

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACION DE RIEGO
POR ASPERSION EN LA ALDEA LOS TECOMATES
PALENCIA, GUATEMALA



GUATEMALA, MARZO DE 1984

D.L.
01
T(485)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	ING. AGR. CESAR CASTAÑEDA S.
VOCAL 1o.:	ING. AGR. OSCAR RENE LEIVA
VOCAL 2o.:I	ING. AGR. GUSTAVO MENDEZ
VOCAL 3o.:	ING. AGR. ROLANDO LARA A.
VOCAL 4o.:	PROF. HEBER ARANA
VOCAL 5o.:	PROF. LEONEL GOMEZ
SECRETARIO:	ING. AGR. RODOLFO ALBIZUREZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	DR. ANTONIO SANDOVAL
EXAMINADOR:	ING. AGR. GUSTAVO MENDEZ
EXAMINADOR:	ING. AGR. JOSE CHONAY P.
EXAMINADOR:	ING. AGR. JORGE SANDOVAL I.
SECRETARIO:	ING. AGR. CARLOS FERNANDEZ



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

27 de febrero de 1984

Ingeniero Agrónomo
César Castañeda
Decano
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
de Guatemala
Presente.

Distinguido Señor Decano:

Atentamente nos dirigimos a usted para informarle que de acuerdo a la designación emanada de esa Decanatura, hemos pro-
cedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis titulado:
"ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACION DE RIEGO POR ASPER-
SION EN LA ALDEA LOS TECOMATES, PALENCIA, GUATEMALA", que fué
realizada por el Perito Agrónomo RUDY OSBERTO CABRERA CRUZ,
como requisito previo a optar el título profesional de Inge-
niero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Cien-
cias Agrícolas.

Sobre el particular, nos permitimos indicarle que encon-
tramos el trabajo enteramente satisfactorio y que llena los
requisitos académicos para ser aprobado como tesis de grado.

Nos suscribimos de usted atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Víctor Cabrera

Ing. Agr. Jorge Lindoval

Guatemala, marzo de 1984

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA .

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Tesis Titulado:

**"ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACION DE RIEGO
POR ASPERSION EN LA ALDEA LOS TECOMATES,
PALENCIA, GUATEMALA"**

Como requisito previo para optar el Título de Ingeniero Agrónomo en el grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente:

A handwritten signature in dark ink, featuring a stylized 'R' and 'C' with a horizontal line crossing through the middle.

Rudy Osberto Cabrera Cruz

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MI MADRE

Lolita Cruz Valencia
Gratitud Infinita

A MI PADRE

Víctor Manuel Cabrera (QEPD)

A MIS HERMANOS

Luz de Cármen
Onoria Elizabeth
Sandra Edilia
Víctor Manuel
José Angel
Pablo Enrique
Arturo René

A MIS FAMILIARES EN GENERAL

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

RECONOCIMIENTOS

Sincero agradecimiento al Ing. Agr. M. Sc. VICTOR MANUEL CABRERA CRUZ y al Ing. Agr. M. Sc. JORGE SANDOVAL ILLESCAS, por su valiosa asesoría, esfuerzo y tiempo brindados en el desarrollo del presente trabajo de tesis.

A la Región "V" de DIGESA, especialmente al Proyecto de Mini-Riego, por su apoyo en la realización del presente trabajo.

A la Dirección de Riego y Avenamiento, DIRYA.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA.

A la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales, UNEPAR.

A la Unidad para Protección de Cuencas INDE.

CONTENIDO

	Página
Indice de Cuadros y Gráficas	
Indice del Apéndice	
Resumen	- i -
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Generales	3
2.2 Específicos	3
3. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
3.1 Relación Agua—Suelo—Planta	4
3.2 Uso del agua por los cultivos	5
3.3 El riego por aspersión	6
3.3.1 Ventas y desventajas del riego por aspersión	7
3.4 Diseño de sistemas de riego por aspersión	9
3.4.1 Planeación de un sistema	9
3.4.2 Tuberías de un sistema de riego por aspersión	10
3.4.3 Hidráulica de tuberías	11
4. GENERALIDADES DEL AREA EN ESTUDIO	12
4.1 Localización, Extensión y Accesos	12
4.2 Ecología, climatología e hidrología	12
4.3 Fisiografía y drenaje	13
4.4 Aspectos socio-económicos	13
5. ESTUDIOS PRELIMINARES	14
5.1 Estudios topográficos	14
5.2 Estudios climáticos	14
5.3 Estudios edafológicos	18
5.3.1 Muestreo de suelos	18
5.3.2 Análisis de suelos	18
5.3.3 Velocidad de infiltración	19

	Página
5.3.4 Cultivos a regar	20
5.4 Estudios Hidrológicos	20
5.4.1 Disponibilidad de agua	20
5.4.2 Calidad de agua	20
5.4.3 Determinación del consumo de agua o evapotranspiración	24
5.4.4 Cálculo de la lámina de agua disponible	26
5.4.5 Cálculo de la lámina de agua a aplicar	27
5.4.6 Determinación del calendario de riego	27
6. DISEÑO	31
6.1 Captación	31
6.2 Selección de aspersores	31
6.2.1 Tipo de aspersores	33
6.3. Diseño de la línea de conducción	34
6.4. Diseño de la línea de distribución	35
6.5 Operación del sistema en condiciones crítica y riego complementario	39
6.6 Arreglo de la línea de conducción y distribución	39
7. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA	42
7.1 De cultivo	42
7.2 De riego	42
7.2.1 Generales	42
7.2.2 Aspersores	42
7.2.3 Laterales	43
7.2.4 Principal	43
7.3 De operación y manejo	43
8. ESTIMACION DE COSTOS	44
8.1 Costos de tuberías, accesorios y materiales	44
8.2 Costos de equipo y accesorios	44
8.3 Construcciones	45
8.4 Imprevistos	45
9. ANALISIS ECONOMICO-FINANCIERO	46
9.1 Criterios para el análisis	46

9.2	Estimación de costos	46
9.2.1	Costos de producción agrícola	46
9.2.2	Inversiones	48
9.2.3	Costos financieros	49
9.3	Flujo de fondos	50
9.4	Evaluación financiera	51
9.4.1	Valor presente neto	51
9.4.2	Relación beneficio-costos	51
9.4.3	Tasa interna de retorno	51
9.4.4	Análisis de sensibilidad	54
10.	CONCLUSIONES	55
11.	RECOMENDACIONES	56
12.	APENDICE	57
13.	BIBLIOGRAFIA	63

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica No.		Página
1	Plano general del área	15
2	Perfil general del área	16
3	Representación gráfica de la velocidad de Infiltración	21
4	Hidrograma del río El Molino, aldea Los Tecomates, Palencia, Guatemala	22
5	Calendario gráfico de riegos	29
6	Representación de un desarenador	39 A
7	Representación de la presa de captación	39 B
8	Plano general de operación del sistema	40
9	Formas de parcelas de riego	41

INDICE DEL APENDICE

Tabla No.		Página
1	Coefficiente Kc del cultivo	58
2	Características de aspersores	59
3	Pérdidas de carga por fricción en tuberías	61
4	Valores de "F" para flujo con salidas múltiples	62

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
1. Registros climatológicos	17
2. Características físico-químicas del suelo	18
3. Características físicas y constantes de humedad del suelo	19
4. Análisis químico de agua	23
5. Evapotranspiración real para el cultivo del chile pimiento	25
6. Láminas de agua disponibles	26
7. Datos utilizados en la calendarización de riegos	28
8. Resumen del calendario de riegos	30
9. Especificaciones de la tubería principal	34
10. Costos de producción por hectárea para 1984	47
11. Resumen de costos y beneficios agrícolas	48
12. Estimación del servicio de la deuda	49
13. Flujo de fondos	50
14. Flujo actualizado de fondos	53
15. Análisis de sensibilidad para riego complementario	54
16. Análisis de sensibilidad para riego crítico	54

RESUMEN

El desarrollo del riego por aspersión en Guatemala a manera de pequeños proyectos se impulsó en 1978 al funcionar el Proyecto de Mini-Riego y Conservación de suelos. En la aldea Los Tecomates, Palencia, Guatemala, se planteó a los agricultores la alternativa de implementar riego por aspersión haciéndoles ver la importancia de solucionar en buena medida sus problemas socio-económicos, ya que la agricultura es la única fuente de trabajo en el área.

Se realizaron los estudios preliminares y se determinó que técnicamente si es factible la introducción de riego para 10.5 hectáreas para riego complementario y 3.5 hectáreas para riego en época crítica. El método de riego seleccionado fue el de aspersión debido a las condiciones existentes en la aldea Los Tecomates, la fuente de agua es el río El Molino, que reúne características buenas de calidad, la limitante es el aprovechamiento del caudal (3 a 9 lts/seg) al máximo. Se realizó el cálculo y diseño del sistema de riego por aspersión para la época crítica (enero-abril) y para la época de riego complementario (octubre-diciembre). El diseño se basa en la utilización de la carga hidráulica disponible. El sistema será semi-fijo, siendo la conducción fija con tubería PVC y la distribución será móvil con tubería de PVC y poliducto. El intervalo de riego crítico es de 14 días y lámina neta a aplicar es de 4.83 cms.

Se calcularon los costos totales del proyecto, el cual ascienden a Q 30,800.00; con un costo por hectárea de Q 2,933.00. El análisis económico realizado nos da una relación beneficio-costos de 6.09, por lo cual se deduce que la realización del proyecto es financieramente factible.

1. INTRODUCCION

Actualmente el riego para la agricultura en Guatemala es importante, básicamente en áreas donde el régimen de lluvias es irregular durante el año. La técnica del riego desarrollada en estos últimos años, ha provisto criterios y procedimientos para racionalizar la práctica de reposición de agua al suelo, mediante un adecuado acondicionamiento de las tierras, manejo del agua y del suelo, y empleo de equipos e implementos que permiten lograr altas eficiencias de aplicación y distribución de agua.

Existe una necesidad evidente de realizar esfuerzos en proyectos de riego, lo cual requiere de una visualización amplia de posibles acciones a efectuar, mediante un enfoque conjunto de estudios de ingeniería agrícola aplicada para el beneficio social y económico en el área rural. Esto en alguna medida podría lograrse mediante la planificación de sistemas de riego, así como la selección del método a aplicar a una zona determinada, con el fin de habilitar tierras, que en épocas de escasez de agua no se pueden cultivar y que al realizar introducciones de agua para riego, se logra producir normalmente un cultivo en forma económica y eficiente.

El Ministerio de Agricultura, a través de la Dirección de Servicios Agrícolas (DIGESA), está incrementando un programa de introducción de agua de riego en áreas factibles de cultivarse todo el año, logrando avances muy significativos.

De donde la introducción de un sistema de riego por aspersión es de gran importancia en la aldea Los Tecomates, Palencia, Guatemala, debido que las lluvias son irregulares en época seca y mas distribuidas durante el año; por lo que es necesaria el agua de riego en verano y riego complementario en época lluviosa. Bajo estas condiciones, se considera una extensión a ser regada de 3.5 Ha. en época crítica y de 10.5 Ha. en época de riego complementario. La fuente de abastecimiento de agua se ve limitada en cantidad en verano por lo que el área de riego se restringe. Con el riego implementado se habilitará mayor área de cultivo que en verano se imposibilitaba su utilización, se diversificarán los cultivos de mayor rentabilidad por los tradicionales, se beneficiarán alrededor de 30-50 agricultores con el cual

se vendrá a mejorar el nivel de vida. Se reducirán considerablemente los costos del proyecto debido a que estaremos aprovechando fondos monetarios otorgados por la Agencia Internacional de Desarrollo (IAD) canalizados por el Banco Nacional de Desarrollo Agrícola (BANDESA) a una tasa de interés del 20/o y a un largo plazo de 20 años; se aprovechará la carga hidráulica por lo que no es necesario un sistema de bombeo.

La técnica de riego por aspersión propuesta para esta zona, puede considerarse como la más adecuada, debido a estudios realizados en base a condiciones climáticas, topográficas y edafológicas se refiere así como aspectos socioeconómicos propios del área en estudio y limitantes de agua.

2. OBJETIVOS

2.1 Generales

- a. Coadyuvar a la habilitación de tierras potencialmente agrícolas en la aldea Los Tecomates, mediante el estudio y diseño de un sistema de riego por aspersión, con la finalidad de mejorar la producción agrícola y el nivel de vida de los agricultores.

2.2 Específicos

- a. Ejecutar los estudios de factibilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de riego por aspersión que aproveche la carga hidráulica disponible.
- b. Determinar los requerimientos de equipo y materiales necesarios, así como normas de operación y análisis de costos del sistema de riego.

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 Relación Agua—Suelo—Planta

Gardner, W.H. (1973), señala que una de las principales vías que llevan el agua del suelo a la atmósfera, es la cubierta vegetal. Como todos los procesos de la vida, tienen lugar en un medio acuoso, el agua del suelo juega un papel vital en el crecimiento de las plantas y de otros organismos vivos.

La importancia del efecto del agua en la respuesta de las plantas, justifica la consideración especial dentro de este tema. El perfil de suelo, modula el ciclo hidrológico por su efecto en la filtración, el drenaje y por medio de su capacidad de almacenamiento. La cubierta vegetal del suelo juega un papel de igual importancia.

