes componentes principales del cuál cada uno requiere de distintas formas de programación para un mantenimiento adecuado, describiéndose a continuación los diferentes componentes que integran este sistema así como las principales recomendaciones para su adecuado manejo. (1)

##### 4.1.6.1. Laterales de riego con gotero incorporado.

Las mangueras de riego consisten de goteros integrados el cual la vida útil del mismo depende de la calidad del agua (contenido de carbonatos, bicarbonatos u otros elementos) así como de la cantidad y tamaño de las partículas en suspensión que esta contenga y que no sean atrapados por los sistemas de filtración y en ambos casos estos pueden causar un posible taponamiento y obstrucción del laberinto por donde pasa el agua hacia la salida del gotero. Para minimizar este posible taponamiento de los goteros es recomendable realizar el siguiente procedimiento. (1)

- Lavar después de cada riego las líneas de manguera de goteo; esto se hace quitando el tapón final instalado en cada línea, dejando fluir el agua hasta que esta tenga un aspecto menos turbio.
- Si el problema es adicionalmente el contenido de carbonatos, bicarbonatos u otros elementos, se deben realizar lavados con frecuencias no mayores de 30 días utilizando para ello ácido sulfúrico (debido a su bajo costo y efectividad), con una dosis de 100 a 150 cc de ácido por cada metro cúbico de agua que pase por el sistema, el cual se determina a través de la válvula volumétrica. La calibración del equipo se

realiza conociendo la capacidad de la bomba de inyección en cuanto al volumen que esta pueda aplicar en un tiempo determinado, y el volumen de agua que pasa por el sistema en ese tiempo determinado.

- Se deben realizar pruebas de caudal de gotero en la línea regante para determinar si existen variaciones de caudal entre la entrada del lateral y la salida del mismo, pues el porcentaje permisible no tiene una variación mayor del 5%. Si esta variación fuese mayor, esta nos dará indicios de taponamiento en la línea por lo que deberá revisarse detenidamente; además, también esta prueba de caudal nos indicara si la descarga del gotero a una presión determinada cumple con las especificaciones establecidas por el fabricante. Esta prueba se realiza colocando un recipiente abajo del gotero y recolectando el agua en un tiempo determinado, para posteriormente medirlo en un recipiente tipo probeta la cual nos indicara el volumen de agua que emitió el gotero en el tiempo que se determino la prueba. (1)

#### 4.1.6.2. Tubería de conducción principal y de distribución del agua en las parcelas.

Si la tubería que ha sido instalada en el sistema es de p.v.c. también debe lavarse periódicamente con una frecuencia similar a lavado de laterales con ácido (30 días) debido a que cuando el sistema se deja de operar las partículas en suspensión que pudiera traer el agua principalmente arcillas, se pueden sedimentar y formar una costra de sarro que eventualmente puede reducir considerablemente el diámetro de flujo de agua dentro de la tubería. (1)

#### 4.1.6.3 Mantenimiento de las válvulas hidráulicas reguladoras de presión y caudal.

Estas válvulas deben ser calibradas a la presión de operación de trabajo en cada riego que se efectúe, pues las mismas pueden descalibrarse debido a acumulaciones de sedimentos, rompimientos de empaques u oxidación de piezas y resortes; esta calibración se realiza por medio de un manómetro el cual se coloca a la salida de la válvula, para verificar si la misma esta trabajando a la presión deseada o bien hay que ajustarla, para evitar daños que puedan producirse por una sobre presión en las líneas de riego. (1)

#### 4.1.6.4 Sistema inicial de filtrado de grava.

La función principal de este filtrado es impedir el paso de materias orgánicas que se forman en aguas sin corrimiento (embalses), además de partículas suspendidas cuya cantidad puede variar a lo largo de la temporada de riego; este fenómeno es importante conocerlo, ya que permite conocer el régimen de limpieza que debe de dársele a los filtros. Este régimen se puede realizar de dos maneras en la operación del sistema.

(1)

- Se puede realizar la limpieza por medio de tiempos previamente establecidos el cual no es muy recomendable debido a que pueden suceder dos casos, siendo el primero que este se ensucie antes del tiempo establecido para realizar la limpieza o bien el segundo que se este efectuando limpieza sin que exista necesidad, la que provoca en ambos casos perdidas de energía que reducen la eficiencia de operación del sistema.
- La otra manera y la más recomendable es hacerlo por diferencia de presión entre la entrada de los filtros y la salida de los mismos existiendo un gradiente permisible de pérdida de presión el cual se ha establecido en 5 psi de diferencia, realizándose el lavado cuando la diferencia entre la entrada y la salida ya se perdieron 5 psi.
- Se recomienda además revisar periódicamente el nivel optimo de la grava dentro del filtro ya que al efectuar lavados hay una pequeña parte de la misma que se pierde.
- El rango optimo de presión para una eficiente operación y limpieza de los filtros debe tener como mínimo 40 psi y como máximo 80 psi.

#### 4.1.6.5 Sistema de filtración secundaria o de anillos.

Este sistema de filtración regularmente se instala después del sistema de filtración primario y el sistema de inyección de fertilizantes, y su función principal es detener partículas que no hayan sido retenidas por los filtros primarios o bien residuos de fertilizaciones que no se hayan solubilizado completamente. (1)

El mesh o diámetro en milésimas en que ha subdividido una pulgada cuadrada, nos marca la capacidad o tamaño del orificio de filtración, así pues dependerá del tamaño de partículas o tamiz que se determina en tamaños de 80 hasta 360 mesh, siendo el de mayor mesh el que filtre partículas más pequeñas, esto también dependerá del tamaño del laberinto del gotero el tamaño de partícula que este permita circular y que no cause taponamiento. (2)

#### 4.1.6.6 Mantenimiento del motor diesel.

Para un funcionamiento normal en la operación del sistema deben de dársele al motor los siguientes servicios de mantenimiento. (1)

Chequeo diario:

- Antes de arrancar el motor debe de revisársele:
- Nivel de aceite
- El agua del radiador
- El agua de batería
- La tensión de las fajas
- Nivel del combustible.

También debe de observarse que en el tablero de control estén en buen estado el marcador de la presión del aceite, de la temperatura, del voltaje, así mismo los mecanismos de seguridad que dan protección al motor en caso este sufra un sobre calentamiento, una alta o baja presión del aceite u otro tipo de desperfecto interno.

Servicios rutinarios:

Dentro de este tipo de servicio tenemos:

- Cambio de aceite del motor. En motores estacionarios accionados por combustible diesel, se debe cambiar el aceite cada 200 horas de trabajo, debiendo también cambiarse en este servicio el filtro del aceite.
- Cambio del filtro de diesel. Este debe realizarse cada 400 horas de operación.
- Depurador de aire. Este se recomienda una limpieza cada vez que se opere el motor y se recomienda remplazarlo cada 1000 horas de operación.

#### 4.1.6.7 Mantenimiento de la bomba de agua:

Para no tener problemas en la operación debe revisarse lo siguiente: (1)

- Nivel de aceite
- Ajuste de las estopas que lubrican el eje.

El cambio de aceite se recomienda efectuárselo cada 1000 horas de trabajo, además de un chequeo interno del impulsor, haciéndole a este una limpieza y ajuste del mismo.

#### 4.1.7 Relaciones suelo – planta

##### 4.1.7.1. Fertirrigación localizada:

Con este tipo de riego la fertilización es prácticamente una necesidad. En efecto, la fertilización convencional de toda la superficie de suelo sería muy ineficiente, debido a que la absorción de los elementos nutritivos requiere de un suelo húmedo que solo se puede encontrar de modo continuo en la zona regada por los emisores. La aplicación de los elementos nutritivos con el agua de riego localizado tiene una serie de grandes ventajas que se describen a continuación: (9)

- Asimilación eficaz de los nutrientes al estar localizado en la zona de máximo desarrollo radicular.
- Adecuación de la dosificación de elementos nutritivos a las necesidades del cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo.
- Excelente distribución de los elementos del cultivo en función de las características de desarrollo vegetativo.

Para llegar a optimizar estas ventajas es necesario primero determinar la fertilización que debe aplicarse tanto en cantidades totales de nutrientes, como su distribución a lo largo del cultivo; con ello se aseguraría una máxima eficacia en su utilización sin provocar excesos no deseables para el medio ambiente, o bien deficiencias que limiten el rendimiento del cultivo, y de esta manera conseguir un desarrollo óptimo del cultivo. Para lograr esto, es necesario conocer una serie de factores relacionados directamente con la eficiencia de la fertilización los cuales se describen a continuación. (8)

#### 4.1.7.2. La fertilidad del suelo:

Como primer paso, antes de tomar una decisión de la fuente de fertilizante a utilizar así como de la cantidad que deba aplicarse, es necesario conocer primero la fertilidad del suelo, y la capacidad que tiene este para suministrárselo al cultivo en cada uno de los elementos nutritivos a lo largo del desarrollo del mismo. Para esto es necesario realizar previamente antes del establecimiento del cultivo un muestreo del suelo para su respectivo análisis físico – químico para conocer el estado nutrimental del suelo y sus principales características clasificando los datos obtenidos en dos tipos:

Los que miden una característica que se asocia con la disponibilidad de los nutrientes en el suelo: pH, capacidad de intercambio catiónico efectiva (CiCe), materia orgánica (M. O.), conductividad eléctrica (C.E), porcentaje de saturación de bases, porcentaje de sodio intercambiable, y cuya interpretación es directa al comparar con tablas que tienen validez universal. (8)

Los otros datos son aquellos que miden un índice de disponibilidad de un nutrimento en el suelo. Estos índices de disponibilidad son fracciones específicas del total de un nutrimento presente en el suelo. Entre estas se incluye: la fracción soluble (N-Nítrico, fósforo (P), Potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg.) cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), aluminio (Al) y sodio (Na); pudiendo obtenerse también la fracción fijada para algunos elementos como fósforo, molibdeno y potasio. Para que estos índices sean de utilidad, se deben relacionar de una manera definida con la cantidad que la planta puede absorber o con el crecimiento, rendimiento o respuesta de esta a la aplicación de un nutrimento. Esto indica entonces que el plan de manejo nutricional del cultivo depende básicamente de la demanda nutricional de este, el suministro que pueda hacer el suelo y la eficiencia de uso del fertilizante. (8)

#### 4.1.7.3. Requerimientos nutrimentales del cultivo:

La importancia de los macro-elementos como el Nitrógeno (N), el Fósforo (P), el Potasio (K), así como el Calcio (Ca), Azufre (S) y el Magnesio (Mg), consiste en conocer básicamente en que etapa de desarrollo fisiológico la planta hace de cada uno de los nutrientes más necesario para su desarrollo normal y productivo. Por lo tanto el programa de fertilización diseñado para la temporada de cultivo deberá basarse en la etapa de desarrollo fisiológico que se encuentre la planta para satisfacer el requerimiento que en cada una de ellas tenga el cultivo (estado vegetativo, floración, cuajado de flor, fructificación y llenado de fruto), esto es significativamente importante, pues en cada una de estas etapas la planta es más exigente con cada uno de los diferentes nutrientes. (8)

Es importante tener en cuenta que en los programas de fertilización no solo se toman en cuenta las necesidades del cultivo sino también los balances nutrimentales, los cuales también varían de acuerdo a la etapa de crecimiento del cultivo y a la demanda de calidad del producto; este balance nutrimental no solo debe ser para los macro-elementos N – P – K sino también para los elementos secundarios y los micro-elementos. (5)

Estudios realizados en Israel por la compañía de fertilizantes Haifa Chemicals LTD, han determinado que una relación adecuada según la etapa de desarrollo del cultivo puede ser como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Relación de NPK según estado fenológico de crecimiento.

FASE DE DESARROLLO	DURACION DIAS	ESTADO FENOLOGICO DE CRECIMIENTO	RELACION N - P2 O5 - K2O
1	21-28	Enraizamiento y Desarrollo Vegetativo	1 - 1 - 1
2	7-14	Floración y cuajado del fruto	2 - 1 - 3
3	21-28	Crecimiento del fruto	2 - 1 - 3
4	10-18	Maduración a primer cosecha	2 - 1 - 4
5	40-52	De cosecha hasta el final.	2 - 1 - 4

Además se determinó una demanda neta en Kg/ha de nutrimentos del melón por semanas que se detalla en el cuadro 2.

Cuadro 2. Demanda de N,P,K, Ca. y Mg semanalmente, en Kg/ha por el cultivo del melón.

Nutriente	Semanas			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Nitrógeno	150-220	50-120	205	246
Fósforo	50-75	15-25	23	78
Potasio	180-250	50-200	160	448
Calcio	120-180	70-100		
Magnesio	30-60	20-40		

La mayor extracción de nutrimentos ocurre de 4 a 6 semanas después de plantado.

Basados en esta demanda neta de nutrimentos en Kg./ha se han dado algunas recomendaciones en base a estudios realizados que se describen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Recomendaciones de N, P y K (Kg/ha) en algunos países para el cultivo del melón.

NUTRIENTE	Chile	Europa	California USA	Israel	México
Nitrógeno	150-250	150-200	136	235	220
Fósforo	50-150	150-200	67	132	160
Potasio	100-300	200-250	60	335	300

En la figura 6 A del apéndice se ilustra la curva de aplicación de nutrientes según el desarrollo vegetativo del cultivo.

#### 4.1.7.4. Importancia de los macro - elementos dentro de un programa de ferti-irrigación.

##### 4.1.7.4.1. Nitrógeno

Los diferentes trabajos de investigación que han realizado para conocer los efectos de este elemento, han determinado que el mismo es requerido en mayor proporción que cualquier otro de los elementos esenciales, únicamente a excepción del Potasio (K). (7)

La cantidad de Nitrógeno que el suelo aporta en una explotación intensiva de cultivo es muy pequeña, por lo que debe considerarse muy detenidamente las adiciones al cultivo dentro de un programa de fertilización. (7)

Otra de las fuentes alternas que pueden proporcionar Nitrógeno es la atmósfera, el cual solo puede ser utilizado bajo proceso de fijación como lo son la lluvia, los relámpagos, etc. de una forma utilizable por la planta (amoniacal o nítrico) pero también en cantidades no significativas que suplan las necesidades de este elemento para un buen desarrollo del cultivo.

Ahora bien, la importancia dentro de un programa de fertilización con nitrógeno (N) es conocer precisamente el momento en que la planta tiene mayor demanda de este. Algunas investigaciones realizadas dentro del cultivo de melón determinan que la mayor demanda de este elemento comienza cuando el cultivo tiene de 3 a 4 hojas verdaderas, teniendo mayor demanda cuando entra de la etapa de floración a fructificación cuando el fruto ha alcanzado un tamaño de 5 a 13 centímetros, pero también requiere de él aunque en mínimas cantidades hasta la cosecha. (5)

Dentro de estos trabajos de investigación han establecido un rango de demanda de nitrógeno (N) en el cultivo de melón para su desarrollo de 110 a 220 Kg/ha sin que esto tenga un efecto negativo. Señalado además que una deficiencia o exceso de este elemento en el cultivo pueden crear una planta más susceptible al estrés climático, una mayor susceptibilidad a enfermedades y a un bajo desarrollo vegetativo como principales efectos.

Algo muy importante que se debe tomar muy en cuenta es que en la aplicación de cada elemento debe considerarse no solo el momento en que la planta haga de este más necesario sino tomar en cuenta la interacción o proporción con que este elemento sea aplicado con el resto de nutrientes.

Podemos contar como ejemplo la aplicación de una alta dosis de nitrógeno en forma individual puede causar problemas al agudizar una deficiencia de calcio (Ca), por lo que sería correcto al efectuar fertilizaciones con nitrógeno (N) acompañarlas con una fertilización de Calcio (Ca) para contrarrestar estos efectos negativos. (7)

#### 4.1.7.4.2. Fósforo

Todas las investigaciones realizadas en el campo agrícola referente a este elemento señalan que el mismo es esencial para el crecimiento de las plantas junto con el nitrógeno (N) y el Potasio (K), (estos dos nutrientes son absorbidos en mayores cantidades que el fósforo por las plantas) y su limitación incide directamente en un bajo desarrollo y productividad. (7)

El fósforo es un elemento muy importante al estar presente en el proceso de transformación de energía solar en alimentos, fibras, aceites, jugando un papel clave en la fotosíntesis, metabolismo de azúcares, división y crecimiento celular, transferencia de información y desarrollo temprano de raíces y tallos, contribuyendo en algunas plantas crear resistencias a algunas enfermedades. (7)

La absorción de este elemento por las plantas es una forma de ion ortofosfato, encontrándose el mismo en forma estable en los suelos, siendo su contenido en los mismos de bajo a mediano. Esta misma forma estable del fósforo (poco móvil) resulta de su baja solubilidad, lo que causa efectos en su disponibilidad para las plantas. Esta disponibilidad depende de los factores como el pH del suelo, la cantidad de minerales arcillosos, aireación, compactación, contenido de agua del suelo y temperatura. Dadas estas condiciones es que deban considerarse las fertilizaciones con fósforo al suelo ayudando a disminuir el efecto de la no disponibilidad por los procesos de fijación del mismo. (5)

Las investigaciones coinciden que el momento de mayor demanda de este elemento es en la primera etapa de desarrollo fisiológico cuando se inicia el desarrollo de raíces y tallo, aunque también juega un papel importante en la formación de semillas, por lo que aun en cantidades menores que al inicio el cultivo requiere del fósforo en todo su ciclo de vida.

#### 4.1.7.4.3. Potasio:

Una característica muy importante de este elemento es que esto no forma parte de ningún compuesto dentro del desarrollo fisiológico de las plantas como por ejemplo el nitrógeno interviene en la síntesis de proteínas, el fósforo en la transformación de energía, el calcio en la formación de paredes celulares y

asegurar una división celular normal, etc. Lo que hace el potasio es regular muchos procesos esenciales como por ejemplo: la activación de enzimas, la síntesis de almidón, eficiencia del uso del agua, etc. (7)

La mayoría de suelos contienen este elemento en grandes cantidades, sin embargo solo una pequeña cantidad (alrededor del 2-4%) del potasio se encuentra disponible para las plantas en un ciclo de cultivo: esto se debe a que la mayoría de potasio (K) está en forma no disponible fijado o atrapado en los minerales del suelo. (7)

Es por esta razón que deben de adicionarse dentro de un plan de fertilización cantidades adecuadas de este elemento (poco mayores a las necesidades reales del cultivo) con la finalidad de asegurar la disponibilidad del mismo.

El rol principal que le atribuye al potasio son los efectos sobre tamaño, forma, color, sabor del fruto y dureza de la corteza. (5)

Aunque el potasio también lo utiliza la planta desde su inicio del desarrollo, se ha determinado que las exigencias nutritivas de este elemento en el cultivo son mayores cuando se inicia la floración y cuajado hasta el crecimiento y desarrollo del fruto.

#### 4.1.7.5. Importancia de las fertilizaciones foliares en los cultivos.

Cuando se habla de fertilizaciones foliares, estas las podemos clasificar en dos partes. (7)

- Fertilizaciones foliares que contengan elementos mayores con nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio.
- Fertilizaciones foliares que contengan elementos menores como Hierro, Boro, Zinc, Cobre, Molibdeno, Magnesio, Cobalto, Cloro.

En algunos casos podemos encontrar en la mayoría de productos foliares que contengan los elementos mayores y los menores juntos.

Cuando nos referimos a los elementos mayores, la mayor parte o bien su totalidad las plantas las tomen directamente del suelo: foliarmente estas aplicaciones solo cubren una pequeña parte de alguna deficiencia

que el cultivo puede presentar. Estos no representan una diferencia significativa en el incremento de la producción al ser aplicaciones foliares. (7)

Ahora bien cuando nos referimos a fertilizaciones foliares con micro-elementos. Estos deben de estar presentes dentro de un programa de fertilización de un cultivo.

Aunque parezcan insignificantes el rol que juegan estos micro-elementos inciden directamente en un desarrollo fisiológico normal del cultivo.

Estos micro - elementos, la mayoría no pueden ser tomados directamente del suelo por las plantas, ya que estos están presentes en cantidades tan pequeñas que son influidos por materias orgánicas y otros factores: por eso es que la mayoría de estos micro-elementos deben de ser aplicados a la planta de forma foliar. (7)

Como papel secundario los elementos menores o micro-elementos tienen cierto efecto en crear una planta más resistente a las enfermedades, teniendo el elemento cobre (Cu) mayor participación en este proceso.

#### 4.1.7.6. Análisis químico de la planta:

- Análisis de toda la parte aérea de la planta.

Los análisis de toda la parte aérea de la planta proporcionan información de la concentración de los elementos en los tejidos de ésta y son de utilidad cuando son relacionados con la producción de materia seca. (8)

- Análisis de hojas u otros órganos de referencia:

Este es el más importante de ambos análisis, pues nos permite evaluar directamente el estado nutricional de la planta y la efectividad de las prácticas de fertilización en uso, e indirectamente la disponibilidad de nutrimentos por el suelo. Con ésta técnica es posible medir la concentración total de un elemento o de una fracción. Cualquiera de estas dos mediciones sirve para diagnosticar y evaluar el estado nutrimental de los cultivos y el suelo, pudiendo también ser éste usado como base para formular recomendaciones de fertilización. El órgano que se usa con mayor frecuencia es la hoja. El procedimiento de análisis requiere de

definiciones precisas en cuanto a la edad del cultivo, ubicación de la hoja que se va a muestrear. La interpretación de resultados requiere de una investigación previa para establecer niveles de referencia. (8)

#### 4.1.7.7 Aplicación de fertilizantes por el riego:

La fertilización es una parte integral del riego por goteo, por lo que también es llamado fertirrigación. La aplicación correcta de los fertilizantes es esencial para obtener altos rendimientos ya que la aplicación es directa en la parte donde se encuentra la mayoría de raíces que es lo que forma el bulbo de mojado. (2)

La aplicación del fertilizante puede ser en pequeñas, medianas y altas cantidades, dependiendo de factores prevalecientes como edad del cultivo, requerimiento nutrimental en cada fase de desarrollo, textura del suelo, factores ambientales y principalmente la tecnología desarrollada a través de la investigación de la dosis y concentración adecuada que se desee usar. (14)

Diferentes técnicas son conocidas para la aplicación de fertilizantes en los sistemas de riego los que pueden clasificarse en dos grupos dependiendo de sus principios de funcionamiento.

##### 4.1.7.7.1 Sistema de succión:

###### Tipo Vénturi.

Basado en el principio del tubo de Venturi, suministra el fertilizante con una concentración constante la cual depende del flujo del agua.

Las principales ventajas de este tipo de inyector de abono son:

- Pueden ser operados por la presión de agua que hay en el sistema, y no se necesita para ello ninguna fuente externa de energía.
- Los materiales con lo que son fabricados este tipo de inyectoras son de polipropileno, material altamente resistente cuando se aplican ácidos y otros productos que corroen.
- No se necesita un equipo sofisticado para su instalación y puede ser fácilmente operado.

#### 4.1.7.7.2 Bomba de fertilizante.

La solución fertilizante es preparada en un tanque de volumen variable (capacidad de volumen según necesidad y área de aplicación) desde donde se succiona el fertilizante y es inyectada en el sistema de riego. Este tipo de bomba utilizada es del tipo centrifuga y el caudal y presión de trabajo depende del sistema de riego y el área mínima que se desee hacer la inyección. Regularmente este tipo de bombas traen impulsores metálicos los cuales se corroen fácilmente, por lo que últimamente se han cambiado el material de fabricación de la bomba por polipropileno, el cual evita daños de corrosión provocados por lo ácidos y los fertilizantes.

Las principales bombas usadas con este tipo de inyección son marca Hypro, de los modelos 9203 C y 9203 P, con capacidades de inyectar un volumen de hasta 6,000 litros/hora a una presión dentro del sistema de 80 P.S.I.

#### 4.1.8 Análisis financiero del proyecto.

##### 4.1.8.1 Rentabilidad.

Todo proyecto con la finalidad de conocer si es o no viable, debe tomarse como punto de partida la rentabilidad que va a tener él mismo o sea un parámetro indicador que de en porcentaje la utilidad que se obtendrá por cada Quetzal o unidad monetaria invertido la cual podemos obtener por medio de la siguiente fórmula: (16)

$$R = \frac{IN}{CT} \times 100 \dots\dots\dots Ec \ 9$$

CT

Donde:

R = Rentabilidad

IN = Ingreso Neto

CT = Costo Total

En éste análisis intervienen todos los costos derivados del proceso de producción.

En éste análisis también interviene lo que es el ingreso bruto (IB) que es el promedio de la venta del producto (P) por el volumen de producto (VP) quedando así:

$$IB = P \times VP$$

De éste parámetro, se toma el ingreso neto (IN) como el resultado de restar al ingreso bruto (IB) el costo total (CT)

$$IN = IB - CT$$

## 4.2 Marco referencial

### 4.2.1. Descripción general del área:

#### 4.2.1.1. Localización Del Área:

El proyecto se encuentra localizado en la aldea La Palmilla, municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa. Esta limitado al norte por la Sierra de Las Minas, al sur con el municipio de Usumatlán, al este con el río Motagua y al oeste con la aldea Vega del Cobán.

#### 4.2.1.2. Situación geográfica:

Se encuentra a 14 grados 59 minutos de latitud Norte y 89 grados y 47 minutos de longitud Oeste y respecto al meridiano de Greenwich; su altura en metros sobre el nivel del mar es de 320 y cubre una extensión superficial de 505 hectáreas.

#### 4.2.1.3. Vías de acceso:

El proyecto se localiza en el kilómetro 115 de la carretera CA-9 con ruta al Atlántico, asfaltada y transitable todo el tiempo, lo cual es de gran beneficio para la comercialización.

#### 4.2.1.4. Suelo:

Los suelos predominantes pertenecen a la serie Chicaj, Chiquimula, Teculután, Corti y Sinaneque, los que se caracterizan por ser poco profundos, mal drenados, desarrollados en climas secos sobre cenizas volcánicas, cementados de grano fino. Los suelos pueden ser aluvión no diferenciado con contenido de lodo y arena a lo largo de terrazas pluviales. (18)

#### 4.2.1.5. Clima:

La zona de vida se encuentra enmarcada dentro del bosque espinoso-seco sub-tropical. Thornwaite clasifica el área como clima cálido-seco con invierno benigno y seco con una vegetación de estepa. La precipitación media anual es de 615 mm. La temperatura máxima media mensual es de 34 grados centígrados y la mínima media mensual es de 21 grados centígrados.

Los datos registrados de temperaturas, horas luz y precipitación, en la estación tipo "B" ubicada en los campos de la planta empacadora de la compañía, se describen en los cuadros 10 A, 11 A y 12 A del apéndice.

Además ésta estación meteorológica también cuenta con un tanque de evaporación tipo "A" de gran utilidad en el cálculo de la evaporación.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. General :

- Describir los procesos metodológicos empleados en el uso y manejo del sistema de fertirriego por goteo y el uso del acolchado plástico en la producción de melón tipo cantaloupe en el área del municipio de Usumatlán, Zacapa.

### 5.2. Específicos :

- Describir el mecanismo mediante el cual se desarrolla el proceso de diseño del sistema de riego por goteo.
- Describir el proceso adecuado para el óptimo mantenimiento y operación del sistema de riego.
- Describir los factores que se deben tomar en cuenta para la implementación de un adecuado programa de fertirrigación en el cultivo de melón.
- Describir los requerimientos nutrimentales y la importancia de los mismos en el desarrollo del cultivo de melón.
- Describir los procesos más relevantes sobre el uso del acolchado plástico en el cultivo de melón.