El sistema de raíces de las plantas, presenta menor resistencia al movimiento del agua que la superficie del suelo en estado de desecación. Las plantas tienen poca capacidad de almacenamiento del agua que pasa por ellas todos los días, pero sirven de conexión hidráulica entre el suelo y la atmósfera, con una acción reguladora colectiva apropiada a sus fines evolutivos.

J.d'At de Saint-Foulc (1975), menciona que muy pocas plantas pueden soportar una falta de agua durante un largo período, en el que se encuentran en estado de reposo vegetativo, pero la vuelta a su vida activa, sólo se puede realizar en presencia de agua.

El vegetal es, en la naturaleza, un organismo poco favorecido, en el sentido de que es tributario del lugar sobre el cual está fijado, no puede, como los animales, desplazarse donde necesita para buscar el agua y el alimento; como máximo puede dirigir su sistema radicular a la búsqueda del agua contenida en los horizontes del suelo más húmedo y más rico en minerales.

Para vivir, la planta debe desde luego absorber el agua que ha servido para disolver las sales minerales y las materias orgánicas del suelo y después llevarlas al lugar de su asimilación.

Una parte del agua absorbida del suelo queda fijada a la planta con las sales minerales que transporta, el resto es transpirada por su sistema foliar. El completo desarrollo sólo se alcanza si el vegetal dispone permanentemente de toda el agua que necesita.

La finalidad del riego es, evitar una falta momentánea o permanente de agua, lo cual implica un perfecto conocimiento de las relaciones existentes entre la planta y el agua.

De acuerdo a Israelsen, H. (1978), la disposición de los horizontes en el perfil, espesor y características texturales y estructurales de los mismos, permiten en unión a los datos de velocidad de agotamiento de agua dependiente de factores agroclimáticos, obtener la información que se requiere para preparar el plan de riego en el predio que comprende: lámina de agua a aplicar, turno o intervalo de riego y tiempo o duración del riego. La presencia o no de sales en el suelo o el agua de riego es un factor adicional a considerar.

3.2 Uso del Agua por los Cultivos

Withers, B. y Vipond, S. (1978), mencionan que el conocimiento del índice de consumo de agua por los cultivos y las características de retención del agua es fundamental para diseñar el sistema de suministro del agua y programar el proyecto de riego. El patrón de uso de agua por los cultivos, dejando amplísimo margen para las precipitaciones pluviales y las pérdidas operacionales, determina alternativamente las capacidades de los canales, las tuberías, el almacenamiento y el bombeo del sistema si así lo requiere.

La evaporación de una unidad de plantas y suelo, comprende la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de la planta, a través de las hojas. Si el cultivo cubre por completo la superficie del terreno, la evaporación tiene lugar totalmente a partir de las plantas y si las raíces pueden absorber agua a un ritmo suficientemente elevado, la transferencia de vapor estará controlada por el clima. Este índice de humedad se denomina Índice de Evaporación Potencial y es una función de la energía disponible para vaporizar el agua, junto con el índice de dispersión del vapor de las superficies de las hojas. Los valores típicos de evaporación potencial son de 1 a 3 mm. de agua al día para los climas templados,

de 5 a 8 mm/día en trópicos húmedos y de 10 a 12 mm/día en regiones muy áridas.

De acuerdo a lo señalado por Grassi, C.J. (1975), la evaporación es el proceso mediante el cual, se produce el cambio de estado de agua, líquido a vapor. En la naturaleza — cabe distinguir dos casos: 1) Evaporación de superficies libres de agua; 2) Evaporación de superficies de terreno cubiertas de vegetación. En este caso, dicho proceso tiene una denominación especial: Evapotranspiración.

La evapotranspiración requiere energía para cambiar de estado físico del agua de líquido a vapor; disponibilidad de agua en el suelo y un mecanismo de transmisión de agua, desde el suelo a la atmósfera.

La radiación solar provee la fuente de energía; la precipitación pluvial y/o el riego artificial, la periódica reposición de agua al suelo; y las diferencias de potencial creadas en diferentes partes del sistema suelo-planta la circulación de agua hacia la superficie evaporante.

La evapotranspiración potencial se da en el caso de una vegetación de escasa altura en activo crecimiento, que cubre íntegramente el terreno y sin restricciones de humedad, edáfica, la evaporación, o mejor la evapotranspiración potencial, depende fundamentalmente de las condiciones climáticas existentes, dadas por las características de la atmósfera al suelo.

3.3 El Riego por Aspersión

Segun Grassi, C. J. (1978), el agua aplicada al suelo asperjada, o sea fraccionando el caudal en innumerable cantidad de gotas que se infiltran en el terreno al tiempo que alcanza la superficie del mismo.

El riego por aspersión es conocido desde hace tiempo, sin embargo recién se difundió extensamente en los últimos 30 ó 40 años, como consecuencia del avance experimentado en la etapa industrial de fabricación de tuberías de reducido peso, y de fabricación de

aspersores capaces de dar una uniforme precipitación sobre el área irrigada.

El riego por aspersión es así mismo un sistema empleado como riego complementario o supletorio en zonas semihúmedas; haiéndose introducido con el riego por aspersión, una práctica que asegura la cosecha, eliminando los efectos de sequías temporarias, que reducen sensiblemente los rendimientos de los cultivos.

Israelsen, H. (1975), conceptualiza el riego por aspersión como un método que consiste en aplicar agua a la superficie del terreno, rociándola a manera de una lluvia ordinaria.

3.3.1 Ventajas y Desventajas del Riego por Aspersión

A continuación se enumeran los convenientes e inconvenientes de un sistema de riego por aspersión de acuerdo a autores como Ames Tinsa, (1979); Israelsen, H. (1975) y Grassi, C.J. (1978).

Ventajas:

- Es el método con mejor adaptabilidad a terrenos que presentan características abruptas e irregulares.
- Llega a reducir o eliminar los costos de nivelación de tierras, así como su preparación para el cultivo.
- Se logra establecer un buen control del agua, con una aplicación casi uniforme.
- Puede regarse en suelos de textura a ligera, sin tener problemas de erosión.
- Es factible regar suelos que presentan muy baja capacidad de retención de agua.
- Se reduce la mano de obra considerablemente.

- Permite aplicar una lámina de riego determinada, sin elevar el nivel freático.
- Se evita la formación de costras y grietas al secarse el suelo, cuando este es de textura arcillosa.
- Se aplica a suelos poco profundos, en los cuales no puede realizarse nivelación y aplicación de reducidas láminas de agua en cada riego. Además en suelos de alta velocidad de infiltración con pérdidas de agua por percolación.
- Su disponibilidad de agua en caudales pequeños y largos horarios de riego, ya que con un diseño económico se logra que un equipo se use la mayor parte del tiempo posible.

Desventajas:

- El diseño debe ser cuidadoso, para una aplicación uniforme de lámina de agua.
- El costo inicial es alto.
- Es difícil que se adapte a regiones con vientos fuertes que vengán a alterar el patrón de mojado.
- Las pérdidas de agua por evaporación son más altas que por el método de riego superficial.
- En muchos casos el traslado o cambio de sitio de tuberías portátiles después de un riego puede significar problema.
- Debe contarse con una calidad de agua muy aceptable (libre de sales).
- Se desarrolla un microclima dentro del cultivo, favoreciendo el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas.

3.4 Diseño de Sistemas de Riego por Aspersión:

Withers, B. y Vipond, S. (1978), proponen el diseño de un sistema de riego por aspersión, que consiste en la selección de una red de tuberías para transmitir el agua a los rociadores, a una presión adecuada.

Los conceptos necesarios en el diseño son:

- La distribución del sistema.
- La selección de los aspersores y sus boquillas.
- El diseño de los ramales, aspersores y el número necesario.
- El diseño de los sistemas de tuberías principales.
- La selección de la bomba si es necesario en el sistema.

3.4.1. Planeación de un Sistema:

La planeación de un sistema de riego por aspersión, según Withers, B. y Vipond, S. (1978), debe ser el más económico, que sirva para satisfacer las necesidades del diseño. Después de examinar el terreno, en lo que se refiere a topografía y los tipos de suelos, el técnico debe tomar una decisión sobre las especificaciones más adecuadas para el diseño. De estos factores los que son particularmente pertinentes al riego por aspersión son los que se analizan seguidamente:

- El riego por aspersión es una parte inherente de la agricultura intensiva, que implica la necesidad de cultivar variedades agrícolas mejoradas, hacer un uso adecuado de los fertilizantes y pesticidas y explotar cultivos en suelos capaces de sustentar este tipo de agricultura, lo cual es necesario un estudio de reconocimiento y clasificación de suelos.

- El clima es la clave de la productividad agrícola potencial y de las modalidades de cultivo, y también el factor determinante de las necesidades de agua para el riego.
- La presión a que ha de distribuirse el agua debe analizarse minuciosamente, concediendo la debida importancia a los aspectos económicos que entran en juego en las operaciones de bombeo o por gravedad, que sean necesarias.
- La flexibilidad de la distribución, se tendrá especial cuidado cuando empieza a funcionar un sistema de riego, donde debe tomarse en cuenta tipo de cultivo, disponibilidad de agua, turno correspondiente a regar.
- El aprovisionamiento de agua, pueden surgir dificultades, y de hecho ocurren a veces, cuando se elabora un aprovisionamiento de agua basado en principios erróneos y se trata de encontrar después los terrenos en que puedan utilizarse este tipo de aguas.
- La política de precios; cuando las explotaciones son lo suficientemente extensas para tener entregas por separado, es necesario imponer precios al agricultor de acuerdo a la cantidad de agua utilizada.
- Siempre es necesario un servicio de ensayo con eficacia suficiente antes y después de instalar un sistema de riego.
- En el riego por aspersión entran en juego problemas técnicos que la mayor parte de los agricultores no podrán resolver sin considerable ayuda por lo que es necesario un servicio de extensión dentro del proyecto de riego.

3.4.2 Tuberías de un Sistema de Riego por Aspersión

Rojas, R. M. (1980), argumenta que la función promordial de las líneas principales, es transportar el caudal de agua necesario a todas las secciones del área del proyecto, a la presión requerida, para hacer funcionar todas las líneas laterales en condiciones de máximo consumo. Para el diseño de laterales o línea de distribución, dependen de una serie de

factores técnicos, económicos y humanos, el tipo de sistema a utilizar determina la clase, longitud y disposición de los laterales al mismo tiempo que condiciona la escogencia de la presión de trabajo, tipo de aspersor, diámetro de tubería y funcionamiento del equipo.

El principal problema de diseño es elegir los diámetros de la tubería con los cuales la operación resulta económica.

3.4.3 Hidráulica de Tuberías:

Muchas fórmulas empíricas han sido desarrolladas para dar una solución al flujo de agua en tuberías. La mayoría de los problemas de flujo requieren medios de solución que dependen, hasta cierto grado, de coeficientes determinados experimentalmente. Las investigaciones y análisis de flujo hidráulico han establecido que las condiciones de flujo en sistemas de presión en tuberías de PVC pueden ser diseñadas conservadoramente, usando la ecuación de Hazen-Williams como la más aceptada y usada para el cálculo y diseño de tuberías de presión, básicamente para el cálculo de pérdidas de carga por fricción.

$$H_f = 0.2083 \times \left(\frac{100}{C}\right)^{1.852} \times \frac{Q^{1.852}}{D_i^{4.8655}} \dots \text{ec 1}$$

Donde: H_f = Pérdida de carga por fricción (pies/100 pies)
 Q = Caudal (GPM)
 D_i = Diámetro interno (pulgadas)
 C = Coeficiente de flujo (adimensional)

SE ha determinado que el valor de "C" para tuberías PVC es alrededor de 160 según el Laboratorio de Hidráulica Alen del Instituto Politécnico de Warcester, citado por Coronado, A. (1977).

4. GENERALIDADES DEL AREA EN ESTUDIO

4.1 Localización, Extensión y Accesos

Según datos generales obtenidos del Diccionario Geográfico de Guatemala, (1962). Los Tecomates pertenece a una de las 13 aldeas con que cuenta el municipio de Palencia, del departamento de Guatemala. Se ubica de la latitud $14^{\circ}41'$ y longitud $90^{\circ}24'$. La aldea se encuentra a una altitud de 1330 MSNM; el área sujeta a estudio abarca extensiones variables, ya que en época de verano se reduce al área de cultivo y en época lluviosa se incrementa, variando de 3.5 a 14.43 Ha.

La aldea se encuentra a 50 Kms. distante de la ciudad capital, se llega por la carretera que conduce al Atlántico, antes de llegar al punto de ubicación del proyecto existe un camino de terracería que es transitable todo el año. Existiendo además otro acceso por la vía que lleva al El Salvador, desviándose para el municipio de San José Pinula.

4.2 Ecología, Climatología e Hidrología

Según la clasificación ecológica de las zonas de vida vegetal de Holdridge, la aldea Los Tecomates pertenece a la región Sub-Tropical Muy Húmeda; y bajo el sistema Thornthwaite, el carácter del clima es templado, con invierno benigno, muy húmedo, sin estación seca bien definida.

Los elementos climáticos que definen el área en estudio según INSIVUMEH, (1979), el régimen de lluvias es mal distribuida durante el año, de aquí que la precipitación pluvial promedio anual es de 1340 mm. La temperatura media anual es de 22.6°C ., con una máxima promedio de 26.8°C ., y una mínima promedio de 18.4°C .. Se encuentra con una humedad relativa media anual de 86 o/o. La evapotranspiración potencial anual estimada es de 1500 mm. La velocidad del viento es moderada, con una media anual de 11.4 kms/Hora, con dirección Nor-Noreste.

Como fuente de abastecimiento de agua para el proyecto existe un río denominado El Molino en la jurisdicción de la aldea.

4.3 Fisiografía y Drenaje

Según Simmons, C. et al , (1959), en el área del proyecto predominan los suelos de la Altiplanicie Central, que se caracterizan por pequeñas áreas de suelos casi planos o valles ondulados. Casi todos los suelos son poco profundos y no se adaptan para la producción de cultivos limpios intensivos.

El área en estudio pertenece a la serie de suelos Pinula, desarrollados sobre materiales volcánicos firmemente cementados, de toba breccia de color claro, relieve escarpado, con un buen drenaje interno, el suelo superficial posee un color café oscuro, de textura franco limosa, gravosa; de consistencia friable, con un espesor de 20-30 cms. El subsuelo posee un color café, friable, de textura arcillosa, franco arcillo-arenosa y con un espesor aproximado de 60-80 cms. Los suelos poseen de declive dominante del 10-20 o/o, el peligro de erosión es alto, la fertilidad natural es moderada.

4.4 Aspectos Socio-Económicos

En lo que se refiere a tenencia de la tierra, en la aldea Los Tecomates existe el problema del latifundio y el minifundio siendo éste el mayoritario, existiendo además arrendatarios y usufructuarios.

La producción agrícola actual, con cultivos de maíz, frijol, papa, güisquil, yuca y hortalizas en general. La tecnología empleada se puede catalogar como deficiente en algunos cultivos y aceptable o eficiente en otros. No practican la conservación de suelo, la producción en su mayoría es de auto-consumo y además parte de la producción es destinada para el mercado interno (En la Capital y empresas procesadoras de alimentos), no poseen canales de comercialización eficientes, el almacenamiento de la producción es deficiente.

Dentro de los problemas agrícolas sobresalen: el uso de suelos poco aptos para la agricultura, sistemas de siembra tradicionales, cultivos poco diversificados sin rotación de cultivos, falta de riego, baja producción y falta de asistencia técnica adecuada.

5. ESTUDIOS PRELIMINARES

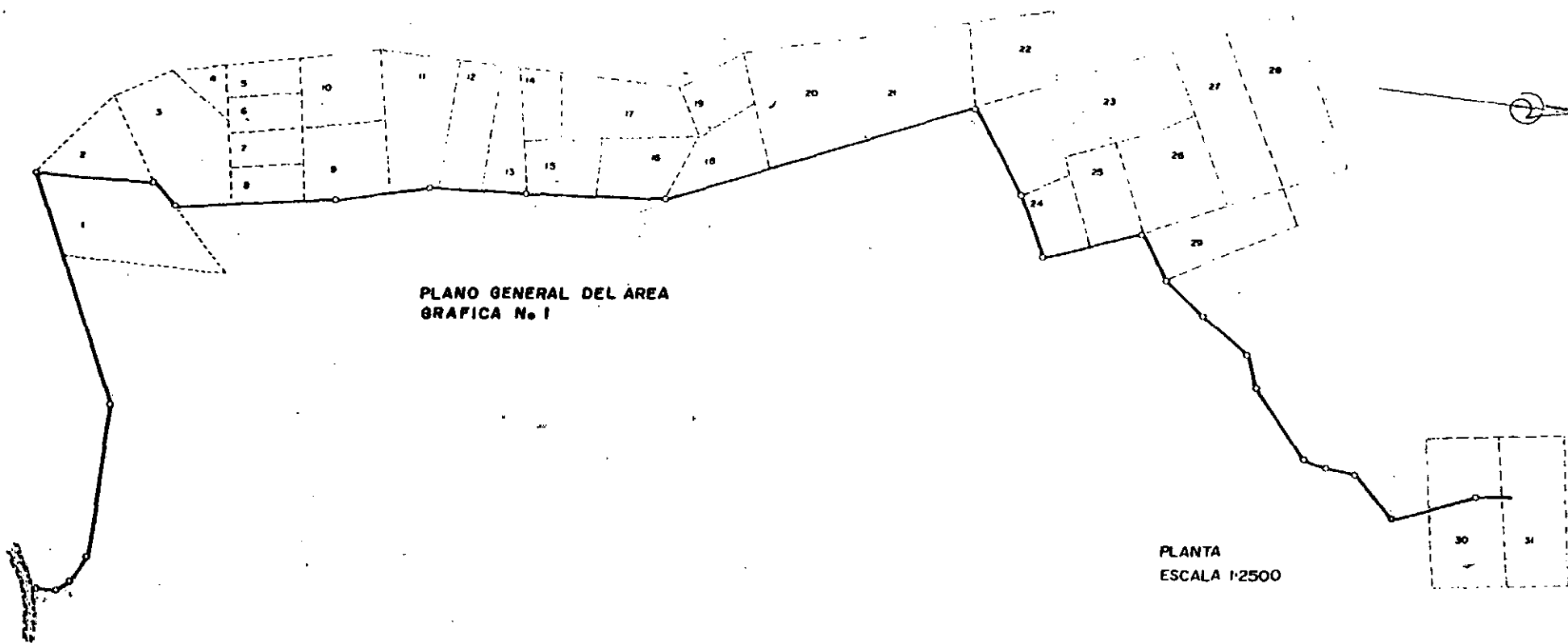
5.1 Estudios Topográficos

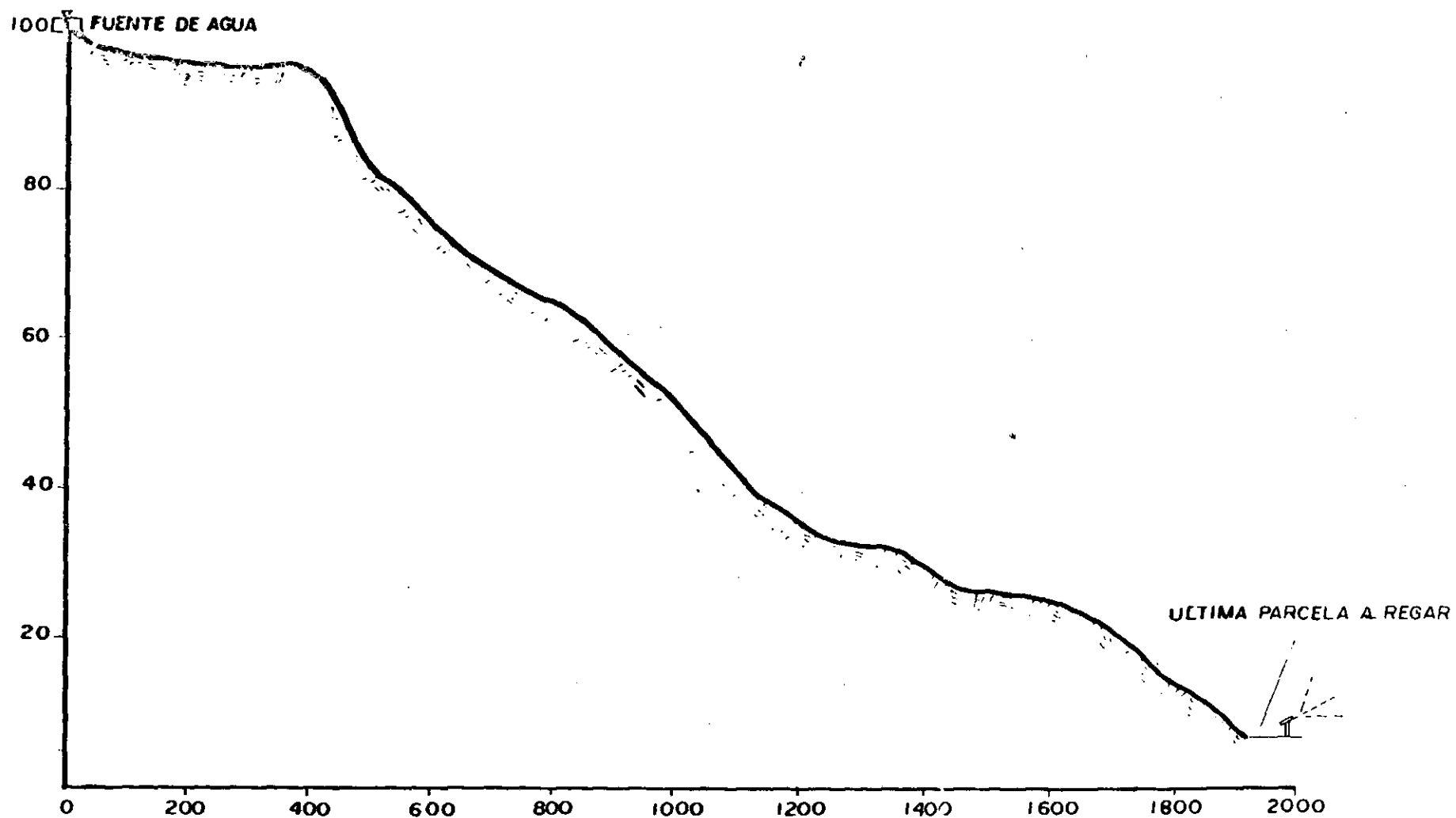
Preliminarmente se delimitó el área de riego, por medio de un caminamiento. Luego se realizó un levantamiento plani-altimétrico, utilizando cinta, estadia y teodolito, determinándose por medio del método de Deflexiones, incluyéndose la representación del sistema de distribución de las parcelas a regar y la proyección de la red de riego, con un área de 14.43 Ha. (20.61 Mz); determinándose una diferencia de nivel de 93.64 Mts. de la fuente de abastecimiento hasta la última estación considerada dentro de los límites del proyecto, con una distancia total o recorrido de 1918.35 Mts. Ver Gráfica No. 1 y No. 2.

5.2 Estudios Climáticos

Para este tipo de estudios se consultaron los registros climatológicos del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, (1979), determinando la estación meteorológica más cercana distante 4 Kms. al área de desarrollo del proyecto, obteniéndose la estación tipo "C", ubicada en el municipio de Palencia.

Para determinar los valores de evapotranspiración, balance hídrico y requerimientos de riego, se consultaron los datos que se muestran en el Cuadro No. 1.





GRAFICA N.º 2

PERFIL GRAL. DEL AREA

Escala vertical 1 : 1000

Escala horizontal 1 : 75

CUADRO No. 1

REGISTROS CLIMATOLÓGICOS

ESTACION: 6.7.2 NOMBRE: PALENCIA MUNICIPIO: Palencia
 LATITUD : 14°40'04" LONGITUD: 90°21'25" ALTITUD : 1344 MSNM.
 AÑOS DE REGISTRO: 6

TEMPERATURAS °C.

MES	PROMEDIOS DE			ABSOLUTAS		PRECIPITACION(mm)	
	Media	Max.	Min.	Max.	Min.	Total	Días
Enero	21.0	26.0	16.1	33.0	12.0	0.0	0
Febrero	21.8	26.6	17.1	34.0	13.0	0.0	0
Marzo	23.4	28.8	17.9	39.0	11.0	4.5	1
Abril	23.7	28.4	19.0	39.0	13.5	34.7	1
Mayo	23.7	28.0	19.4	38.0	17.0	125.2	9
Junio	23.0	27.6	18.5	31.0	16.0	175.8	12
Julio	23.0	26.7	19.2	31.0	15.0	213.9	15
Agosto	23.2	27.1	19.4	35.0	15.0	157.5	14
Septiembre	22.8	26.2	19.4	30.0	16.0	315.8	18
Octubre	22.2	25.6	18.9	30.0	15.0	198.4	12
Noviembre	21.6	25.4	17.9	31.0	14.0	32.6	3
Diciembre	20.4	24.7	16.0	30.0	11.0	0.0	0
ANUAL	22.6	26.8	18.4	39.0	11.0	1340.6	88

Fuente: INSIVUMEH, (1979).

5.3 Estudios Edafológicos

5.3.1 Muestreo de Suelos

El método utilizado fue el muestreo a criterio del investigador según Peck, T. R. and S. W. (1973), seleccionándose los lugares de extracción de las muestras con base en observaciones previas de las condiciones típicas o modales del área a muestrear delimitando las áreas aparentemente homogéneas. Se obtuvieron dos muestras compuestas, muestreando a profundidades de 0-25 cms. y de 25-50 cms. debido a que la profundidad radicular del cultivo utilizado para el diseño (chile pimiento) es de 40-60 cms. y es donde extrae la mayor cantidad de agua para su desarrollo.

5.3.2 Análisis de Suelos

Los análisis físico-químicos se efectuaron en el Laboratorio de Suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA). Los resultados del análisis físico-químico se presentan en el Cuadro No. 2.