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 Aspectos relacionados con el agua:

#### 6.1.1 Fuente de agua:

La fuente de agua es superficial y proviene del río "Bco. Colorado" el cual desciende de la montaña sierra de las minas. De aquí son derivados 377.43 m<sup>3</sup>/hr hacia el embalse o tanque principal de captación de 10,875 m<sup>3</sup>, con dimensiones de 75.0 m. de longitud, 58.0 m. de ancho y 2.5 m. de alto. Uno de los objetivos principales de este embalse es precipitar los sedimentos que puedan ser arrastrados por el agua, lo que ocasionaría el constante taponamiento de los equipos de filtración lo que provoca pérdida de energía y la interrupción del flujo constante de riego.

#### 6.1.2 Calidad del agua para riego:

Con la finalidad de conocer la calidad del agua con fines de riego, se tomo una muestra de la fuente de agua y se envió al laboratorio para su análisis y de esta forma determinar si se encuentran los niveles adecuados, en exceso o deficientes de los principales aniones ( $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{CL}^-$  y  $\text{NO}_3$ ), y cationes ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^{+}$  y  $\text{K}^{+}$ ), así también el pH, la conductividad eléctrica y la relación de adsorción de Sodio (RAS).

Con base en los datos obtenidos en el laboratorio descritos en el cuadro 1A del apéndice, se determinó que el uso del agua con fines de riego es adecuada, clasificada la misma dentro del grupo C1S1, teniendo únicamente cuidado con algunos elementos como el Bicarbonato que en un momento dado la acumulación del mismo podrían causar problemas de taponamiento, por lo que debe realizarse el lavado constante del sistema, pudiendo utilizar en algunos casos productos como el ácido sulfúrico, ácido fosfórico o ácido nítrico.

## 6.2 Diseño hidráulico del sistema

Con fines de diseño, es necesario conocer algunos factores que guardan relación directa con las necesidades hídricas del cultivo, y se describen a continuación:

### 6.2.1 Evapotranspiración:

Este calculo da la pauta para determinar la lámina de reposición que hay que aplicar al cultivo en un determinado periodo de tiempo.

En él calculo de la evapotranspiración, se utiliza la fórmula de Blaney-Criddle, la cual es más utilizada en zonas donde las condiciones son áridas, como sucede en el presente estudio; esta formula relaciona valores reales de evapotranspiración, con la temperatura media mensual "t" y el porcentaje mensual de horas de brillo solar "P".

De este modo evapotranspiración mensual se calculo sustituyendo valores en la ecuación 3 y los datos climatológicos usados fueron los reportados por la estación tipo A del INSIVUMEH ubicada en la Fragua, Zacapa, que se muestran en el cuadro 12A del apéndice.

$$ETr = (Kg) (F)$$

Donde: ETr = evapotranspiración real mm/mes.

El calculo de la evatranspiración se determino para los meses críticos de marzo, abril y mayo. Se determino una evapotranspiración critica de 2.92 cm. (29.20 mm) en 7 días para la tercera semana del mes de abril, lo que diariamente significa 4.17 mm.

Los cálculos realizados así como los resultados se describen en el cuadro 2A del apéndice.

Se considera la semana 7 como critica con una evatranspiración de 2.92 cm (29.20 mm).

### 6.2.2 Calculo de las láminas de diseño del riego :

El calculo de la lámina de humedad aprovechable se realizo con base en la ecuación 4 sustituyendo los datos reportados por el laboratorio.

La textura del suelo predominante en las parcelas es Franco – arenoso; las muestras de suelo fueron tomadas a una profundidad de 0 – 60 centímetros, y los resultados se describen en el cuadro 4.

Cuadro 4. Características físicas e hídricas de los suelos donde se cultivó el melón.

Profundidad	Textura	CC	PMP	Da (gr./Cc)	Pr
0-60	Franco-Arcillosa	14	6	1.5	60 cm.

$$LHA = \frac{(14 - 6) * 1.42 * 60}{100}$$

$$LHA = 6.81 \text{ cm.}$$

Considerando una eficiencia en el sistema riego del 90%, se obtuvo una lámina bruta de diseño con base en la ecuación 5 así:

$$Lbd = \frac{6.81}{0.9}$$

$$Lbd = 7.56 \text{ cm.}$$

La lámina neta de diseño se estimó para un déficit permisible de manejo del 30 % la cual se calculo con base en la ecuación 6, siendo la lámina neta estimada la siguiente:

$$LHRA = 0.30 * 7.56$$

$$LHRA = 2.27 \text{ cm.}$$

### 6.2.3 Frecuencia de riego

Es factor básico que debe tomarse en cuenta con fines de diseño, ya que este nos permite determinar la frecuencia con la que debe regarse el cultivo cuando la demanda de agua sea máxima.

El tamaño y número de parcelas o turnos de riego debe ser adaptado a la condición que permita volver al punto de partida en el riego del área total, al tener la máxima evapotranspiración y la recuperación al aplicar la lámina de humedad rápidamente aprovechable.

Es entonces la frecuencia de riego la relación entre la lámina de riego aplicada y la evapotranspiración crítica, para recuperar esta humedad.

$$\text{Frecuencia de riego} = \frac{\text{lámina de riego aplicada (mm)}}{\text{Evapotranspiración crítica (mm/día)}}$$

$$\text{Frecuencia de riego} = \frac{22.70 \text{ mm}}{4.17 \text{ mm/día}} = 5.44 \text{ días}$$

Con fines de diseño se tomara una frecuencia máxima de 5 días.

#### 6.2.4 Velocidad de infiltración:

Es un parámetro importante que debe tomarse en cuenta con fines de diseño, pues es determinante conocer con que velocidad penetra el agua a través del suelo en un tiempo determinado. En el presente estudio se determino la velocidad de infiltración por el método del doble cilindro para lo cual se seleccionó un área característica del terreno. Los parámetros de la ecuación de infiltración se calcularon por medio del modelo Kostiakov-Lewis descritos en la ecuación 1.

$$I = K.t^n$$

Con los datos registrados en el campo y luego de realizado el trabajo de gabinete, se determinaron los siguientes valores, descritos en el cuadro 3 A del apendice.

$$K = 14.5244$$

$$n = -0.4786$$

Estos valores al sustituirlos en la ecuación 2 de infiltración básica tenemos:

$$I_b = k (-600 n) n$$

$$I_b = 0.96 \text{ cm/hr.}$$

### 6.2.5 Especificaciones del diseño:

Con los factores de prediseño obtenidos anteriormente como lo son la evapotranspiración, láminas de riego, frecuencia del riego y el cálculo de la velocidad de infiltración, se procedió a determinar el tipo de emisor o gotero adecuado así como la distribución de laterales, tuberías de conducción y distribución, válvulas reguladoras de presión y caudal, así como el equipo principal de filtración y bombeo.

#### 6.2.5.1. Selección del emisor o gotero:

Con el dato obtenido de infiltración básica de 0.96 cm/hr, se inició el análisis y selección de un emisor cuyo caudal no fuese mayor que la capacidad de infiltración del suelo, esto con el objetivo de no causar encharcamientos o lavados del mismo; con los datos técnicos especificados por las compañías fabricantes de equipos de goteo se determinó que el emisor que más se ajustaba a las necesidades de diseño era el siguiente:

Marca:	Typhoon	Separación de goteros:	0.50 m.
Caudal:	1.75 litros/hora	Long. Máxima lateral:	120 m.
Presión de Trabajo:	15 psi	Espesor de pared:	25 milésimas.

Con el caudal emitido por cada gotero, se procedió a determinar el caudal demandado por manzana de la siguiente manera:

Separación de laterales:	1.80 m.
Separación de goteros:	0.50 m.
Caudal del emisor:	1.75 litros/hora

$$\text{Metros lineales/Mz.} = \frac{\text{área (m.)}^2}{\text{Separación lateral}}$$

$$\text{Metros lineales/Mz.} = \frac{7,000 \text{ (mt)}^2}{1.80 \text{ (mt)}} = 3,888 \text{ m./Mz.}$$

$$\text{Caudal por manzana} = \frac{\text{metros lineales} * \text{caudal emisor}}{\text{Separación de goteros}}$$

$$\text{Caudal por Mz} = \frac{3,888 * 1.75 \text{ lts/hr}}{0.5} = 13,602 \text{ Lts/hr}$$

$$\text{En m.}^3\text{/mz.} = \frac{13,602 \text{ Lts/hr} * 1 \text{ mt}^3}{\text{Mz. } 1000 \text{ lts.}} = 13.60 \text{ m.}^3\text{/hora/mz.}$$

#### 6.2.5.2. Determinación del número de turnos de riego en el sistema:

La determinación del número de turnos de riego dentro del diseño del sistema es fundamental, pues este debe ser adaptado a la condición de volver al punto de inicio del riego sin sobrepasar el límite de la frecuencia máxima permisible, y en un tiempo adecuado de riego que permita la recuperación de la lámina neta de reposición.

Para el cálculo de este número de turnos de riego se tienen los siguientes datos:

- Frecuencia de riego crítica: 5 días
- Caudal del emisor: 1.75 litros/hora.
- Lámina aplicada por el emisor con separación de laterales a 1.80 m. y goteros a 0.50 m.:  
2.0 mm/hr.
- Tiempo necesario para aplicar una lámina de reposición de 24 mm: 12 horas.
- Número de horas de operación por día: 18 horas

$$\text{Número de turnos} = \frac{(\text{frecuencia riego}) * (\text{No. De horas operación diarias})}{\text{No. Horas aplicar lámina de neta de reposición.}}$$

$$\text{Número de turnos} = \frac{(5) * (18)}{12} = 7.5 = 7 \text{ turnos}$$

### 6.2.5.3. Distribución de las áreas de riego con base en el número de turnos:

El área de estudio, consta de 101.41 manzanas (71ha.), la cual se distribuyo en 7 parcelas o turnos de riego, en áreas similares con poca diferencia significativa.

Conociendo el área de cada turno de riego se procedió a determinar el caudal demandado por cada uno, tomando en cuenta que una manzana de riego demanda 13.60 m<sup>3</sup>/h.

Conociendo el caudal que demanda cada turno, se procedió con el calculo hidráulico de conducción principal y distribución de la tubería para determinar los diámetros adecuados para cada uno de ellos.

El cuadro 4 A indica la distribución de áreas y caudales.

Posteriormente se procedió a subdividir el área de cada turno en parcelas optimas de manejo y operación, así como la optimización de caudales que influyen directamente en el costo del diseño según el dimensionamiento de la red de distribución.

Con base en lo anterior se tomara el caudal del cuadro 4 A como el de conducción principal hacia la sección, y el del cuadro 5 A como el de distribución a nivel de válvula de parcela.

Para el calculo de los diámetros óptimos de conducción y distribución se utilizo la formula de Hazen – Williams que se define como:

$$H_f = 1.131 \times 10^9 (Q/C)^{1.852} \times (D)^{-4.872} \dots\dots\dots Ec \quad 10$$

Donde:  $H_f$  = pérdida de carga por fricción en tubería sin salida (m)

$Q$  = caudal de la tubería ( m.<sup>3</sup>/hora)

$D$  = diámetro del tubo (mm)

$C$  = coeficiente de fricción de acuerdo al material del tubo.

$L$  = longitud de la tubería (m.)

En el presente estudio se seleccionó el material de la tubería de PVC (polivinil cloruro) por su costa bajo, alta durabilidad, flexibilidad, y por su fácil manejo y adaptabilidad. El coeficiente de fricción “C” para este tipo de tubería se ha definido con un valor de = 150.

Paralelamente al calculo de la perdida de carga por fricción se debe conocer la velocidad con que se conduce el flujo de agua dentro de la tubería, lo cual se determino a través de la siguiente expresión:

$$V = Q / \text{área.}$$

Donde:

V = velocidad (m./seg.)

Q = Caudal (m.<sup>3</sup>/hora)

A = área (m.<sup>2</sup>)

Se ha determinado que la velocidad adecuada del flujo en la tubería debe estar en un rango de 1.50 – 2.0 m./seg., debido que velocidades mayores producen turbulencia en el flujo, lo que en algún momento puede causar desperfectos en el sistema.

Se tomo como base del diseño un sector critico, ( área mas alejada de la estación de bombeo y con diferencia de elevación), con fines de diseño son estos sectores los que se toman como prioritarios, ya que es en base a ellos que se distribuye la tubería de conducción principal.

Los datos de Hf y velocidad se enumeran en el cuadro 6 A

Antes de llegar a determinar el diámetro que aparece en la columna 5 del cuadro 6A se probaron diferentes diámetros (125, 150 mm) pero se descartaron por ser muy alta su Hf, así como la velocidad del flujo de agua dentro de la tubería.

#### 6.2.5.4. Distribución de diámetro de tuberías a nivel parcelario:

Al llegar con tubería principal de conducción a la entrada de la sección, puede reducirse costos al ir disminuyendo los diámetros de tubería conforme esta se va distribuyendo en la parcela en la entrada de cada válvula o sub- parcela. Se tomara el turno 1 como ejemplo de esta subdivisión. Cuadro 7 A

También se puede observar en la figura 1A el diseño hidráulico del sector critico de riego.

### 6.3. Selección del equipo de riego:

En base al caudal crítico de diseño que es de 255.02 metros cúbicos/hora, se procedió a determinar el requerimiento de equipo.

#### 6.3.1. Selección del sistema de filtrado:

Tomando de base la fuente de agua que proviene de un embalse que es alimentado por el río Barranco Colorado, lo cual es propicio para la formación de contaminantes orgánicos (algas, bacterias y otros), además del arrastre de materias inorgánicas (arenas, limos y arcillas) se determinó que el tipo de filtro más adecuado para el tratamiento del agua era el de grava o arena.

El número de filtros necesarios así como el volumen de filtración de los mismos se determinó con base al volumen crítico necesario del diseño que es de 255.02 metros cúbicos/hora, con lo que determinó utilizar 6 filtros con capacidad cada uno de filtrar un volumen de 50 a 60 metros cúbicos/hora, dejando por seguridad un margen de filtración por alguna eventualidad. El filtro es marca ODIS, modelo 4363 de 36" de diámetro y se ilustra en la figura 2 A del apéndice.