CUADRO No. 2

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO

MUESTRA No.	PROF. cms.	TEXTURA	M. O. o/o	Ph	COLOR	
					SECO	HUMEDO
1	0-25	Fr. Arcillo-aren.	2.78	6.65	10 yr 4/3	10 yr 2/3
2	25-50	Arcilloso	1.67	6.35	7.5 yr 4/4	7.5 yr 3/4

Fuente: Laboratorio de Suelos. DIRYA.

Para la determinación de las constantes de humedad del suelo, se realizaron muestreos a cada 25 cms. de profundidad hasta los 50 cms., se obtuvieron dos muestras compuestas de cuatro submuestras cada una. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DRYA), y los resultados se presentan en el Cuadro No. 3.

CUADRO No. 3

CARACTERISTICAS FISICAS Y CONSTANTES DE HUMEDAD DEL SUELO

MUESTRA No.	PROFUNDIDAD Cms.	DENSIDAD APARENTE gr./cm ³	HUMEDAD EQUIVALENTE	
			1/3 Atm.	15 Atm.
1	0-25	1.33	20.52	11.04
2	25-50	1.22	34.11	18.02

Fuente: Laboratorio de Suelos. DIRYA.

5.3.3 Velocidad de Infiltración

Para su determinación se realizaron varias pruebas por el método del infiltrómetro de doble cilindro, en diferentes puntos del área de diseño. Para los efectos de cálculos se utilizó el modelo de Kostiakov, obteniéndose numérica y gráficamente los resultados siguientes:

$$I = 385.84 t^{-0.855}$$

Aplicando los parámetros de Kostiakov, obtenemos que la Infiltración Básica (I_b) es de 1.57 cm/hora. En la gráfica No. 3, se presentan los valores de la infiltración en tiempos acumulados.

5.3.4 Cultivos a Regar

El proyecto está diseñado para cultivos altamente rentables como lo son las hortalizas en general que comprenden: chile pimiento, repollo, brócoli, coliflor, güisquil, zanahoria, remolacha; así como cultivos tradicionales como el maíz y frijol.

5.4 Estudios Hidrológicos

5.4.1 Disponibilidad de Agua

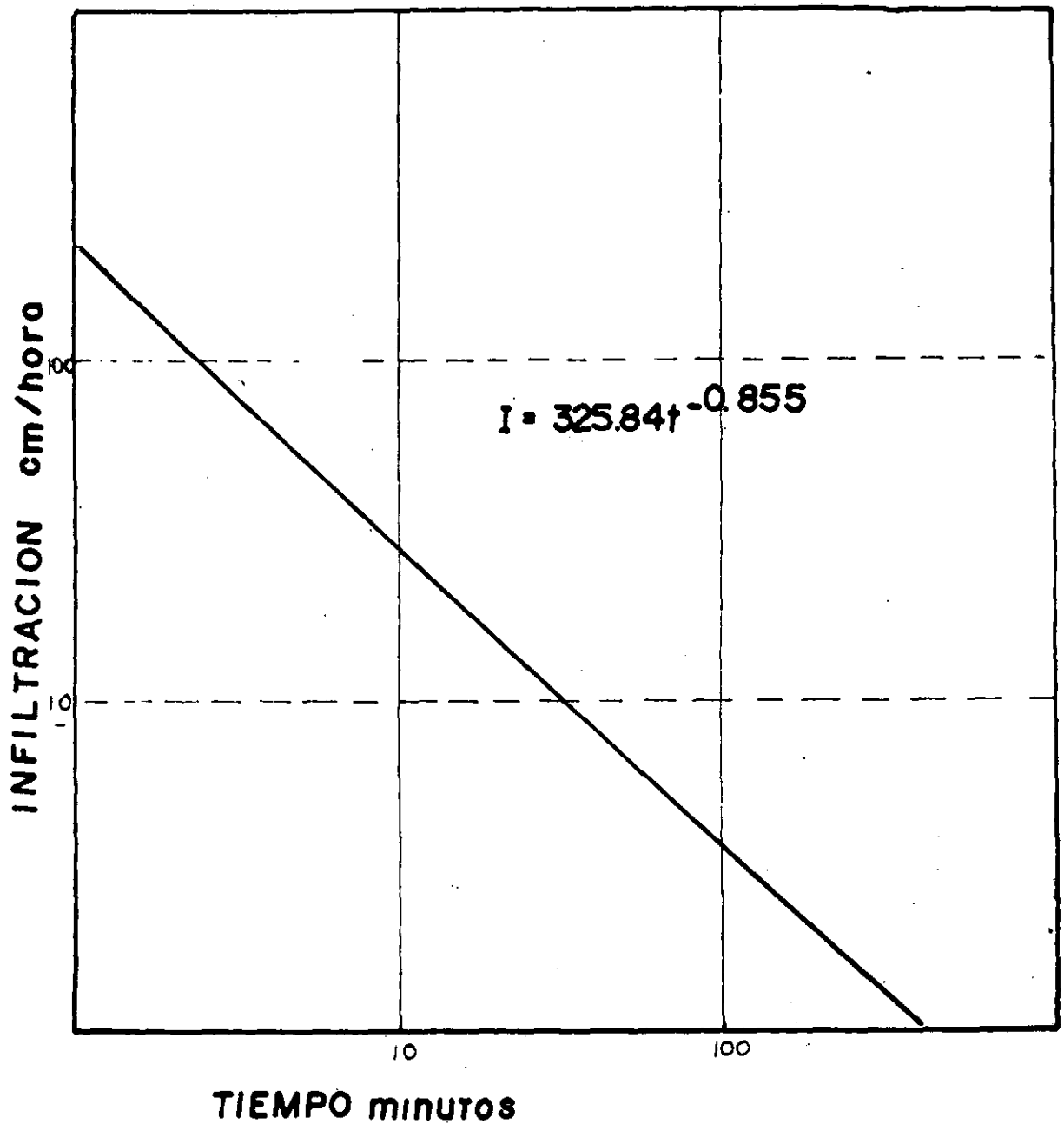
La fuente principal de abastecimiento del área a regar, lo constituye el río El Molino, ubicado en la parte superior de las parcelas a regar. Se determinó el caudal mediante un aforo por el método volumétrico, que consiste en llenar un recipiente de volumen conocido en un tiempo determinado. En época de estiaje el caudal promedio es de 9 lts/seg. (142.86 GPM) y alcanzando caudales máximos promedios de 115.97 lts/seg. (1840.80 GPM). Los derechos de uso de agua para la aldea Los Tecomates es de 1/3 del caudal, correspondiéndole únicamente 3lts/seg. (48 GPM) en época crítica, además se determinó el hidrograma del río El Molino, como se muestra en la Gráfica No. 4.

5.4.2 Calidad de Agua

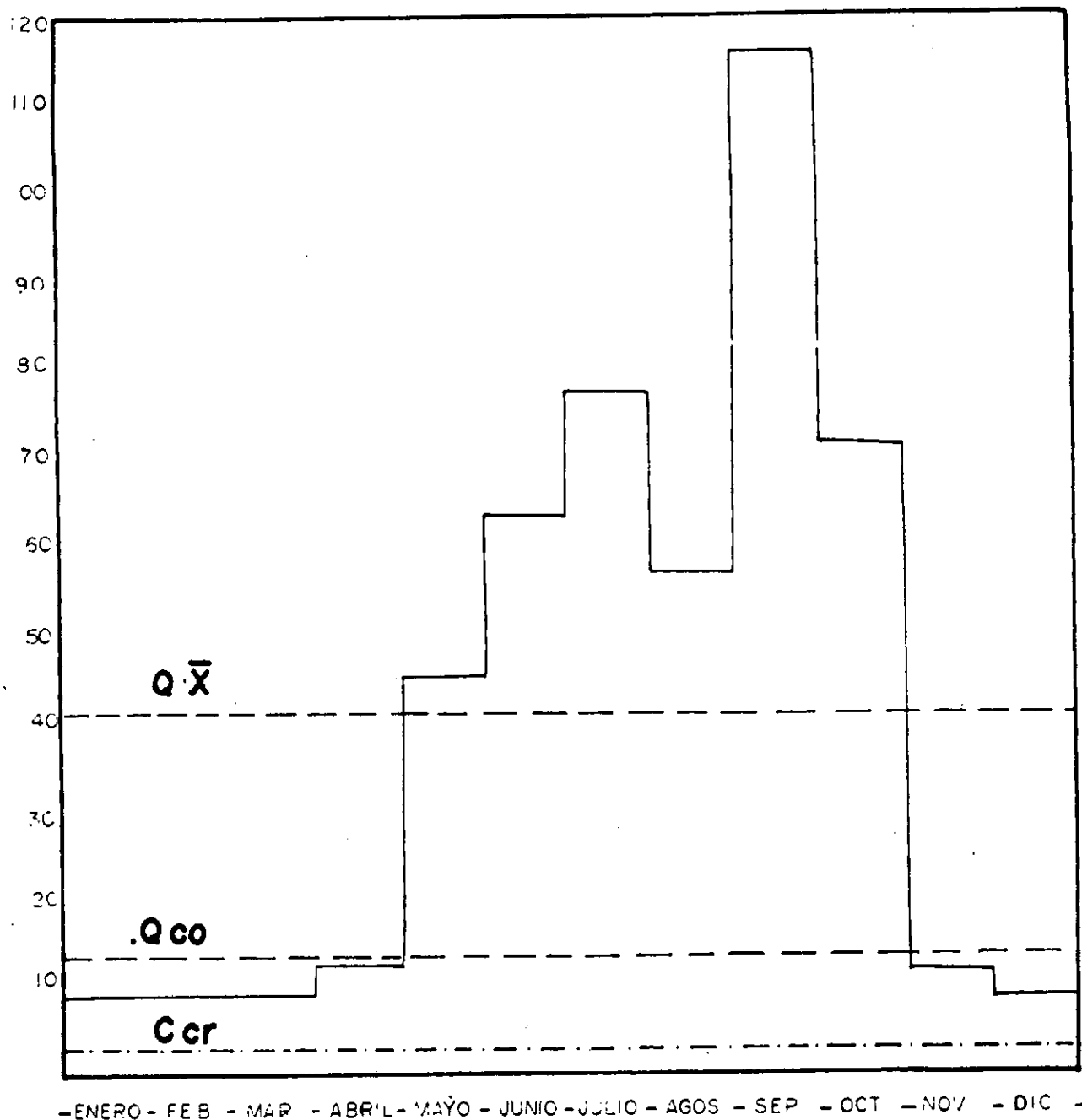
Para evaluar la calidad de agua de riego se tomó una muestra de agua en el sitio probable de captación del proyecto. La muestra obtenida se envió al Laboratorio de Suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA) para su análisis químico, los resultados se muestran en el Cuadro No. 4.

VELOCIDAD DE INFILTRACION

GRAFICA N.º 3



HIDROGRAMA DEL RIO EL MOLINO ALDEA LOS TECOMATES



GRAFICA No 4

CUADRO No. 4

ANALISIS QUIMICO DE AGUA

CATIONES	(meq/ltr.)	ANIONES	(meq/ltr.)
Ca ⁺⁺	0.50	CO ₃ ⁼	0.00
Mg ⁺⁺	0.22	HCO ₃ ⁻	0.56
Na ⁺	0.26	Cl ⁻	0.06
K ⁺	0.07	SO ₄ ⁼	0.15

Ph = 6.72 Ce x 10⁻⁶ a 25 °C = 61 micromhos/cm.

Sólidos en Solución = 190 ppm

Porcentaje de Sodio Soluble = 24.77

Fuente: Laboratorio de Suelos, DIRYA.

Para determinar la calidad de agua para fines de riego se establecieron dos métodos de clasificación química del agua, se efectuaron por el método del Manual 60 del USDA y por el método de la Universidad de Chapingo, México.

De acuerdo al método del manual 60 del USDA el agua analizada es de clase C1-S1, entonces es de buena calidad para fines de riego.

El método de la Universidad de Chapingo, México, los criterios utilizados para su clasificación son:

- Contenido de sales solubles.
- Efecto probable del sodio sobre las propiedades físicas del suelo.
- Contenido de elementos tóxicos para las plantas.

Al clasificar el agua por el método de la Universidad de Chapingo, México, se obtuvieron los siguientes resultados:

CE x 10 ⁻⁶ a 25 °C	= 61
Salinidad Efectiva (SE)	= 0.55 meq/ltr.
Salinidad Potencial (SP)	= 0.14 meq/ltr.
Carbonato de Sodio Residual (CSR)	= -0.16 meq/ltr.
Contenido de Cl	= 0.06 meq/ltr.

Según los resultados obtenidos, el uso del agua no está condicionada y se concluye que el agua analizada es de buena calidad, por lo que si es recomendable para fines de riego.

5.4.3 Determinación del Consumo de Agua o Evapotranspiración

La cantidad de agua que consumen los cultivos, se determina tomando en cuenta en nuestro caso como base el cultivo del Chile Pimiento (*Capsicum frutescens*, L.) por ser el que consume más agua en comparación con otros cultivos adaptables en el área de estudio.

Para condiciones de cálculo se estimó la evapotranspiración por el método de Blaney y Criddle, partiendo de:

$$Et = K \times F$$

Donde: Et = Evapotranspiración real total del cultivo, expresada en lámina de agua en mm. ó cm.