##### 6.3.1.1 Filtración secundaria:

Para este sistema se selecciona el filtro de anillos de 140 mesh (número de orificios por pulgada local), determinándose el número de filtros y el tamaño de los mismos en base al volumen crítico de diseño de 255.02 metros cúbicos/hora, lo que dio como resultado la utilización de 4 filtros de 4" de diámetro marca ODIS, modelo 2504 con capacidad de filtración cada uno de 75 metros cúbicos / hora, y se ilustra en la figura 3 A del apéndice.

### 6.3.2 Determinación del equipo que impulsa el agua

#### 6.3.2.1 Selección del equipo de bombeo

Con base en la fuente de agua que se va a utilizar que es superficial y con una succión no mayor de 4 m. se determinó que la bomba mas adecuada que cumplía con los requerimientos de caudal y carga dinámica total (CDT) era del tipo de bombas centrifugas.

El caudal se determinó por medio del caudal critico de diseño del sistema que requería en su punto critico de operación 255.02 metros cúbicos/hora (70.8 litros/segundo)

La carga dinámica total (CDT) se determinó por medio de la sumatoria de las energías que necesitan ser vencidas, ecuación 7.

$$CDT = 24.4 \text{ mt } H_f (\text{perdidas por fricción}) + 15.3 \text{ m. (presión operación)} + 10 \text{ m.}$$

$$H_f (\text{sist. de filtración}) + 6.30 \text{ m. } H_f (\text{perdidas menores})$$

$$CDT = 55.99 \text{ m.}$$

Al sustituir estos valores en la ecuación 8 :

$$H_p = \frac{70.77 * 55.99}{76} = 52.13$$

Este valor indica que la bomba necesita para cumplir con las condiciones de caudal y carga dinámica total considerando un 100% de eficiencia de 52.13 pH; en el mercado la bomba que más se ajusta a las condiciones de trabajo tiene un 82% de eficiencia lo que da un resultado:

$$H_p = \frac{52.13}{0.82} = 63.58$$

82% Ef.

Esto indica que para que esta bomba cumpla con las especificaciones requeridas necesita de 63.58 Hp al eje de la bomba. Se seleccionó la bomba marca Cornell, modelo 4 HH, a 1,800 rpm con 82% de eficiencia. La curva de eficiencia de la bomba se ilustra en la figura 4 A del apéndice.

### 6.3.2.2 Selección del motor:

Tomando en cuenta que la bomba tiene una demanda de caballos de fuerza al eje de la misma de 63.58, se determinó el Hp requerido por el motor para cumplir con las condiciones necesarias de trabajo de la bomba así:

$$\text{Hp motor} = \frac{63.58}{0.90} = 70.6$$

Con base en las condiciones existentes en el área (no hay energía eléctrica), se optó por seleccionar un motor de combustión interna accionado por combustible diesel, marca Jonh Deere, modelo 4039D de 4 cilindros y que en su punto óptimo de operación tiene una eficiencia del 90 %.

En la figura 5 A del apéndice se puede apreciar la curva de eficiencia - rendimiento del motor, y en la figura 7 A se observa el esquema del sistema típico de riego de todo el proyecto.

### 6.3.3 Necesidades de riego del cultivo

Con fines de diseño se estableció una evapotranspiración crítica para los meses de marzo, abril y mayo, por medio del método de Blaney – Criddle de 2.92 cm. (29.20 mm), para la tercera semana de abril, lo que da como resultado una evapotranspiración diaria de 4.17 mm.

Con base en el cálculo de la lamina bruta del diseño que es de 5.68 cm y una lamina neta de reposición de 2.27 cm, se estableció una frecuencia de riego crítica de 5.44 día; esta frecuencia de riego es teórica, y no establece un patrón para la ejecución de un programa o calendario de riego, y se usa únicamente con fines de diseño del sistema y como parámetro que indica el tiempo teórico permisible que soporta la planta sin causar efectos negativos en el desarrollo luego de aplicada la lamina neta de reposición, por lo que al tomar la decisión de cuando regar hay que auxiliarse de otros métodos que den una mejor información en este aspecto como los siguientes:

#### 6.3.4 Apariencia del cultivo

La percepción del campo es un indicador que da la pauta para determinar si es o no necesario la aplicación del riego; sin embargo no es del todo confiable ya que existen otros factores que dan la apariencia de necesidades hídricas y no tienen relación con este aspecto de marchitamiento tal es el caso de enfermedades vasculares, poblaciones altas de nematodos en las raíces, u otros factores, por lo que basados por esta simple observación es un factor que ayudara pero no determina la necesidad de aplicar riego.

#### 6.3.5 Uso de tensiómetros

El tensiómetro es un instrumento muy confiable entre los distintos tipos de aparatos existentes para determinar la humedad del suelo; su manejo es sencillo y su lectura es directa, midiendo la tensión de la humedad del suelo por medio de un manómetro de vacío el cual tiene una escala de 0 a 100 expresado en centíbares. Lo adecuado es el uso de dos tamaños de tensiómetros, siendo estos de 30 cm ( 12 pulgadas), y de 46 cm (18 pulgadas), ubicados en la parte del suelo más representativa del lote de riego, determinandose un rango optimo de tensión de humedad del suelo, para la aplicación del riego, de 60 a 70 centíbares, cuando el cultivo a alcanzado un estado vegetativo de tres semanas después del trasplante hasta una semana antes de la cosecha.

#### 6.3.6 Uso del tanque evaporímetro

Es otro método que ayuda a determinar el momento adecuado del riego, tomando como base el registro de la medida diaria de la evaporación del tanque, el que luego se multiplica por un factor de corrección de 0.7 y luego según el desarrollo vegetativo de la planta por el valor de Kc (uso consuntivo) en ese momento de desarrollo, lo cual da un valor de evapotranspiración diaria, que al relacionarlo con la lamina de riego aplicada da la pauta para determinar el momento oportuno de riego.

Todos estos métodos usados en forma individual dan una indicación del comportamiento de la humedad del suelo y requerimiento del riego por el cultivo, pero lo más adecuado es integrar estos métodos indicados anteriormente y de esta forma tomar la mejor decisión de cuando regar.

## 6.4 Mantenimiento del sistema de riego

### 6.4.1 Filtro de grava o arena

Este tipo de filtro trae en su instalación un dispositivo o válvula para realizar el autolavado, sin necesidad de parar el sistema y evitar atrasos en la operación del riego, realizando el lavado de la siguiente manera:

- Cuando exista un diferencial de presión entre la entrada y salida de los filtros superior a 5 psi, entonces se procede a lavar y de esta manera disminuye la pérdida de energía por suciedad.
- Se calibra la válvula de salida de la tubería de drenaje del autolavado para evitar pérdidas de grava o arena, en esta operación.
- Se revisa continuamente el nivel adecuado de la grava dentro del filtro para que este efectúe una filtración eficiente del agua.

### 6.4.2 Filtros de anillos o malla.

Este tipo de filtro es muy sensible al taponamiento por lo que se revisa constantemente el diferencial de presión permisible 5 psi entre la entrada y salida, y se realiza de la siguiente manera:

- Se cierra la válvula de paso del agua en ambos sentidos, lo que hace que la malla o anillo quede independientemente disponible para el lavado el cual es de forma manual y no automático como en el caso de los filtros de grava; se cepilla la parte externa del filtro hasta que este no tenga indicios de suciedad, colocándolo nuevamente en su lugar.

### 6.4.3 Manguera de riego con goteo

Para evitar taponamientos por suciedad y partículas que no hayan sido retenidas en los sistemas el sistema de filtrado, se procede de la siguiente manera:

- Se lava la manguera después de cada dos riegos como mínimo, destapando las puntas de la manguera, y dejando fluir el agua hasta que esta ya no se observe turbia.
- Al termino de la temporada o ciclo de cultivo se realiza un lavado con ácido sulfúrico para el mantenimiento de los goteros, usando 125 cc de ácido por cada metro cúbico de agua bombeada la cual se registra en la válvula volumétrica. La calibración del equipo, se realiza conociendo la capacidad de la bomba de inyección en cuanto al volumen que esta aplica en un tiempo determinado en relación al volumen de agua que pasa por el sistema en ese mismo tiempo.

### 6.4.4 Mantenimiento del motor diesel

Al motor antes de ser arrancado se le realiza el siguiente chequeo.

- Nivel de agua
- Nivel de aceite
- Nivel del diesel
- Prueba de los dispositivos de seguridad del motor que lo apagan inmediatamente al ser detectado algún desperfecto.
- Servicio cada 200 horas  
Los servicios realizados cada doscientas horas de servicio es el cambio de aceite, el filtro del aceite, el filtro del diesel.
- Servicio cada 10,000 horas  
Este servicio es mayor y es una reparación completa del motor donde se revisan pistones, anillos, empaque de la culata u otros accesorios.

#### 6.4.5 Mantenimiento de la bomba de riego

Las bombas de agua principalmente el de acción centrífuga como se ha instalado en el presente proyecto, uno de los problemas más comunes que ocurren es la entrada de aire por el estopero o lubricador del eje, por lo que debe de revisarse constantemente. Además se revisa en cada operación el nivel de aceite, ajuste del eje y ajuste de la succión para evitar entradas de aire.

#### 6.5 Aplicación de fertilizantes a través del sistema de riego:

##### 6.5.1 Selección del fertilizante:

Los compuestos fertilizantes que aportan en forma directa algún nutriente mineral a la planta deben tener las siguientes características:

- Alta solubilidad en agua.
- No debe poseer sustancias insolubles que no puedan separarse o filtrarse con facilidad.
- No formar sustancias de baja solubilidad que precipiten en el sistema.
- No deben contener elementos secundarios tóxicos que tiendan a contaminar el suelo.
- No dañar los diferentes componentes del sistema de riego.
- Su movilidad en el suelo.

Teniendo en cuenta las condiciones expuestas anteriormente, se distinguen dos tipos de productos principales que son: Productos fertilizantes sólidos fácilmente solubles y los productos líquidos; en ambos casos se deben de tomar las precauciones adecuadas con la compatibilidad de los mismos, por lo que es mejor realizar las aplicaciones en forma individual de cada producto.

Tomando en cuenta estas características se seleccionaron fertilizantes agrícolas que aporten los elementos necesarios para el desarrollo del cultivo sin causar efectos negativos de la siguiente manera:

#### 6.5.1.1. Nitrogenados

La selección de los fertilizantes nitrogenados se realizó con base en las cualidades que presenta cada producto en cuanto a solubilidad, aporte del elemento, estabilidad en el suelo, precio y facilidad de manejo, siendo los principales productos:

- Urea: Es un producto orgánico de síntesis que tiene un contenido de nitrógeno de 46%, todo en forma ureica o amidica, es de muy alta solubilidad (1.033 gr/litro), este producto no saliniza el agua por lo que resulta muy apropiado en el caso de agua o suelos salinos, y su presentación viene en forma perlada o cristalina.
- Sulfato de amonio: Es un producto bastante soluble, que contiene nitrógeno amoniacal (21% N) y azufre (23% S), tiene la desventaja que si el agua tiene alto contenido de sulfatos, puede originar problemas de salinidad; su reacción en el agua es ligeramente acidificante.
- Nitrato de amonio: Es de muy alta solubilidad, y aporta un 33.5% de nitrógeno en forma amoniacal el 50% y en forma nítrica el otro 50%, y es uno de los productos que aportan nitrógeno más usados en este cultivo.

#### 6.5.1.2. Fosfatados

Una de las principales características de los fertilizantes fosfatados es su poca movilidad en el suelo y en el caso de los que se encuentran en estado sólido su baja solubilidad.

- Fosfato monoamónico (MAP): El fosfato monoamónico soluble tiene una elevada riqueza de nutrientes (12 % N y 62% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), con un pequeño problema de solubilidad (661 gramos/ litro), tiene bajo efecto salinizante y con reacción ácida.
- Ácido fosfórico: Este es un producto importante en el aporte de fósforo, teniendo la ventaja sobre el fosfato monopotásico, que este viene en forma líquida, además de que es más móvil en el

suelo. El porcentaje de fósforo que aporta es del 61 % de  $P_2O_5$ , y una densidad de 1.6; su reacción es muy acidificante por lo que su uso ayuda a reducir el pH del suelo y soluciones nutritivas.

#### 6.5.1.3. Potasicos :

- Nitrato de potasio: Este es un producto excelente para la fertirrigación, al aportar tanto nitrógeno (13% de N) como potasio (44 – 46%  $K_2O$ ), con el efecto sinérgico correspondiente; tiene una buena absorción de ambos elementos además que es altamente soluble.
- Sulfato de potasio: Contiene un 50% de  $K_2O$  y un 18.5% de azufre, su solubilidad es más baja que el anterior y tiene una reacción medianamente ácida, además es más salino que el nitrato de potasio.

#### 6.5.2. Análisis de suelo.

El análisis de suelo se realiza antes de la temporada de siembra y es de suma importancia para conocer el aporte nutrimental que en determinado momento pueda dar el suelo. Este se realiza en forma aleatoria en cada lote de riego y se obtienen resultados de los siguientes parámetros: pH, concentración de sales, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, y elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, zinc y sodio. En el presente estudio se realizó el análisis de suelo respectivo y se muestra en el cuadro 8 Á del apéndice

Con base en los resultados reportados por el laboratorio y la disponibilidad de los elementos del suelo a la planta, y conociendo el requerimiento nutricional del cultivo en todo su ciclo de desarrollo a cosecha, se realiza el balance de las aportaciones que de cada elemento sea necesario aplicar a través del fertirriego, así como la etapa de desarrollo que el cultivo tenga mas demanda de este.

### 6.5.3. Programa nutricional del cultivo.

El melón es muy exigente en cuanto a nutrición, el cual requiere en un ciclo de cultivo el aporte tanto del suelo como de la fertirrigación de las siguientes cantidades de elementos:

- **Nitrógeno:** Para un desarrollo adecuado del cultivo se ha determinado a través de la investigación en el área de estudio que requiere de 143 a 170 Kg/ha de nitrógeno el cual puede ser aplicado en forma de nitrato de amonio o urea, o bien por las aportaciones de nitrógeno que proporciona el nitrato de potasio. Aunque el nitrógeno es necesario en todo el ciclo de desarrollo del cultivo, se ha establecido la mayor demanda en la etapa que comprende del día 1 al 26, por lo que del total de nitrógeno programado se aplica el 75% en este periodo
- **Fósforo:** Para un desarrollo adecuado del cultivo se ha determinado a través de la investigación en el área de estudio que requiere de 100 a 150 Kg/ha. de fósforo, el cual se ha aplicado en forma de ácido fosfórico dadas las ventajas que éste presenta. La etapa de desarrollo que el cultivo tiene mayor demanda de este elemento se ha establecido del día 1 al 20, por lo que es en este periodo donde se aplica el 100% del fósforo programado.
- **Potasio:** Para un desarrollo adecuado del cultivo se ha determinado a través de la investigación en el área de estudio que requiere de 200 a 325 Kg/ha de potasio, el cual se ha aplicado principalmente en forma de nitrato de potasio por las ventajas que presenta éste producto. El potasio es necesario en todo el ciclo del cultivo, estableciéndose la mayor demanda del día 22 al 38, por lo que del 100% programado se distribuye de la siguiente forma: del día 1 al 22 se aplica el 30%, del día 22 al 36 el 60% y del día 36 al 44 el 10%.

#### 6.6. Uso de acolchado plástico:

El plástico se coloca en la cama de siembra en forma mecanizada, actividad que se realiza conjuntamente con la manguera de riego y la aplicación del biocida. Las principales características del plástico utilizado son

- **Color:** El color utilizado es el plateado en la parte de arriba y negro en la parte de abajo, debido que diversas investigaciones han demostrado que el color plateado ayuda a repeler insectos, principalmente mosca blanca, y negro para impedir el paso de luz y de esta forma evitar la germinación de malezas.
- **Espesor:** El espesor es otro aspecto importante que se toma en cuenta en la selección del plástico, debido que plásticos con espesores abajo de 1.0 milésimas permiten fugas al ambiente del biocida aplicado, principalmente cuando el modo de acción de este se gasifica, por lo que se utiliza el espesor de 1.15 milésimas.
- **Elasticidad:** Es otra característica importante debido que este debe tener flexibilidad para evitar roturas.
- **Ancho:** El ancho que se utiliza es de 52 pulgadas, ya que este permite una buena cobertura de la cama de siembra.
- **La cantidad de plástico que es utilizada para cubrir una hectárea de cultivo es de 5,550 metros lineales.**

#### 6.7. Análisis financiero del proyecto.

El análisis financiero del presente proyecto se determino por medio de la ecuación No. 9 y tiene una rentabilidad de 38.74% , lo que indica que es rentable ya que por cada unidad monetaria invertida en el mismo (expresado en quetzales) se obtiene una utilidad del 38.74%. Los costos de producción así como todos los ingresos para éste calculo se presentan en el cuadro 9 A del apéndice.

## 7. CONCLUSIONES.

- La tecnificación del riego, utilizando el método de riego por goteo, ha permitido hacer un uso más eficiente del recurso hídrico, el cual cada día a sido más limitado en esta región del país.
- El sistema de riego por goteo permite proporcionarle al cultivo el agua y la nutrición que este requiere simultáneamente en una misma operación, en forma localizada, permitiendo que sean ejecutadas otras labores agrícolas al mismo tiempo sin interferir con ellas.
- La vida útil del sistema de riego por goteo depende principalmente del mantenimiento y manejo de todos sus componentes.
- El uso del acolchado plástico permite mejorar considerablemente la calidad de la fruta exportable, al evitar el contacto directo de esta con el suelo, así mismo no permite el crecimiento de malezas que interfieran con el desarrollo normal del cultivo.
- El uso de fertilizantes altamente solubles en la fertirrigación permite que el cultivo tenga un aprovechamiento más eficiente del mismo.

## 8. RECOMENDACIONES.

- Se deben seguir implementando sistemas de riego por goteo, los cuales permitirán hacer un uso más eficiente de los recursos hídricos disponibles y tan limitados cada vez más en ésta región del país.
- Se debe de capacitar adecuadamente al personal que maneja y opera el sistema de riego debido a la diversidad de componentes que integran el mismo.
- Los productos fertilizantes utilizados en el sistema de riego deben tener alta solubilidad y que no formen precipitados para evitar taponamiento de los goteros.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. AGRIFIN (Col.). 1985. Manual de operación y mantenimiento del equipo de riego. Colombia, AGRIFIN. Boletín técnico no.1 p. 10-36.
2. ARMONI, S. 1984. El riego por goteo. Israel, Centro de Cooperación Internacional. p. 74-83.
3. ASGROW SEED COMPANY. (EE.UU). 1992. Informe sobre manejo de Cantaloupe. Kalamazoo, EE.UU. p. 1-16.
4. CANOVAS, J. 1982. Evaluación agronómica de suelos y aguas. España, Dirección General de Investigación y Capacitación Agraria. p. 30-56.
5. CASTELLANOS, J. 1994. Las Curvas de acumulación nutrimental en los cultivos hortícolas y su importancia en los programas de fertirrigación. México, INIFAP. p. 73-82.
6. ESTADOS UNIDOS. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. 1977. Servicio de conservación de suelos. Relaciones entre suelo – planta – agua. México, Diana. p. 30-66.
7. ESTEVE, J. 1986. Apuntes sobre riego localizado. Madrid, Instituto de Riego y Drenaje Agrícola. p. 71-76 89-104.
8. ETCHEVERS, J. 1995. Evaluación del estado nutrimental del suelo y de los cultivos ferti – irrigados. México, Colegio de Post - Graduados de Chapingo, Instituto de Recursos Naturales. p. 51-60.
9. FUENTES, J. 1990. Técnicas de riego. España, Instituto de Riego y Drenaje Agrícola. p. 37-42, 321-332.
10. ISRAELSEN, D.; HANZEN, V. 1979. Principios y aplicaciones del riego. 2 ed. Barcelona, España, Reverté. p. 242-245.
11. LEÑANO, F. 1974. Como se cultivan las hortalizas de fruto. España, Vecchi. p. 93-100.
12. MEXICO. CENTRO NACIONAL DE METODOS AVANZADOS DE RIEGO. 1987. Memoria del curso de riego por goteo. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. p. 29-133.

13. MONTES, A. 1989. Generalidades del cultivo de hortalizas. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. p. 15-20.
14. RAZURI, L. 1988. Riego por goteo. Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Serie de riegos y drenaje no. RD-37. p. 36-85.
15. ROBIEDO, F. 1981. Aplicación de los plásticos en la agricultura. España, Mundi – Prensa. p. 145-156.
16. SAMAYOA, E. 1992. Análisis de rentabilidad y la tasa marginal de retorno. AGRO; BOLETIN INFORMATIVO (Gua.) no. 3:4-5.
17. SANDOVAL ILLESCAS, J.E. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
18. SIMMONS, Ch.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Traducido por Pedro Tirado Sulsana. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1,000 p.

10. APENDICE

Cuadro 1 A. Características químicas y clasificación del agua de riego utilizada en el cultivo del melón, Usumatlán, Zacapa.

<b>PARAMETRO</b>	<b>RANGO ADECUADO</b>
pH = 8	pH normal = 5.5 - 7.0
C.E. = 1.75 ds/cm	Bajo = 0.1 - 0.25 ds/m.      Medio = 0.25 - 0.75 ds/m Alto = 0.75 - 2.25 ds/m      Muy Alto = > 0.25 ds/m
RAS = 1.09	Bajo = 0 - 10      Medio = 10 - 18 Alto = 18 - 26      Muy Alto = mayor de 26
Dureza = 2.60 ppm	Suave = 0 -100 ppm Moderadamente Dura = 100 - 150 ppm Dura = mayor de 150 ppm
<b>CATIONES</b>	<b>RANGO ADECUADO</b>
Calcio = 6.78 ppm	Calcio = 0 - 120 ppm
Magnesio = 5.80 ppm	Magnesio = 0 - 25 ppm
Potasio = 3.42 ppm	Potasio = 0 - 70 ppm
Sodio = 15.73 ppm	Sodio = 0 - 60 ppm
<b>ANIONES</b>	<b>RANGO ADECUADO</b>
Carbonatos = 12 ppm	Carbonatos = 0 - 5 ppm
Bicarbonatos = 91.5 ppm	Bicarbonatos = 0 - 40 ppm
Cloruros = 0.0 ppm	Cloruros = 0 - 70 ppm
Sulfatos = 0.0 ppm	Sulfatos = 0 - 900 ppm
<b>ELEMENTOS</b>	<b>RANGO ADECUADO</b>
Cobre = 0.01 ppm	Cobre = 0 - 2 ppm
Hierro = 0.28 ppm	Hierro = 0 - 20 ppm
Magnesio = 0.20 ppm	Magnesio = 0 - 20 ppm
Zinc = 0.01 ppm	Zinc = 0 - 0.5 ppm

**CLASIFICACION = C1 S1**

FUENTE: ANALAB

Cuadro 2 A. Determinación del calculo de la evapotranspiración usando el método de Blaney - Criddle, Usumatlán, Zacapa.

SEMANA	FRACCION SEMANAL	T° C	P %	T + 17.8/21.8	f	Kt	Kc	Et'	Et
1	1	29.42	1.89	2.16	4.07	1.16	0.47	2.23	1.85
2	1	24.56	1.86	1.94	3.6	1.01	0.53	1.92	1.59
3	1	28.14	1.84	2.1	3.86	1.12	0.62	2.68	2.22
4	1	25.71	1.84	1.99	3.66	1.09	0.73	2.73	2.26
5	1	26.3	1.85	2.02	3.73	1.06	0.81	3.2	2.65
6	1	27.2	1.56	2.06	3.82	1.09	0.8	3.33	2.76
7	1	28.8	1.89	2.13	4.02	1.14	0.77	3.52	2.92
8	1	25.6	1.85	1.99	3.67	1.04	0.66	2.51	2.08
								<b>22.12</b>	<b>18.33</b>

$$K' = 22.12/30.43 = 0.726$$

$$F. A. = Kg / K$$

$$F. A. = 0.60/0.726$$

$$F. A. = 0.83$$

Cuadro 3 A Determinación de la velocidad de infiltración por el método del doble cilindro, usando el modelo de Kostiakow - Lewis, Usumatlán, Zacapa.

TIEMPO	INTERVALOS DE TIEMPO (MIN)	TIEMPO ACUMULADO (MIN)	LECTURA (CMS)	DIF. EN LECTURAS (CMS)	INFILTRACION CM/HORA	LOG. INF.	LOG. T	SUMA LOG. I	SUMA LOG. T
09:16			13						
09:17	1	1	12.52	0.48	28.8	1.4593	0		
09:18	1	2	12.31	0.21	12.6	1.1003	0.301		
09:23	5	7	12.05	0.26	3.12	0.4941	0.845		
09:33	10	17	11.71	0.34	2.04	0.3096	1.2304		
09:48	15	32	11.24	0.47	1.88	0.2741	1.5051	3.6274	3.8815
10:08	20	52	10.825	0.415	1.245	0.951	1.716		
10:38	30	82	10.316	0.509	1.018	0.0077	1.9138		
11:38	60	142	9.62	0.696	0.696	-0.1573	2.1522		
12:38	60	1	9.015	0.605	0.605	-0.2182	2.3053		
13:38	60	262	8.25	0.765	0.765	-0.1263	2.4183	0.4669	10.5056

$$3.6374 = 5 \log K + n \cdot 3.8815$$

$$-0.4669 = -5 \log K - n \cdot 10.5056$$

$$\boxed{3.1705} \quad -n \cdot 6.6241$$

$$n = -3.1705/6.6241$$

$$\boxed{n = -0.4786} \quad K = 14.5242$$

Cuadro 4 A. Distribución de las áreas por turno y el caudal demandado en cada uno, Usumatlán, Zacapa.

TURNO	AREA (Mz.)	CAUDAL / (Mt <sup>3</sup> /h.)
1	13.63	211.94
2	14.02	219.56
3	13.86	215.52
4	16.40	255.02
5	13.27	206.34
6	16.21	252.06
7	14.02	218.01

Cuadro 5 A. Caudal demandado a la entrada de cada valvula de parcela, Usumatlán, Zacapa.

TURNO	AREA (Mz)	SUB-AREA (Mz)					CAUDAL / SUB AREA
		1	2	3	4	5	
1	13.63	3.4	3.4	3.4	3.4		52.98
2	14.02	3.5	3.5	3.5	3.5	3.28	54.89
3	13.86	3.46	3.46	3.46	3.46		53.88
4	16.40	3.28	3.28	3.28	3.28		51.00
5	13.27	3.31	3.31	3.31	3.31		51.58
6	16.21	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	50.41
7	14.02	3.5	3.5	3.5	3.5		54.50

Cuadro 6 A. Diámetro de conducción principal a la entrada de cada sección, Usumatlán, Zacapa.

1	2	3	4	5	6	7
TURNO	m³/h. caudal	m. long.	m. Ah	Ø mm.	m. HF	Vel (m/seg)
1	211.94	1220.00	2.30	200	24.40	2.180
* 2	219.56	520.00	1.50	200	6.24	1.450
* 3	215.52	630.00	1.65	200	7.25	1.520
4	255.02	750.00	4.30	200	13.50	1.830
5	206.34	980.00	4.60	200	11.76	1.710
* 6	252.02	1130.00	7.20	200	20.34	2.050
7	218.01	1086.00	8.30	200	19.54	2.020

Cuadro 7 A. Distribución de los diámetros de tubería de la entrada de la seccion a la última valvula de riego de la parcela, Usumatlán, Zacapa.