K = Coeficiente que depende del cultivo (Ciclo Vegetativo)

F = Suma de factores mensuales de uso consuntivo en mm. ó cm.

La suma de factores mensuales de uso consuntivo se expresa:

$$F = \sum_i^n f$$

$$F = (0.457 t + 8.13) p \dots\dots\dots \text{ec 2}$$

Donde: f = Factor de uso consuntivo mensual en mm/mes

t = Temperatura media mensual en $^{\circ}\text{C}$

p = Porcentaje mensual de horas luz

Además se introduce el factor de corrección (k) en función de la temperatura media mensual, por lo tanto:

$$k = k_t \times k_c \dots\dots\dots \text{ec 3}$$

$$\text{Donde: } k_t = 0.24 + 0.0312 t \dots\dots\dots \text{ec 4}$$

k_c = Factor de cultivo, depende del ciclo vegetativo, obteniéndose de la Tabla No. 1 del apéndice.

Se efectuaron los cálculos en distintos cultivos y diferentes épocas de siembra, considerando el resultado que dan las más críticas en cuanto a exigencias de agua se refiere. Los cálculos efectuados en el cultivo del chile pimiento, con un ciclo vegetativo de 105 días, sembrado el 1o. de enero hasta la cosecha el 15 de abril dieron la evapotranspiración mayor, los resultados se presentan en el Cuadro No. 5.

CUADRO No. 5

EVAPOTRANSPIRACION REAL PARA EL CULTIVO DEL CHILE PIMIENTO

MES	Et (mm)	Et acum. (mm)
Enero	56.27	56.27
Febrero	90.65	146.92
Marzo	112.73	259.65
Abril	42.91	302.56

5.4.4 Cálculo de la Lámina de Agua Disponible

La disponibilidad de agua en el suelo está determinada por los límites entre Capacidad de Campo (W_c) y el Punto de Marchitez Permanente (W_m), obteniéndose en la siguiente forma:

$$d = \frac{W_c - W_m}{100} \times D_a \times H \dots\dots\dots \text{ec 5}$$

Donde: d = Lámina de agua disponible o útil (cm.)
 W_c = Porcentaje de humedad a capacidad de campo
 W_m = Porcentaje de humedad a pto. de marchitez pte.
 D_a = Densidad aparente de cada horizonte (gr/cm^3)
 H = Profundidad de cada horizonte (cm.)

Los cálculos de lámina de agua disponible se presentan en el Cuadro No. 6, así como la lámina de humedad aprovechable total.

CUADRO No. 6

LAMINAS DE AGUA DISPONIBLES

PROF. DEL SUELO (cm)	HUMEDAD EQUIVALENTE(o/o)		DENSIDAD APAR. (gr/cm^3)	LAMINA (cm)
	1/3 ATM	15 ATM		
0 - 25	20.52	11.04	1.33	3.16
25 - 50	34.11	18.02	1.22	4.89
LAMINA TOTAL				8.05

5.4.5 Cálculo de la Lámina de Agua a Aplicar

Doorenbos, J. Kassam, A. H. (1979), señalan que la lámina neta en el cultivo del chile pimiento, no debe agotarse más del 40 o/o, utilizando un 60 o/o de la lámina de agua aprovechable, la cual se obtiene multiplicando la ec 5 por el umbral de riego.

$$dn = dt \times Ur \quad \dots\dots\dots ec 6$$

Donde: dn = Lámina neta (cm.)

dt = Lámina total o útil (cm.)

Ur = Umbral de riego (0.60)

Aplicando la ec 6 determinamos una lámina neta (dn) de 4.83 cms.

Para el cálculo de la lámina bruta (db), se divide la ec 6 entre la eficiencia de aplicación (75 o/o).

$$db = \frac{dn}{Efa} \quad \dots\dots\dots ec 7$$

Donde: db = Lámina bruta (cm.)

dn = Lámina neta (cm.)

Efa = Eficiencia de aplicación (0.75)

Al aplicar la ec 7, obtenemos la lámina bruta = 6.44 cms.

5.4.6 Determinación del Calendario de Riego

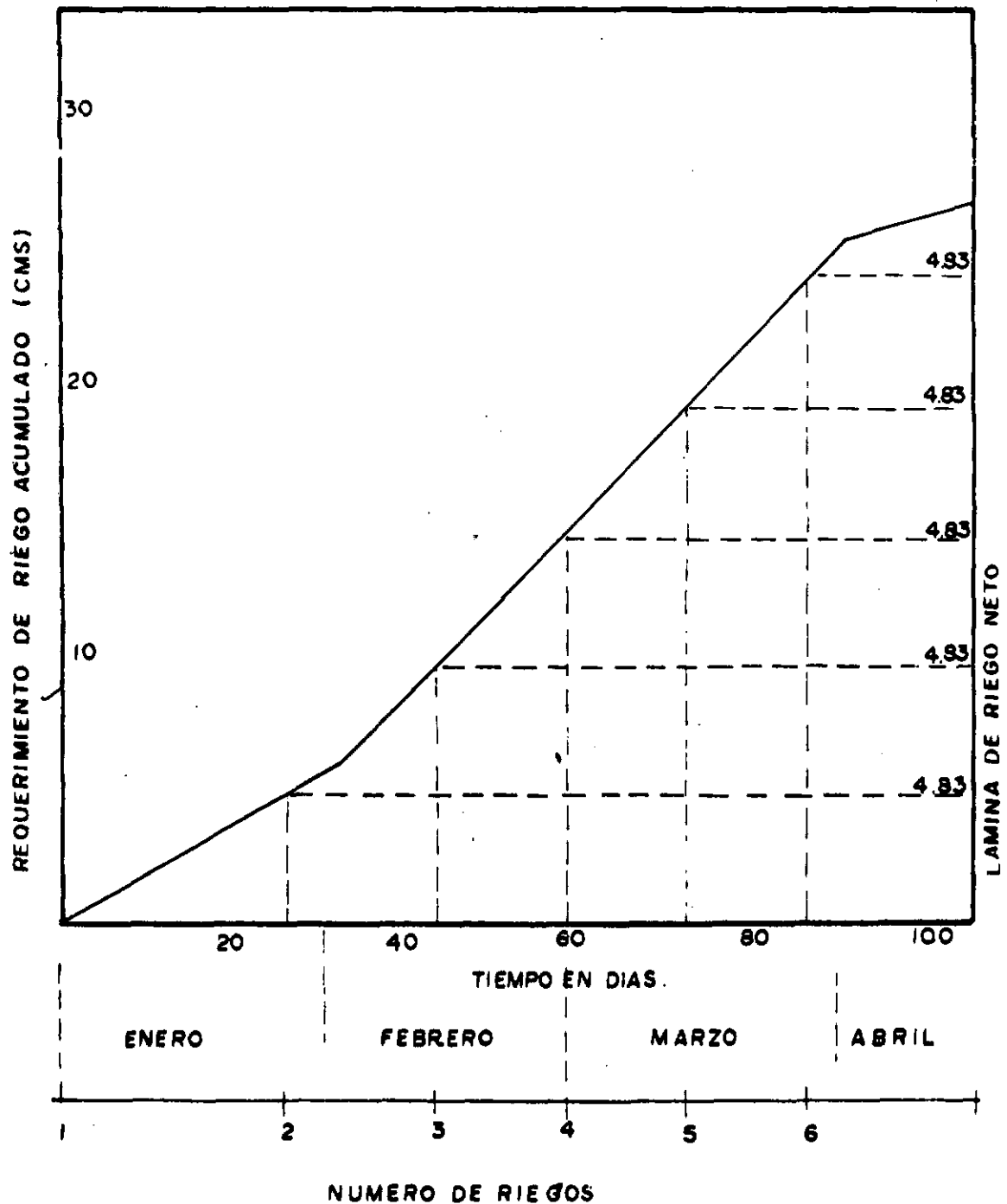
Refiriéndonos a un cultivo típico como el chile pimiento, que cumple todo un ciclo vegetativo de aproximadamente 105 días según la variedad. La calendarización del riego se señala en base a la lámina bruta (db) y neta (dn). Se determinó el calendario de riego por medio del método gráfico (Ver Gráfica No. 5 y Cuadro No. 8) utilizando para el efecto los datos descritos en el Cuadro No. 7.

CUADRO No. 7

DATOS UTILIZADOS EN LA CALENDARIZACION DE RIEGOS

MES	Et (cm.)	Pe (cm.)	Rr (cm.)	Rr Acum (cm.)	Días/mes	Días Acum.
Enero	5.63 ---	---	5.63	5.63	31	31
Febrero	9.07	---	9.07	14.70	28	59
Marzo	11.27	0.42	10.85	25.55	31	90
Abril	4.29	3.25	1.04	26.59	15	105

CALENDARIO GRAFICO DE RIEGOS



CUADRO No. 8

RESUMEN DEL CALENDARIO DE RIEGOS

No. DE RIEGOS	FECHA	INTERVALO (Días)	LAMINA NETA (Cms.)
1	1o Enero	----	8.05
2	26 Enero	25	4.83
3	13 Febrero	17	4.83
4	28 Febrero	15	4.83
5	13 Marzo	12	4.83
6	27 Marzo	14	4.83

6. DISEÑO

6.1 Captación

Se determinó el lugar más adecuado para la captación del agua, considerando aprovechar al máximo la carga hidráulica disponible, así como la posibilidad más económica en cuanto a su ubicación de la fuente de abastecimiento hacia las parcelas a regar. Se diseñó para el efecto un sistema de captación, un desarenador, vertedor y embalse, como se puede apreciar en la Gráfica No. 6 y No. 7.

Desde el punto de vista funcional, se llegó a determinar una diferencia de nivel de 90.59 Mts. del punto de captación hacia la última parcela a regar como cota más baja; además se cuenta un recorrido total de 1873.35 Mts. como línea principal de conducción. Y del área de captación a la primera parcela a regar se determinó una diferencia de nivel de 19.20 Mts. con una distancia de 469.47 Mts. esto lo observamos en las Gráficas No. 1 y No. 2.

6.2 Selección de Aspersores

Basándose en los datos obtenidos de los estudios previos, se seleccionaron los aspersores, usando el procedimiento que a continuación se detalla:

- a. Infiltración Básica (Ib) = 1.57 cm/hora (0.62 pulgadas/hora)
- b. Lámina de Riego Bruta (db) = 6.44 cms.
- c. Intervalo de Riego Crítico (Irc):

$$Irc = \frac{dn}{Et/días. mes} \dots\dots\dots ec 8$$

Donde: Irc = Intervalo de riego crítico (días)

dn = Lámina de riego neta (cms.)

Et = Evapotranspiración para el mes de mayor consumo de agua (cms.)

Substituyendo los valores en la ec 8 el Intervalo de Riego Crítico (Irc) es de 14 días, tomando el mes de marzo como el más crítico.

d. Tiempo de riego por Día (Trd):

Se determinó que el Tiempo de Riego por Día (Trd) es de 20 horas debido a que así cubrimos el área a regar en el intervalo de riego crítico calculado

e. Tiempo de Riego por Turno (Trt):

Se determinó que el Tiempo de Riego por Turno (Trt) es de 6 horas. Contándose con tres turnos por día de riego, con un tiempo de una hora entre cada turno, considerando las operaciones dadas en el sistema.

f) Intensidad de Riego (Ir):

$$Ir = \frac{db}{Trt} \dots\dots\dots ec 9$$

Donde: Ir = Intensidad de riego (cms./hora)

db = Lámina bruta (cms.)

Trt = Tiempo de riego por turno (horas)

De la ec 9 substituyendo valores, la Intensidad de Riego (Ir) da un valor de 1.07 cms./hora (0.42 pulgadas/hora). La Intensidad de riego (Ir) es menor que la Infiltración básica (Ib), por lo que no se darán encharcamientos en el terreno a irrigarse.

g. Separación entre Aspersores y Laterales:

Después de efectuar cálculos con diferentes distanciamientos de laterales y aspersores, se determinó como la más adecuada para su diseño, dimensiones de 30 pies entre aspersores y 40 pies entre laterales.

h. Caudal por Aspersor (Qa):

$$Qa = \frac{Sa \times Sl \times Ir}{95.35} \dots\dots\dots \text{ec 10}$$

Donde: Qa = Caudal por aspersor (GPM)
 Sa = Separación entre aspersores (pies)
 Sl = Separación entre laterales (pies)
 Ir = Intensidad de riego (pulgadas/hora)

De la ec 10 aplicada nos da como resultado un Caudal por aspersor (Qa) de 5.30 GPM.

6.2.1 Tipo de Aspersor

En base a lo determinado anteriormente se consultaron catálogos de aspersores para seleccionar el que cumpliera con las condiciones establecidas, y según especificaciones de Turf Irrigation Equipment and Specifications Manual, (1962). Se seleccionaron los siguientes aspersores (Ver Tabla No. 2 del apéndice).