TURNO	Mz. AREA	m³/h. Caudal Entrada	Valvula No. 1				Valvula No. 2				Valvula No. 3			
			Q	Hf	VEL	Ø	Q	Hf	VEL	Ø	Q	Hf	VEL	Ø
1	13.63	211.94	158	7.57	3.58	125	105	10.53	3.76	100	52	2.86	1.81	100
1	13.63	211.94	158	3.11	2.50	150	105	3.55	2.37	125	52	11.60	3.23	75

Cuadro 8 A. Características químicas y físicas de los suelos donde se cultiva el melón, Usumatlán, Zacapa.

PARAMETROS		RANGO ADECUADO			
pH	6.9	5.5 - 7.2			
Concentración de sales (C.S.)	0.20 ds/m	0.2 - 0.8			
Materia Organica (M.O.)	0.017	2.0 - 4.0			
C.I.C.e	16.8 meq/100 ml	5.0 - 15.0			
Saturacion K	0.04	4% - 6%			
Saturacion Ca	0.64	60% - 80%			
Saturacion Mg	0.314	10% - 20%			
Saturacion a1+ H	0	< 20%			
Saturacion Na	0.006	< 5%			
ELEMENTO	CONC. Ppm (P/V)	NIVEL			RANGO ADECUADO
		BAJO	ADECUADO	ALTO	ppm (p/v)
Amonio	N-NH4	28.5	XXXXXXXXXXXXX		25 - 100
Nitrato	N-NO3	35.4	XXXXXXXXXXXXX		25 - 250
Fosforo	P	75.4	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		30 - 75
Potasio	K	261.6	XXXXXXX		300 - 500
Calcio	Ca	2152.7	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		2000 - 3000
Magnesio	Mg	634.1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		250 - 500
Cobre	Cu	9.6	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1 - 7
Hierro	Fe	140.2	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		40 - 250
Magnesio	Mn	192.8	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		10 - 250
Zinc	Zn	4.8	XXXXXXXXXXXXX		2 - 25
Aluminio	Al	< 810	X		< 100
Sodio	Na	< 5010	X		< 100
PORCENTAJE DE ARCILLA			15		
PORCENTAJE DE LIMO			14		
PORCENTAJE DE ARENA			71		
CLASIFICACION			FRANCO - ARENOSO		

FUENTE : Soluciones Analíticas

Cuadro 9 A. Costo de producción por hectárea para el cultivo del melón, Usumatlán, Zacapa.

<b>COSTO DE CAMPO:</b>			
MECANIZACION	Q	3,304.67	
RIEGOS Y NUTRICION VEGETAL	Q	4,386.17	
LABORES CULTURALES	Q	10,199.03	
PROTECCION VEGETAL	Q	7,295.53	
INVESTIGACION	Q	600.60	
ARRENDAMIENTO.	Q	2,145.00	
			Q 27,931.00
<b>COSTO DE PLANTA DE EMPAQUE</b>			
COSTO DE EMPAQUE	Q	4,131.03	
COSTO DE LOGISTICA	Q	216.59	
COSTO DE ESTIBA	Q	-	
COSTO DE TRANSPORTE	Q	1,730.09	
			Q 6,077.70
<b>COSTO ADMINISTRATIVO</b>	Q	1,034.46	Q 1,034.46
<b>COSTO FINANCIERO</b>	Q	4,201.87	Q 4,201.87
<b>COSTO TOTAL POR MANZANA</b>			Q 39,245.03
<b>INGRESO BRUTO (PxVP)</b>			Q 64,064.00
RENDIMIENTO POR HECTAREA 1,144 CAJAS			
PRECIO POR CAJA \$8.00 X T.C. Q.7.00			
<b>INGRESO NETO (IN=IB-CT)</b>	Q	24,818.97	
<b>RENTABILIDAD (R=IN/CTx100)</b>			36.75%

Cuadro 10 A. Temperaturas absolutas de máximas y mínimas, estación La Fragua, Zacapa. (INSIVUMEH)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ABS
1990	34.6	39.0	40.6	40.8	40.4	39.6	36.0	36.5	34.4	35.8	35.6	35.5	40.8
	17.0	16.6	18.0	19.6	20.0	21.0	20.4	20.4	20.0	15.0	18.0	14.0	14.0
1991	38.0	38.0	44.0	46.8	42.4	39.4	36.4	37.0	36.2	37.0	36.2	36.4	46.8
	16.5	12.0	15.0	18.8	21.0	21.6	20.0	20.0	19.0	19.5	14.0	15.0	12.0
1992	37.0	38.6	40.2	40.0	38.0	42.0	36.2	35.0	35.8	36.0	37.2	36.6	42.0
	16.0	11.4	19.0	19.4	13.4	21.5	20.0	20.5	20.5	20.0	18.5	13.0	11.4
1993	36.2	39.0	40.5	41.0	40.5	39.5	34.0	34.0	35.2	35.0	35.0	36.0	41.0
	13.0	13.0	14.8	18.0	20.8	22.0	20.0	20.8	20.6	20.5	16.6	12.0	12.0
1994			41.0	40.2	41.0	39.5	37.6	36.2	35.6	36.0			41.0
			14.0	20.0	20.0	20.5	20.5	20.0	20.4	18.4			14.0
1995	37.5	39.5	40.6	40.5	40.0	40.5	36.0	37.4	34.8	37.0	35.0	39.0	40.6
	15.0	14.5	15.5	20.0	21.0	22.0	20.0	20.5	21.0	20.0	15.5	18.0	14.5
ABS	38.0	39.5	44.0	46.8	42.4	42.0	37.6	37.4	36.2	37.0	37.2	39.0	46.8
	13.0	11.4	14.0	18.0	13.4	20.5	20.0	20.0	19.0	15.0	14.0	12.0	11.4
<b>MEDIA</b>	<b>25.5</b>	<b>25.5</b>	<b>29</b>	<b>32.4</b>	<b>27.9</b>	<b>31.3</b>	<b>28.8</b>	<b>28.7</b>	<b>27.6</b>	<b>26</b>	<b>25.6</b>	<b>25.5</b>	

Cuadro 11 A. Precipitación anual (mm.) estación La Fragua, Zacapa (INSIVUMEH)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	9.7	2.5	0.2	0.0	133.3	79.2	123.1	148.2	142.7	23.4	51.1	0.5	713.9
1991	9.2	0.0	0.0	3.2	76.8	197.9	73.7	99.8	71.8	46.1	8.0	0.0	586.5
1992	0.0	0.0	1.9	84.4	36.0	265.3	68.4	134.3	79.5	25.8	12.2	9.4	717.2
1993	1.2	0.4	0.8	15.1	77.0	261.1	103.2	161.1	125.2	37.9	6.6	0.0	789.6
1994	0.0	0.0	0.5	1.5	39.8	149.5	29.9	176.2	112.1	58.3	0.0	0.0	567.8
1995	0.0	1.5	1.3	105.9	73.2	108.8	78.0	220.5	200.6	102.9	0.0	3.6	896.3
<b>TOTAL</b>													<b>4271.3</b>
<b>PROMEDIO</b>													<b>711.88</b>

Cuadro 12 A. Horas de brillo solar, La Fragua, Zacapa. (INSIVUMEH)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990 - 1995	7.45	8.39	9.11	8.99	7.77	6.96	7.7	7.54	6.58	7.36	7.09	7.03

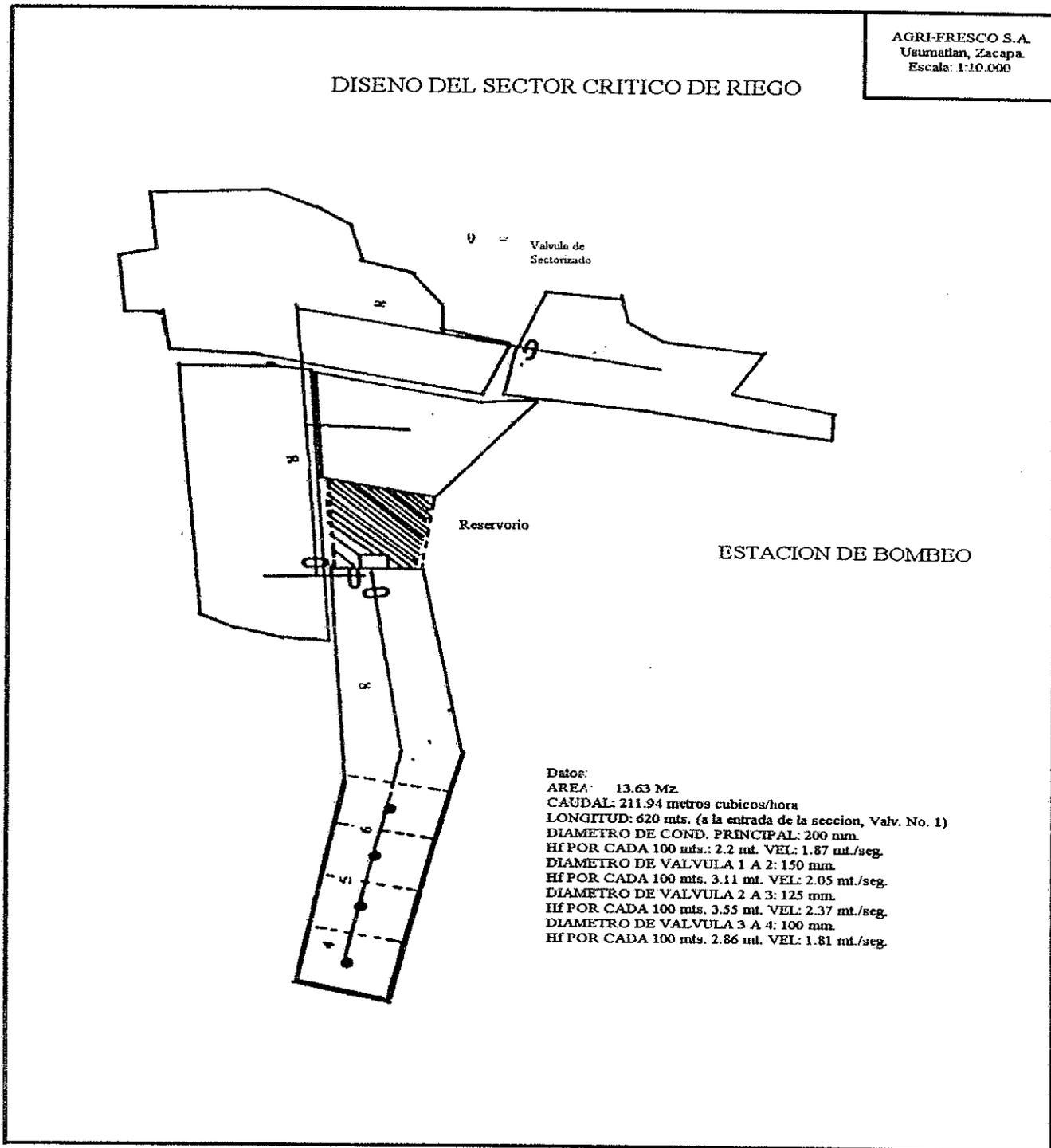


Figura 1 A: Diseño hidráulico del sector crítico de riego, Usulután Zacapa.

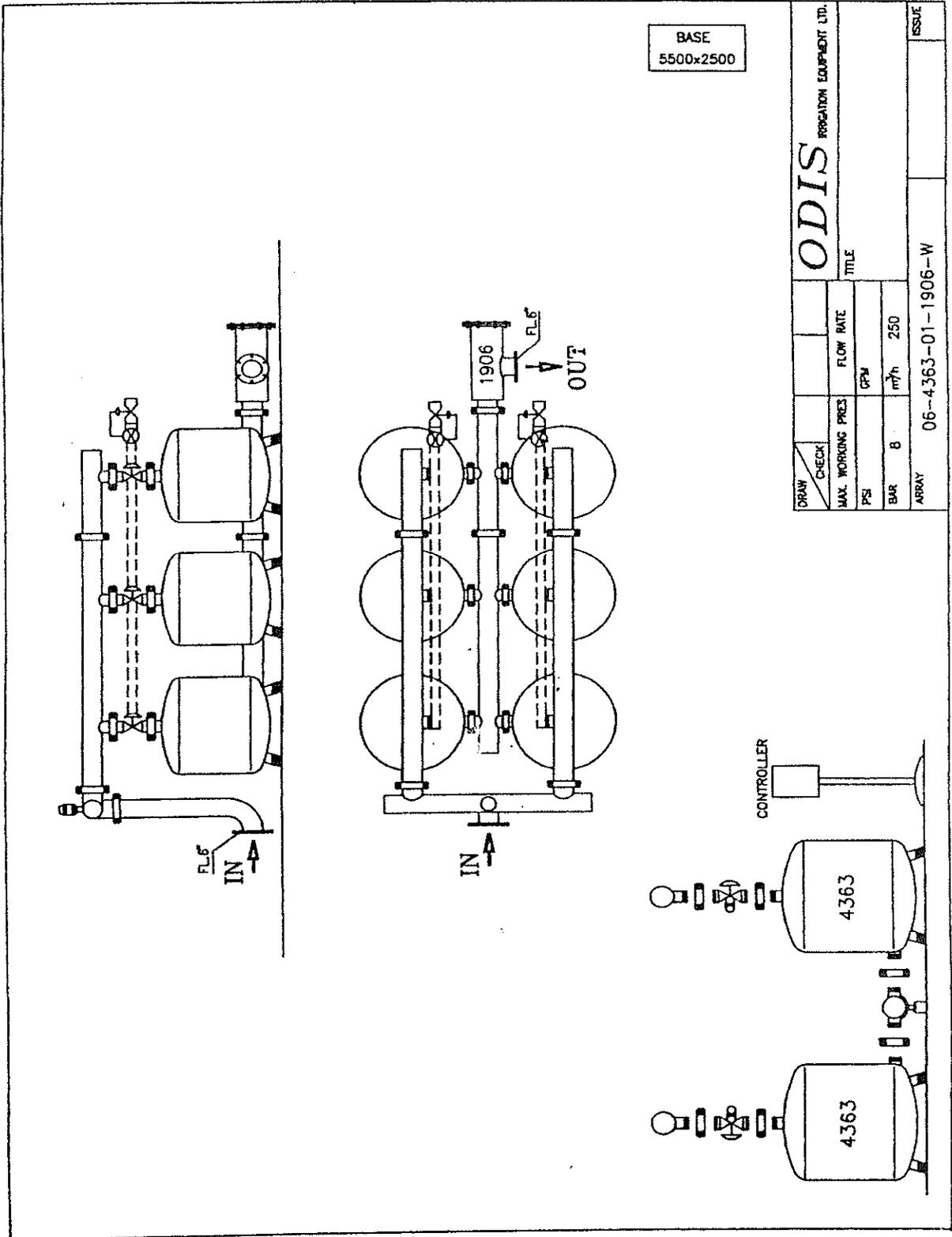


Figura 2 A: Filtros de grava utilizados en el sistema de riego Usumatlán, Zacapa.