ESPECIFICACIONES

PRESION

	40 PSI	25 PSI
Marca	Rain-Bird	Rain-Bird
Modelo	20 ADJ	25 PJDA
Caudal	5.3 GPM	4.2 GPM
Diámetro de Cobertura	82 pies	76 pies
Boquilla	11/64"	11/64"

6.3 Diseño de la Línea de Conducción

a. Criterio Utilizado:

El método seleccionado para efectos de diseño de la tubería principal es el de Pérdida de Carga Unitaria. Según Rojas, L. (1980), consiste en seleccionar los diámetros de las tuberías de manea que las pérdidas de carga por fricción no excedan a 1 PSI/100 pies de tubería. PSI = Libras por pulgada cuadrada de presión.

b. Determinación del Diámetro de Tubería Principal:

La pérdida de carga por fricción se calculó usando la fórmula de Hazen-Williams (ec 1) y por facilidad en el cómputo se usó la Tabla No. 3 del Apéndice. Las pérdidas de carga por fricción en la tubería principal, así como diámetros y longitudes se especifican en el Cuadro No. 9.

CUADRO No. 9

ESPECIFICACIONES DE LA TUBERIA PRINCIPAL

TRAMO	LONGITUD (Mts.)	DIAMETRO (Pulg.)	RESISTENCIA (PSI)	Hf/TRAMO (Mts.)	Hf/100 MTS. (Mts.)
A - B	1042.81	4	125	10.64	1.02
B - C	399.53	4	160	4.08	1.02
C - D	431.01	3	160	15.04	3.49

Analizando los tramos A - B y el B - C, el criterio de la pérdida de carga unitaria se mantiene aproximadamente, ahora en el tramo C - D el comportamiento es diferente, debido a que en esta parte la topografía del terreno se hace más pronunciada, con lo cual, la carga hidráulica aumenta y económicamente nos resulta mejor reducir el diámetro de la tubería.

6.4 Diseño de la Línea de Distribución

El procedimiento desarrollado para este tipo de diseño, es el criterio del Flujo con Salidas Múltiples (FSM). Según Rojas, L. (1980), menciona que las pérdidas de carga en el lateral, se calculan por tramos, ya que existiendo múltiples salidas sobre la tubería, el caudal varía, y como consecuencia las pérdidas de carga producidas en cada tramo; se toman en cuenta parámetros en base al caudal total a conducir, incorporado a un lateral de longitud establecida. De modo que, para obtener la pérdida de carga en un lateral con múltiples salidas, se calculan las pérdidas de carga como si se tratara de un caudal constante y este valor se multiplica por un factor "F".

A continuación se detalla el procedimiento del cálculo hidráulico de la tubería de distribución utilizando el criterio propuesto:

- a. Se determina la carga hidráulica disponible a la entrada del lateral.
- b. Para el cálculo de la pérdida de carga por fricción se utiliza la fórmula de Hazen-Williams (ec 1), aplicando el criterio de la pérdida de carga en un lateral con múltiples salidas, se multiplica el valor de la pérdida de carga por el factor "F" que se obtiene de la Tabla No. 4 del Apéndice. La fórmula para determinar el valor de "F" es la siguiente:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{m-1}{6N^2} \dots\dots\dots \text{ec 10}$$

Donde: F = Factor de flujo con salidas múltiples

N = Número de salidas en el lateral

m = Valores dados para 1.85, 1.90 y 2.00

- c. Se procede a manera de no sobrepasar la carga hidráulica disponible, considerando todas las pérdidas de carga operadas en la línea de distribución, tomando en cuenta el diámetro y longitud de la tubería, caudal a conducir y modelo del aspersor a utilizar con todas sus especificaciones.

- d. Se procede a determinar que el gradiente de presión no exceda en una diferencia de 20 o/o entre el primero y último aspersor.
- e. Se realiza el cálculo de la carga dinámica total.

Para los efectos de cálculo bajo condiciones de diseño de riego en época crítica y riego complementario, tomaremos como ejemplo la última parcela a regar.

- a. Carga Hidráulica Disponible (CHD):

Carga Hidráulica Total	 + 90.59 Mts.
Pérdida de Carga por Fricción (Hf) en la tubería de conducción	 - 29.76 Mts.
Pérdidas de carga locales y por accesorios en la tubería de conducción (10 o/o de Hf)	 - 2.98 Mts.
Carga Hidráulica Disponible	 + 57.85 Mts.

- b. Pérdidas de Carga por Fricción (Hf):

En base a la ec 1, con un coeficiente de flujo (C) de 140, con un caudal (Q) de 142.86 GPM y un diámetro interno (Di) de tubería del lateral de 2 pulg. resulta un valor de Pérdida de Carga por Fricción (Hf) de 61.18 Mts./100 Mts. de tubería.

Aplicando los conceptos de Flujo con Salidas Múltiples (FSM):

$$FSM = Hf \times F \quad \text{..... ec 11}$$

Donde: FSM = Flujo con salidas múltiples (Mts./100 Mts.)

Hf = Pérdida de carga por fricción (Mts.), ver Tabla No. 3 del Apéndice.

F = Valor de flujo con salidas múltiples, ver Tabla No. 4 del Apéndice.

El resultado de aplicar la ec 11 da un valor de la Pérdida de Carga por Salidas Múltiples de 22.24 Mts./100 Mts.

c. Carga Requerida a la Entrada del Lateral (Ce):

$$Ce = Ca + Hfl + Hfl' + Cve + Cve' + Cvt \quad \dots\dots\dots \text{ec 12}$$

Donde: Ce = Carga requerida a la entrada del lateral (Mts.)

Ca = Carga requerida por el aspersor (Mts.)

Hfl = Pérdida de carga por fricción en la tubería lateral (Mts.)

Hfl' = Pérdidas de carga locales y por accesorios (10 o/o de Hfl en Mts.)

Cve = Carga a vencer por la altura del elevador en Mts. (se considera 1.00 Mt. de altura)

Cve' = Pérdidas de carga locales y por accesorios en el elevador (10 o/o de Cve en Mts.)

Cvt = Carga a vencer por variantes de cotas en el terreno (Mts.)

Al realizar la sumatoria de todas las pérdidas de carga que se operan en un lateral, — según ec 12, da una Carga Requerida a la Entrada del Lateral (Ce) de 53.56 Mts.
Deducimos que la carga requerida a la entrada del lateral (Ce) es ligeramente menor que la carga hidráulica disponible (CHD), con lo cual los aspersores de la línea del lateral funcionarán con la presión requerida.

d. Gradiente de Presión Permisible (GPP):

Se analiza este punto por las distintas variantes que puedan existir en la topografía del terreno (diferencia de cotas), como ejemplo tomamos la última parcela a regar que posee una variante de cotas de 3.00 Mts., entonces:

$$Pi = Pm + 3/4 Hf \quad \dots\dots\dots \text{ec 13}$$

Donde: Pi = Presión inicial del aspersor (Mts.)

Pm = Presión media (según modelo del aspersor. En Mts.)

Hf = Pérdida de carga por fricción (Mts.)

Substituyendo los valores en la ec 13 da como resultado una Presión Inicial (Pi) del aspersor de 44.68 Mts.

$$Pf = Pm - 1/4 Hf \quad \dots\dots\dots \text{ec 14}$$

Dependiendo del modelo del aspersor y la pérdida de carga por fricción en el lateral, da como resultado la Presión Final (Pf) del aspersor de 46.93 Mts.

El gradiente de presión entre el primero y último aspersor de la parcela a regar es de 4.79 o/o, tomando como parámetro de no sobrepasar el 20 o/o de diferencia de presiones, considerándose aceptable para un buen funcionamiento de los aspersores.

Nota: Se toman $3/4$ de H_f debido a que en la primera mitad de la longitud del lateral se pierden $3/4$ de H_f , y en la otra mitad se pierden $1/4$ de H_f .

e. Carga Dinámica Total (CDT):

$$CDT = C_e + H_f + H_f + C_H \quad \dots\dots\dots \text{ec 15}$$

Donde: CDT = Carga dinámica total (Mts.)

C_e = Carga requerida a la entrada del lateral (Mts.)

H_f = Pérdida de carga por fricción en la tubería principal (Mts.)

H_f' = Pérdidas de carga locales y por accesorios en la tubería principal (10 o/o de H_f en Mts.)

C_H = Carga Hidráulica a aprovechar (Mts.)

Entonces con una carga hidráulica total de 90.59 Mts., una carga hidráulica disponible de 57.87 mts. y una carga requerida a la entrada del lateral (C_e) de 53.56 Mts., nos da un margen de seguridad de utilización de la carga hidráulica de + 7.27 mts. De aquí concluimos que la carga hidráulica la estamos utilizando debida y eficientemente en la operación de los aspersores tanto bajo condiciones de riego en época crítica como en riego complementario.

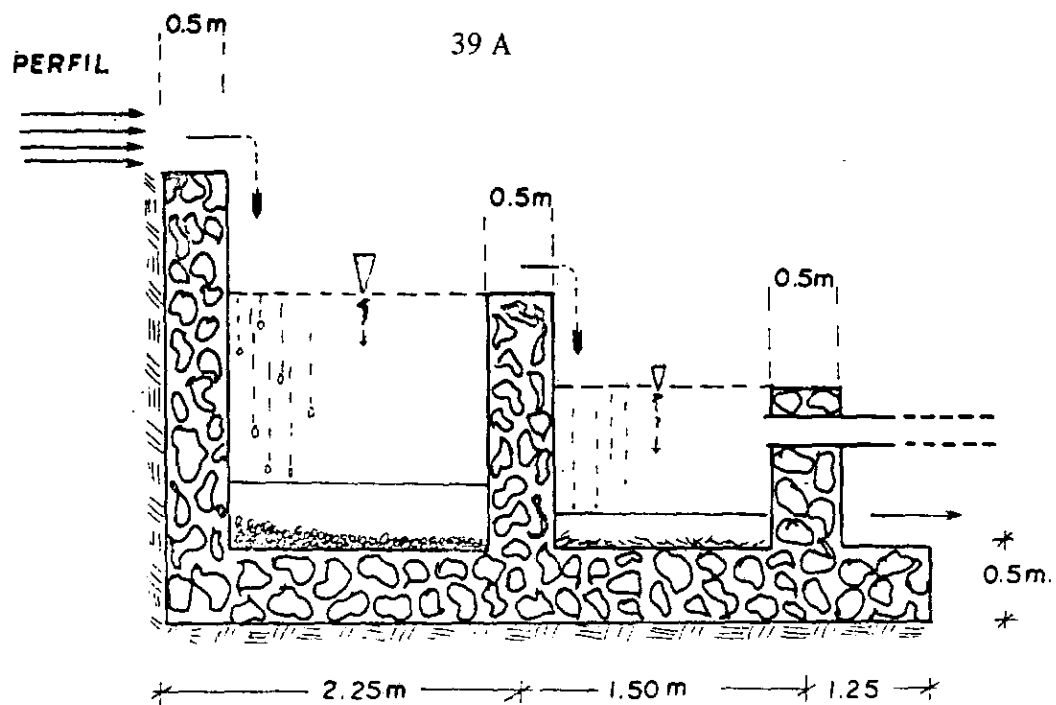
6.5 Operación del Sistema en Condiciones Críticas y Riego Complementario:

Para las condiciones de riego en época crítica el orden de operación se da en la Gráfica No. 8, regándose una parcela por turno, el área a regar total es de 3.5 Ha. (5.0 Mz.), con un área a regar por día de 0.25 Ha., el área de riego por turno es de 0.08 Ha. (833.33 Mts²), el número de aspersores por lateral a utilizar en cada turno es de 9.

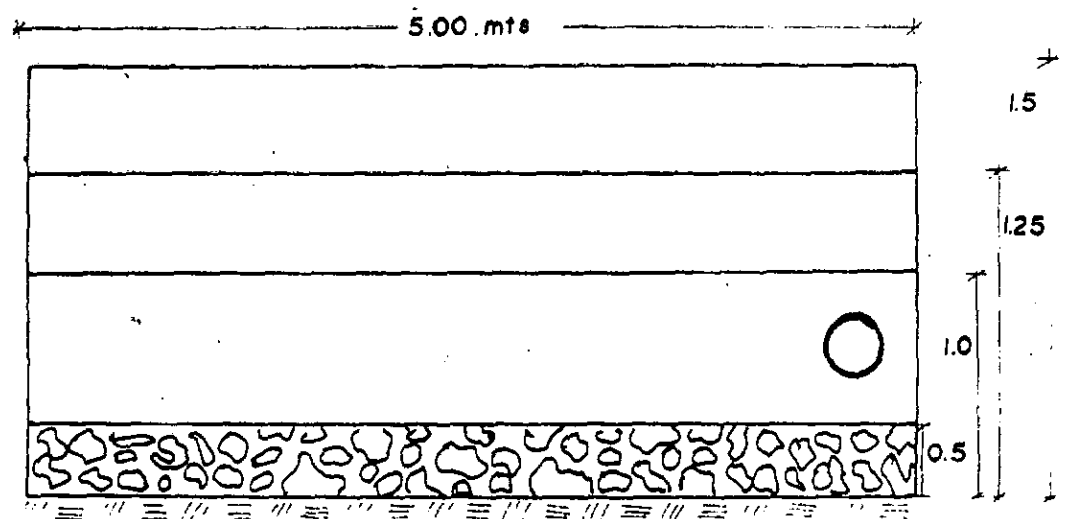
En condiciones de riego complementario está diseñado para la época de Octubre a Enero (disminución paulatina del caudal de la fuente de abastecimiento del proyecto), en éste tiempo el área total de riego se incrementa a 10.5 Ha. (15.0 Mz.), con un caudal a derivar de 9 lts/seg. (142.86 GPM), el número de aspersores por lateral es de 27. El área a regar por día es de 0.75 Ha. (1.07 Mz.), el área de riego por turno es de 0.25 Ha. (0.36 Mz.). La operación es en la siguiente forma: Las parcelas 1-10 funcionarán en condiciones de riego crítico y de riego complementario. Las parcelas 1-15 operarán con aspersores de 25 PSI, y las parcelas 16-31 con aspersores de 40 PSI, como puede observarse en la Gráfica No. 8.

6.6 Arreglo de la Línea de Conducción y Distribución

La ubicación, disposición de la tubería principal; así como la ubicación de cada parcela a regar y operación del sistema se observa en la Gráfica No. 8. En la Gráfica No. 9 se observa la distribución de los aspersores en época crítica; dependiendo de la forma de la parcela, predominando tres formas de parcelas regables con la misma área de riego.

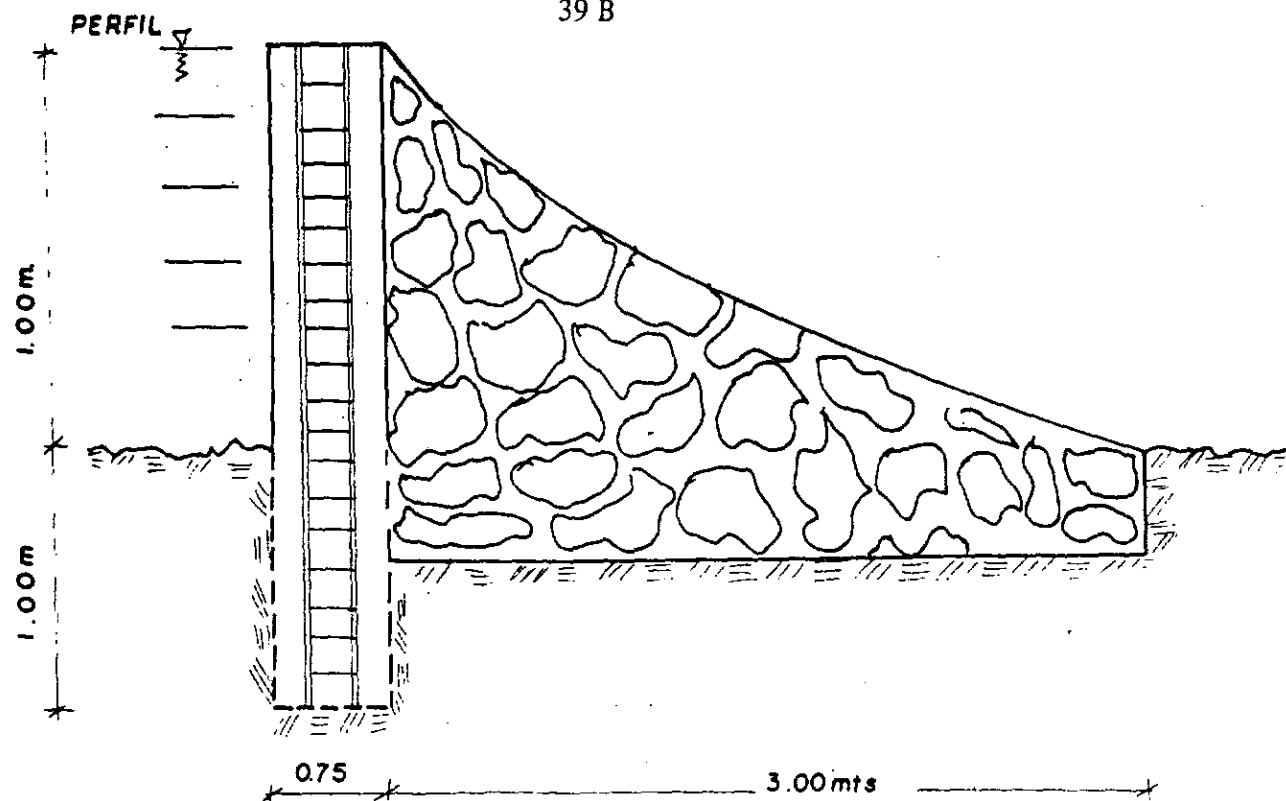


VISTA FRONTAL

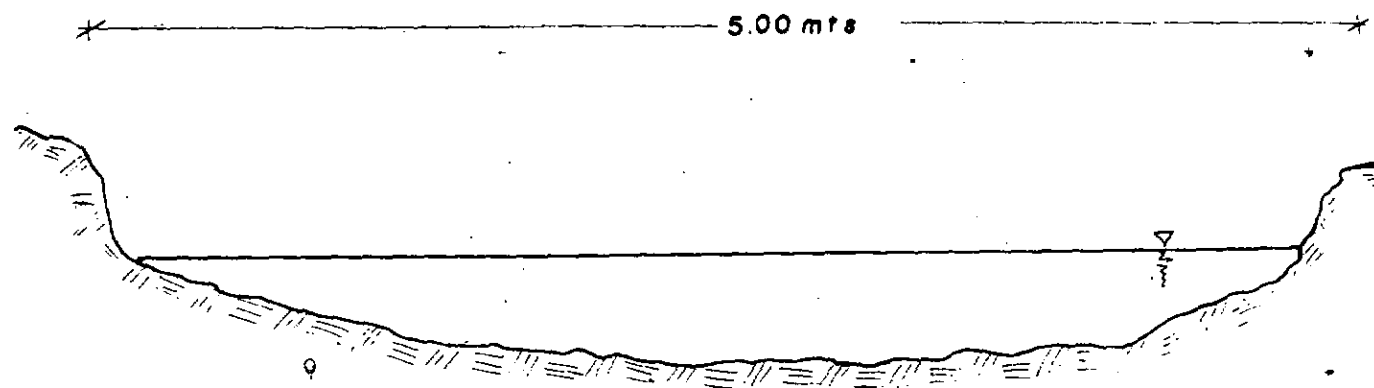


GRAFICA N. 6 DESARENADOR

39 B

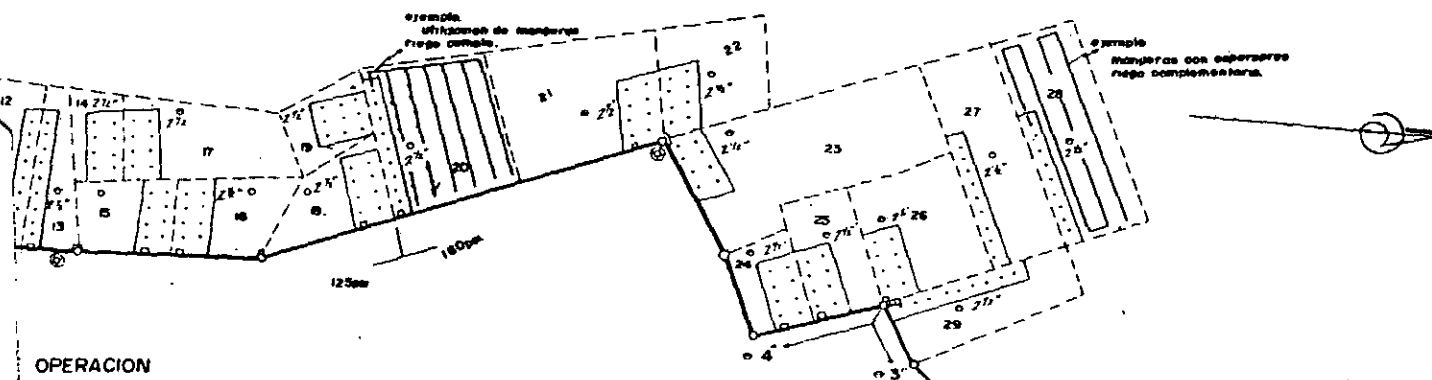


VISTA FRONTAL



GRAFICA No. 7

PRESA DE CAPTACION



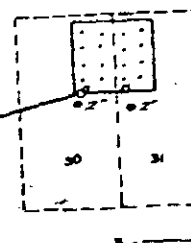
OPERACION

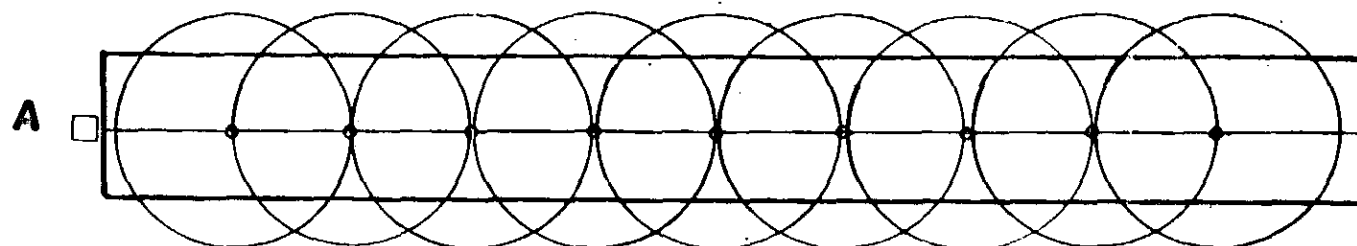
OPERACION DEL SISTEMA

DIA	TURNO	PARCELA
1	1	1
	2	11
	3	21
2	4	2
	5	12
	6	22
3	7	3
	8	13
	9	23
4	10	4
	11	14
	12	24
5	13	5
	14	15
	15	25

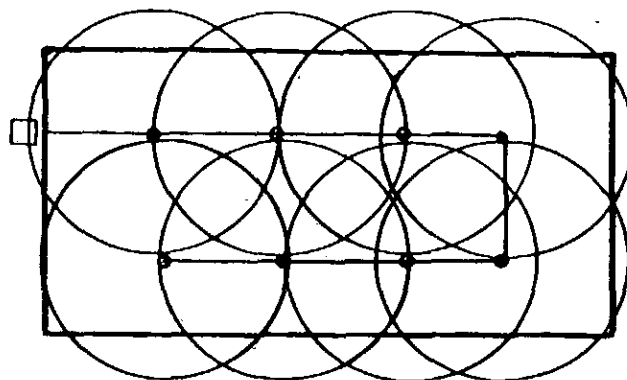
DIA	TURNO	PARCELA
6	16	6
	17	16
	18	26
7	19	7
	20	17
	21	27
8	22	8
	23	18
	24	28
9	25	9
	26	19
	27	29
10	28	10
	29	20
	30	30
11	31	31

PLANTA
ESCALA 1:2500

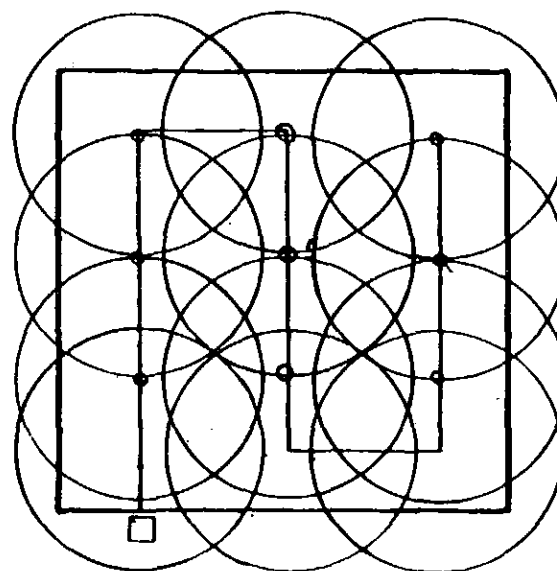




B



C



A, B, C:

A: FORMA A REGAR EN UN TURNO

PARCELAS REPRESENTATIVAS DEL AREA
EN TODO EL TERRENO, SEPARADAS UNA
UNA DE LA OTRA

REFERENCIAS

- ASPERSOR
- ⊖ TRASLAPE ASPERSORES
- LIMITE A REGAR
- LINEA DE ASPERSORES

FORMAS DE PARCELAS A REGAR

GRAFICO= No 9

7. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

7.1. De Cultivo

Cultivo	Chile Pimiento
Ciclo Vegetativo	105 Días
Siembra	1o de Enero
Cosecha	15 de Abril
Profundidad Radicular	0.50 Mts.
Altura Media	1.00 Mts.
Evapotranspiración/Ciclo Vegetativo	302.56 mm.

7.2. De Riego

7.2.1. Generales

Lámina de Riego Neta	4.83 cms.
Lámina de Riego Bruta	6.44 cms.
Intervalo de Riego Crítico	14 Días
Mes Crítico	Marzo
Número de Riegos por Ciclo	6
Tiempo de Riego Diario	20 Horas
Número de Turnos Diarios	3
Tiempo de Riego por Turno	6 Horas
Tiempo para Cambio de Posiciones	1 Hora
Infiltración Básica	1.57 cm./hora
Intensidad de Riego	1.07 cm./hora

7.2.2. Aspersores

Presión	25 PSI	40 PSI
Boquillas	1 1/64 pulg.	1 1/64 pulg.