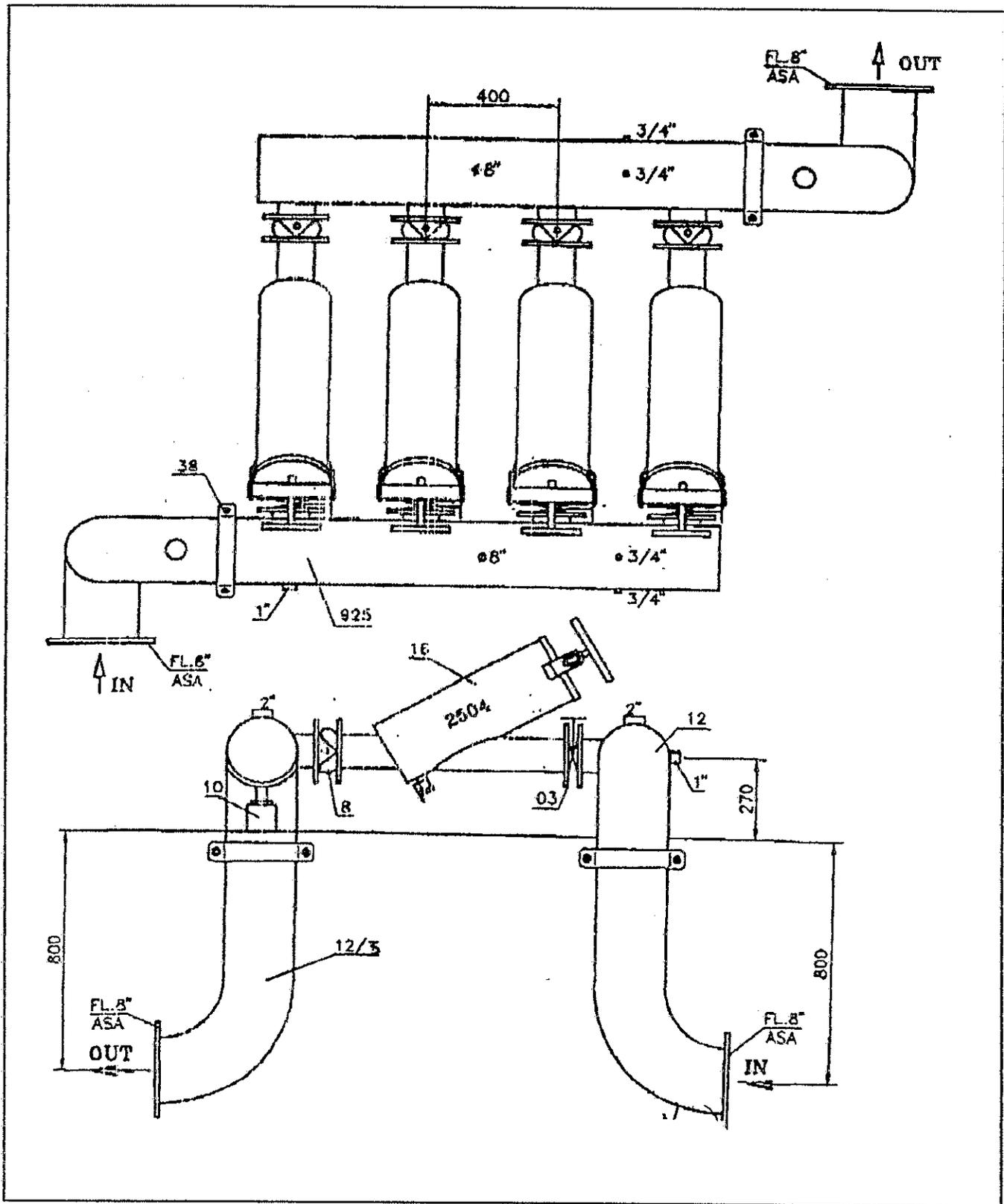


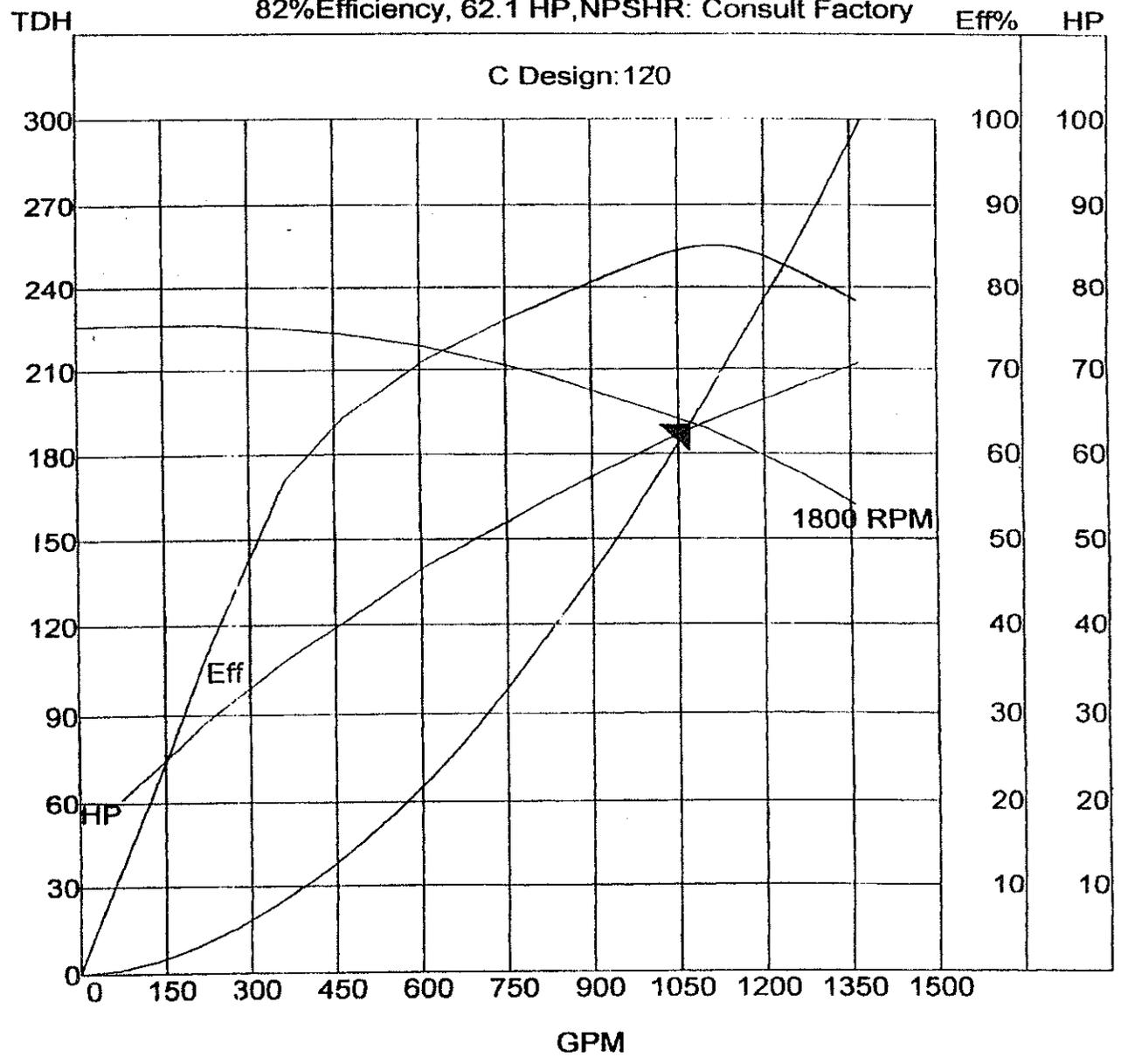
Figura 3 A: Filtros de anillos utilizados en el sistema de riego Usumatlán, Zacapa.

CORNELL PUMP COMPANY

2323 S.E. Harvester Drive  
Portland, Oregon 97222

Phone (503)653-0330  
FAX (503)653-0338

Prepared For: FINCA 5, AGRIFRESCO  
4HH 1070 GPM @190' TDH, 1800 RPM 14.25" Impeller  
82%Efficiency, 62.1 HP, NPSHR: Consult Factory



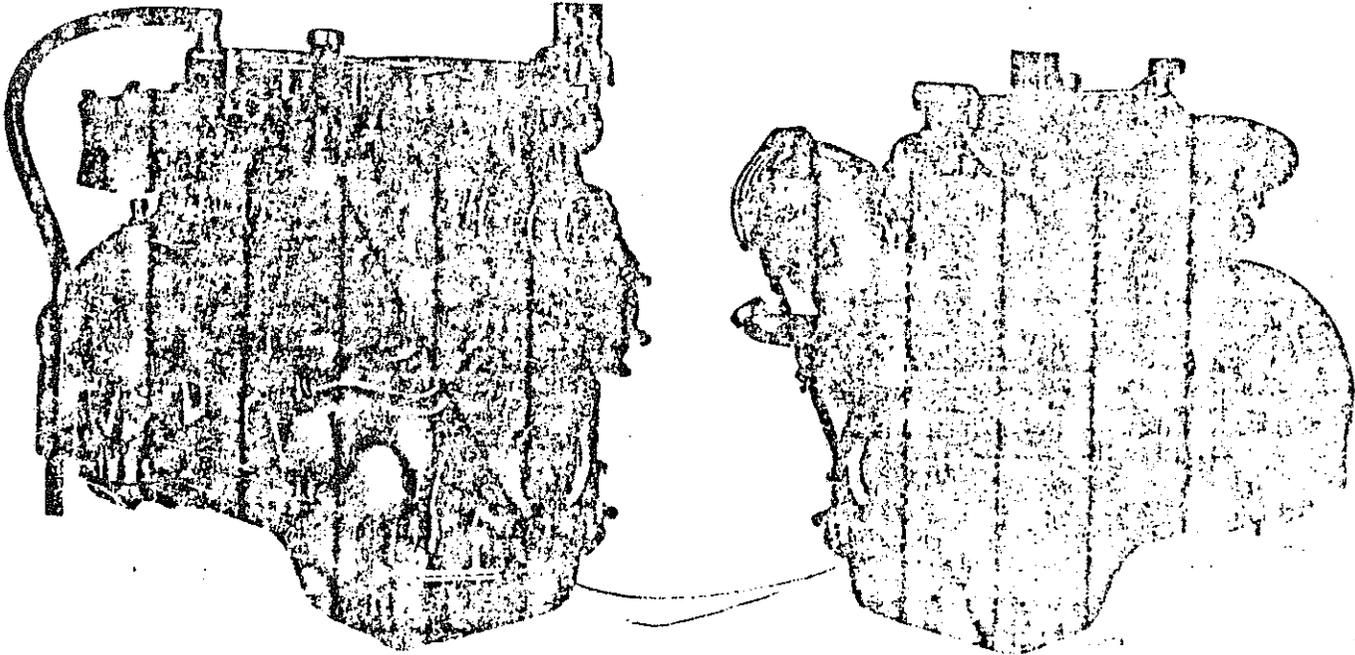
Internet: <http://www.cpcusa/~cornell> E-Mail: [cornell@cpcusa.com](mailto:cornell@cpcusa.com)

Figura 4 A: Curva de eficiencia de la bomba utilizada en el sistema de riego Usumatlán, Zacapa

# 4039D



**POTENCIA  
JOHN DEERE**



### Índice de Rendimiento

Potencia nominal bruta . . . . . 80 hp al freno (60 kW) a 2500 rpm  
 Par máximo . . . . . 258 N·m (190 lb·pie) a 1400 rpm  
 Economía de combustible (BSFC) . . . . . 223 gramos/kW hora  
 (0,367 lb/hp hr) a 2200 rpm

### Índice de Potencia Continua

Potencia bruta . . . . . 71 hp al freno (53 kW) a 2500 rpm  
 Par máximo . . . . . 236 N·m (174 lb·pie) a 1600 rpm

**POTENCIA AL FRENO INDICADA** es la potencia nominal para las aplicaciones de carga y velocidad variables donde se requiere potencia total en forma intermitente.

**POTENCIA AL FRENO CONTINUA** es la potencia nominal para las aplicaciones de operación bajo velocidad y carga constantes por largos períodos de tiempo.

**EL RENDIMIENTO DE POTENCIA** es de + o - 5 grados de acuerdo con las condiciones normales C - EJ 1349.

### Curva de Rendimiento

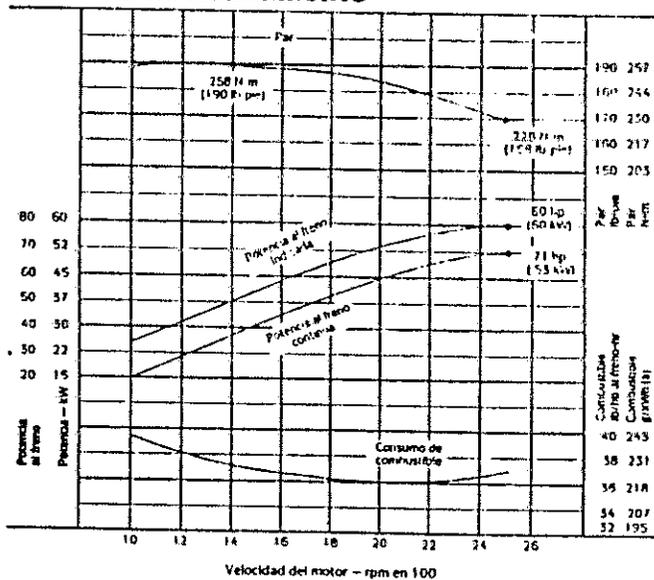


Figura 5 A: Curva de rendimiento – eficiencia del motor utilizado en el sistema de riego, Usumatlán, Zacapa.

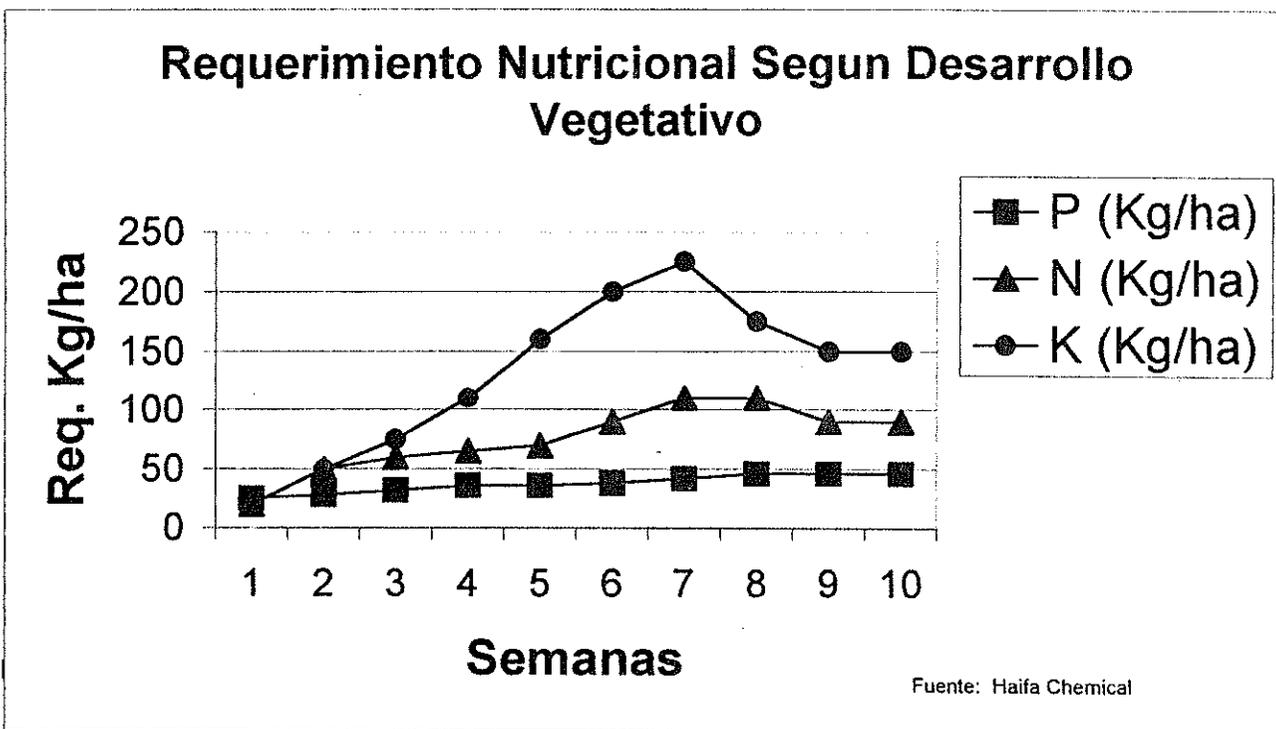


Figura 6 A: Curva de demanda nutrimental del cultivo de melón, Usumatlán, Zacapa.

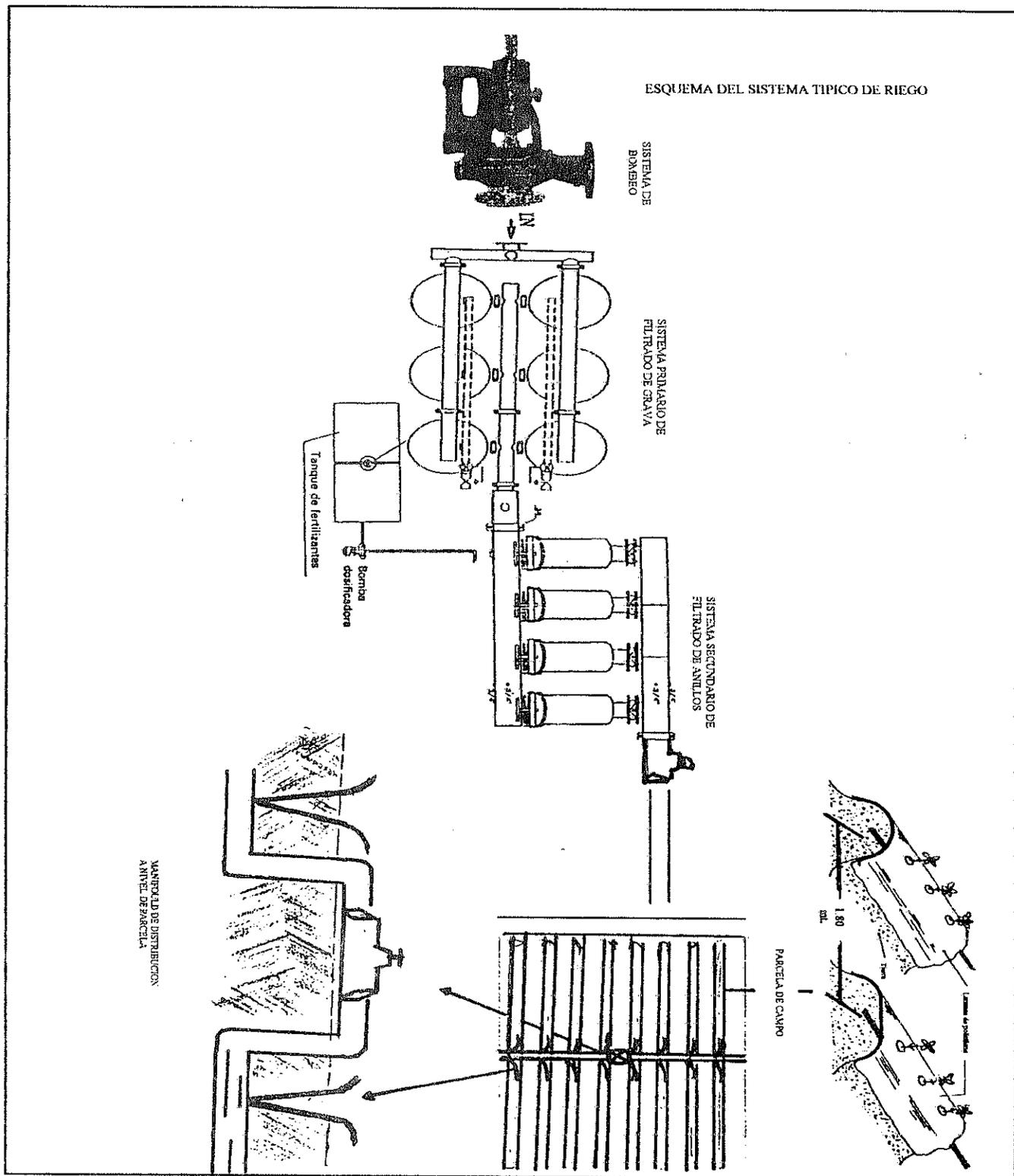


Figura 7 A: Esquema típico del sistema de riego, Usumatlán, Zacapa.

La Palmilla, 1 de Marzo de 1999

**ING AGR**  
**FERNANDO RODRIGUEZ**  
**COORDINADOR DEL I. I. A.**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**Estimado Ingeñero Rodriguez.**

Por medio de la presente le envío un cordial saludo deseándole éxitos en las actividades que diariamente realiza.

El motivo de la presente es para informarle que el estudiante **JORGE IVAN QUINTO JAVIER** ha desempeñado el cargo de jefe del departamento de riego y nutrición vegetal durante cinco años a la fecha, periodo durante el cual se han desarrollado diferentes investigaciones y experiencias en el manejo adecuado del riego y la ferti-irrigación de los campos de melón de **AFRI-FRESCO S. A.** empresa de la cual me desempeño como gerente general.

Sin otro particular me suscribo de usted como su seguro servidor.



**ING. AGR JOSÉ FRANCISCO GIRÓN M**

**Colegiado 1755**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12  
GUATEMALA, CENTROAMÉRICA

Guatemala, 18 de Octubre de 1,999

Ing. Alvaro Hernandez Dávila  
Director del Instituto de Investigaciones  
Presente.

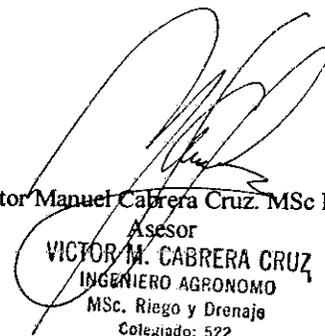
Respetable Ingeniero

De manera atenta y de acuerdo con las normas del Programa Extraordinario de Realización de Tesis de Grado, he procedido asesorar y revisar el trabajo de tesis del estudiante Jorge Iván Quinto Javier, carnet 80-12052, titulado "LA FERTI-IRRIGACION Y EL USO DEL RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE MELON, TIPO CANTALOUPE (Cucumis melo L. Var. Reticulatus), USANDO ACOLCHADO PLASTICO EN EL AREA DE USU MATLAN, ZACAPA".

Dicho trabajo llena los requisitos exigidos para ser aprobado como tesis de grado.

Atentamente

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Victor Manuel Cabrera Cruz. MSc Ing.  
Asesor  
VICTOR M. CABRERA CRUZ  
INGENIERO AGRONOMO  
MSc. Riego y Drenaje  
Colegiado: 522

Guatemala, 15 de octubre de 1,999

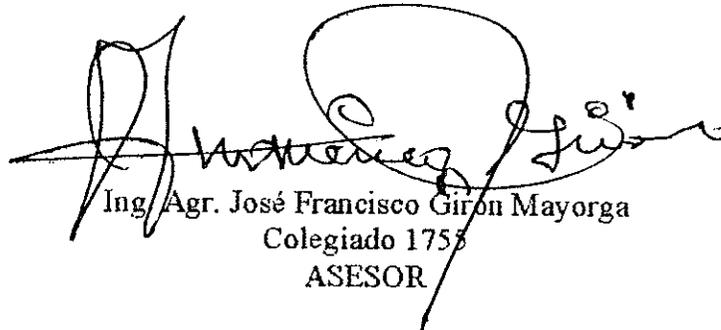
Ingeniero Agrónomo  
Alvaro Hernández  
Director del IIA  
Facultad de Agronomía

Ingeniero Hernández

Por este medio le informo que he procedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis del estudiante JORGE IVAN QUINTO JAVIER carnet 80-12052 titulado LA FERTI-IRRIGACION Y EL USO DEL RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE MELON TIPO CANTALOUPE ( *Cucumis melo L. Var. Reticulatus* ) USANDO ACOLCHADO PLASTICO EN EL AREA DE USUMATLAN, ZACAPA.

Dicho trabajo considero llena los requisitos para ser aprobado como tesis de grado, agradeciéndole la atención que se sirva prestar a la presente.

Sin otro particular atentamente.



Ing. Agr. José Francisco Giron Mayorga  
Colegiado 1753  
ASESOR

Guatemala 18 de Octubre de 1999.

Ingeniero Agrónomo  
Alvaro Hernández  
Director del IIA  
Facultad de Agronomía

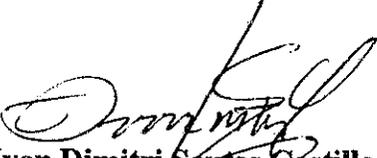
Ingeniero Hernandez:

Por medio de la presente, le informo que he procedido a revisar y asesorar el trabajo del programa extraordinario para la realización de Tesis del estudiante, Jorge Ivan Quinto Javier, carnet 80-12052, titulado: LA FERTI-IRRIGACION Y USO DE RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE MELON TIPO CANTALOUPE (*Cucumis melo L. var. Reticulatus*) USANDO ACOLCHADO PLASTICO EN EL AREA DE USUMATLAN, ZACAPA.

Después de realizadas las sugerencias para la culminación de dicho trabajo, considero que llena los requisitos para ser aprobado como tesis de grado.

Sin otro particular, agradezco la atención a la presente,

Atentamente,

  
Ing. M.sc. Ivan Dimitri Santos Castillo  
Colegado 1771  
ASESOR



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "LA FERTI-IRRIGACION Y EL USO DE RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE MELON TIPO CANTALOUPE (Cucumis melo L. var. Reticulatus), USANDO ACOLCHADO PLASTICO EN EL AREA DE USUMATLAN, ZACAPA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JORGE IVAN QUINTO JAVIER.

CARNE No.: 80-12052.

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Ing. Agr. José Francisco Girón Mayorga; Ing. Agr. M.Sc. Victor M. Cabrera Cruz;  
Ing. Agr. M.Sc. Iván Dimitri Santos Castillo

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, enmarcados en el "Programa Extraordinario para la Realización de Tesis de Grado para la Carrera de Ingeniero Agrónomo"; Aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Agronomía, según el Punto Cuarto del Acta No. 43-98 de Sesión celebrada el 17 de septiembre de 1998.

Ing. Agr. José Francisco Girón M.  
A S E S O R

Ing. Agr. M.Sc. Iván Dimitri Santos Castillo  
A S E S O R

Ing. Agr. M.Sc. Victor M. Cabrera  
A S E S O R



Ing. Agr. M.Sc. Alvaro G. Hernández Dávila  
DIRECTOR I.I.A.

ALVARO GUSTAVO HERNANDEZ DAVILA  
ING. AGRONOMO  
COLEGIADO # 602

IMPRIMASE

Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera  
D E C A N O



AGHD/Oscar E.  
cc. Archivo  
Control Académico.