Caudal	4.2 GPM	5.3 GPM
Diámetro de cobertura	76 pies	82 pies
Traslape entre aspersores	50 o/o	50 o/o
Separación entre aspersores	30 pies	30 pies
Modelo recomendado	25 PJDA	20 ADJ
	Rain-Bird	Rain-Bird

7.2.3. Laterales

Diámetro de tuberías	2, 2 1/2 pulg.
Material	PVC de 125 y 160 PSI y Poliducto
Separación entre laterales	40 pies
Longitudes	Variables

7.2.4. Principal

Diámetros	4 pulg.	3 pulg.
Material	PVC	PVC
Longitudes	1442.34 Mts.	431.01 Mts.

7.3. De Operación y Manejo

Area total de riego	3.5 Ha. en época crítica
	10.5 Ha. para riego complementario

	Epoca Crítica	Complementario
Area de Riego por Día	0.25 Ha.	0.75 Ha.
Area de Riego por Turno	0.08 Ha.	0.25 Ha.
Número de Laterales por Turno	Ver Gráfica No. 8	
Número de aspersores por lateral	9	27
Caudal por lateral	48 GPM	142.86 GPM
Caudal a derivar	48 GPM	142.86 GPM
Carga requerida a la entrada del lat.	53.56 Mts.	
Carga Hidráulica Total	90.24 Mts.	

8. ESTIMACION DE COSTOS

8.1. Costos de Tuberías, Accesorios y Materiales

171 tubos de 4", PVC, 125 PSI

66 tubos de 4", PVC, 160 PSI

71 tubos de 3", PVC, 160 PSI

188 tubos de 2", PVC, 125 PSI

142 tubos de 2 1/2", PVC, 125 PSI

154 tubos de 2 1/2", PVC, 160 PSI

25 tubos de 2", PVC, 160 PSI

Accesorios diversos de PVC y Poliducto

5 mangueras de alta presión de 300 pies de 2 1/2"

1 manguera de alta presión de 300 pies de 2"

10 galones de cemento solvente

Total Q 24,000.00

8.2. Costos de Equipo y Accesorios

18 aspersores, marca RainBird, modelo 25 PJDA

18 aspersores, marca RAIN-BIRD, modelo 20 ADJ

36 elevadores de 1", de hierro galvanizado

36 reducidos de campana de 1" x 3/4" de HG.

4 válvulas de compuerta de 4" y de 3"

12 llaves de paso de 2" de hierro galvanizado

19 llaves de paso de 2 1/2" de HG

6 acoples de mangueras de alta presión

Total Q 1,500.00

8.3. Construcciones

Presa de captación

Desarenador

Total Q 2,500.00

8.4. Imprevistos 10 o/o / Costos Q 2,800.00

9. ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

Un análisis razonable y preciso de la totalidad de la empresa agrícola en las condiciones existentes u originales, es esencial. La información correspondiente a la actividad o actividades implicadas, puede ser adecuada para evaluar los resultados del riego suplementario, valiéndose para ello de un análisis económico-financiero. Hedges, T. (1967).

9.1. Criterios para el Análisis

- Valor Presente Neto (VPN)
- Relación Beneficio-Costo (B/C)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Costos Totales de Producción Agrícola en base a una Ha.
- La evaluación económica se proyectó a 20 años plazo, incluyendo un año como período de realización de la obra.
- Como fuente de financiamiento, se realizará por medio de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID), bajo condiciones de una tasa de interés del 2 o/o.
- El costo de oportunidad del capital han sido actualizados a una tasa del 15o/o anual.

9.2. Estimación de Costos

9.2.1. Costos de Producción Agrícola

Dependiendo básicamente de las condiciones climáticas que prevalecen en la aldea Los Tecomates, es factible producir una cosecha al año, generalmente de cultivos tradicionales como el maíz, pero con un riego suplementario es factible obtener hasta tres cosechas de cultivos diversos al año, que resultan rentables con un ciclo vegetativo de 4 meses. Para los efectos se efectuó el análisis económico de cultivo sin riego con maíz y bajo riego el chile pimiento, coliflor y brócoli. Los costos de producción agrícola por hectárea de cada cultivo aparecen en el Cuadro No. 10. El resumen de costos, ingresos y beneficios agrícolas se demuestran en el Cuadro No. 11.

CUADRO No. 10

COSTOS DE PRODUCCION POR HECTAREA PARA 1984.

(En Quetzales)

ACTIVIDAD	CON RIEGO			SIN RIEGO
	COLIFLOR *	BROCOLI *	CHILE PIM. **	RAIZ **
COSTOS DIRECTOS				
1) Preparación del Terreno				
a) Arado	40.00	40.00	50.00	40.00
b) Rastreado	20.00	20.00	30.00	20.00
c) Suerqueado o Rayado	5.00	8.00	20.00	15.00
2) Mano de Obra				
a) Semilleros	16.00	12.00	60.00	-----
b) Siembra o Trasplante	52.00	52.00	37.00	15.00
c) Transporte Plantilla	6.00	6.00	10.00	-----
d) 1a. Fertilización	12.00	12.00	100.00	10.00
e) 2a Fertilización	6.00	6.00	100.00	15.00
f) Control Plagas y Enf.	30.00	28.00	47.00	20.00
g) Control de malezas	36.00	36.00	137.00	50.00
h) Cosecha y Clasificac.	32.00	22.00	170.00	40.00
i) Transporte	10.00	8.00	150.00	30.00
3) Insumos				
a) Semilla	120.00	75.00	30.00	-----
b) Fertilizante	200.00	200.00	203.00	65.00
c) Insecticidas	65.00	65.00	30.00	30.00
d) Fungicidas	35.00	30.00	30.00	-----
TOTAL COSTOS DIRECTOS	625.00	610.00	1264.00	350.00
COSTOS INDIRECTOS				
1) Arrendamiento	90.00	90.00	75.00	50.00
2) Interés 8% s/CD	55.00	49.00	103.00	20.00
3) Administración 15% s/CD	103.00	93.00	193.00	53.00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	248.00	232.00	371.00	131.00
TOTAL COSTOS	933.00	850.00	1655.00	481.00

FUENTE:

* Boletín Informativo, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

** Estadísticas de Producción, Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA)

CUADRO No. 11

RESUMEN DE COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS AGRICOLAS

(En Quetzales)

CULTIVO	PRODUCCION $\bar{X}$ qq.	PRECIO POR UNIDAD	BENEFICIOS BRUTOS	COSTOS DE PRODUCCION	BENEFICIOS NETOS
Maíz * *	60	10.00	600.00	481.00	119.00
Tot. Sin Riego/Año	60	10.00	600.00	481.00	119.00
Coliflor *	175	14.00	2450.00	933.00	1517.00
Brócoli *	140	14.00	1960.00	850.00	1110.00
Chile Pimiento **	130	18.00	2340.00	1655.00	685.00
Tot. Con Riego/Año	445	46.00	6750.00	3438.00	3312.00

FUENTE: * Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

* * Dirección General de Servicios Agrícolas

9.2.2. Inversiones

Para la realización del proyecto requiere de una inversión total de Q 30,800.00 desglosándose en la siguiente forma:

a.	Costo de Tuberías, Accesorios y Materiales	Q 24,000.00
b.	Costos de Equipo y Accesorios	Q 1,500.00
c.	Construcciones	Q 2,500.00
d.	Imprevistos (10 o/o / Costos)	Q 2,800.00

Inversión Total Q 30,800.00

Inversión por Hectárea Q 2,933.00

9.2.3. Costos Financieros

Estimación del Servicio de la Deuda

La forma de pago durante la vida útil del proyecto, se realizó mediante un cálculo de amortización e intereses de la deuda, así como se muestra en el Cuadro No. 12

CUADRO No. 12

ESTIMACION DEL SERVICIO DE LA DEUDA
(En Quetzales)

AÑO	SALDO	AMORTIZACION	INTERES	CUOTA NIVELADA
1	2933.33	-----	58.67	58.67
2	2933.33	-----	58.67	58.67
3	2933.33	137.00	58.67	195.67
4	2796.33	139.74	55.93	195.67
5	2656.59	142.54	53.13	195.67
6	2514.05	145.39	50.28	195.67
7	2368.66	148.30	47.37	195.67
8	2220.36	151.26	44.41	195.67
9	2069.10	154.29	41.38	195.67
10	1914.81	157.37	38.30	195.67
11	1757.44	160.52	35.15	195.67
12	1596.92	163.73	31.94	195.67
13	1433.19	167.01	28.66	195.67
14	1266.18	170.35	25.32	195.67
15	1095.83	173.75	21.92	195.67
16	922.08	177.23	18.44	195.67
17	744.85	180.77	14.90	195.67
18	564.08	184.39	11.28	195.67
19	379.69	188.08	7.59	195.67
20	191.61	191.61	3.83	195.67

9.3. Flujo de Fondos

El flujo de fondos nos demuestra los beneficios netos del proyecto. Se analizan los costos y beneficios, sin riego y con riego. Los beneficios brutos resultan de la diferencia entre los beneficios netos sin riego y los beneficios netos con el proyecto de riego establecido.

Los costos totales comprenden los de inversión y servicios de la deuda.

Los beneficios incrementales indican los beneficios netos del proyecto, estableciéndose considerables, debido a que antes se sembraba como cultivo tradicional el maíz sin riego, y los cultivos propuestos se consideran altamente rentables. Los beneficios incrementales o flujo de caja, resultan, de los beneficios brutos menos los costos totales. Ver Cuadro No. 13

CUADRO No. 13

FLUJO DE FONDOS

(En Quetzales)

AÑO	BENEFICIOS			COSTOS			BENEFICIOS INCREMENTALES
	CON RIEGO	SIN RIEGO	BRUTOS	INVERSION	SERVICIOS D/L DEUDA	TOTAL	
1	119.00	119.00	-----	2933.33	58.67	2992.00	- 2992.00
2	3312.00	119.00	3193.00	-----	58.67	58.67	3134.33
3-15	3312.00	119.00	3193.00	-----	40.96	40.96	3152.04
16	3312.00	119.00	3193.00	-----	18.44	18.44	3174.56
17-20	3312.00	119.00	3193.00	-----	9.40	9.40	3183.60

9.4. Evaluación Financiera

9.4.1. Valor Presente Neto

Es el valor que tienen hoy los ingresos futuros de un proyecto a la tasa de oportunidad del capital, en un período determinado del año. Bajo condiciones de una tasa de oportunidad del capital, en éste proyecto se consideró de 15 o/o en un período de 20 años, siendo así que nos da como resultado un valor del Q 14,385.65, lo cual nos indica el beneficio total del proyecto por hectárea. Ver Cuadro No. 14

$$VPN = Td \times C \dots\dots\dots \text{ec. 16}$$

Donde: VPN = Valor presente neto
Td = Tasa de descuento
C = Capital

9.4.2 Relación Beneficio-Costo

Es la relación de los beneficios brutos del proyecto, entre los costos totales actualizados a la tasa de oportunidad del capital, en un período determinado de años.

Al realizar este cálculo de la relación beneficio-costo en el proyecto, nos da un valor de 6.09, indicándonos que el proyecto es financieramente factible. Ver cuadro No. 14

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Beneficios Brutos Actualizados}}{\text{Costos Totales Actualizados}}$$

9.4.3. Tasa Interna de Retorno

Es la tasa de actualización que iguala a cero el beneficio incremental del proyecto, lo que equivale decir que iguala el valor actual de los beneficios incrementales al valor actual de los costos incrementales.

La Tasa Interna de Retorno resultó ser de 105.47o/o indicándonos una alta rentabilidad, por lo que la ejecución del proyecto sería financieramente factible. Ver Cuadro No. 14.

Los proyectos financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), aceptan una tasa interna de retorno no mayor 40 o/o, si es mayor se considera que se está alterando demasiado la relación beneficio-costos. En nuestro caso resulta alta porque no se toman en cuenta los costos de construcción, estudio y diseño del proyecto, ya que estos están subvencionados por el gobierno, además no se toma en cuenta el costo de la mano de obra en la construcción, debido a que las condiciones del préstamo otorgado por la Agencia Internacional de Desarrollo (AID) se especifica a la compra de materiales y no a la mano de obra.

$$TIR = Tai + (Tas - Tai) \frac{VPN.Ti}{VPN.Ti + VPN.Ts} \dots\dots ec. 17$$

Donde: Tai = Tasa de actualización anterior o inferior
 Tas = Tasa de actualización superior
 VPN.Ti = Valor presente neto de tasa inferior
 VPN.Ts = Valor presente neto de tasa superior

CUADRO No. 14

FLUJO ACTUALIZADO DE FONDOS
(EN QUETZALES)

AÑO	BENEFICIOS BRUTOS	BENEFICIOS BRUTOS ACTUALIZADOS	COSTOS TOTALES	COSTOS TOTALES ACTUALIZADOS	BENEFICIOS INCREMENTALES	VPN AL 15 o/o	VPN AL 99 o/o	VPN AL 110 o/o
1	—	—	2992.00	2601.74	-2992.00	-2601.74	-1503.52	-1424.76
2	3193.00	2414.37	58.67	44.36	3134.33	2370.00	791.48	710.73
3-15	3193.00	13479.76	40.96	172.92	3152.04	13306.84	803.88	649.73
16	3193.00	341.22	18.44	1.97	3174.56	339.25	0.05	0.02
17-20	3193.00	974.17	9.40	2.87	3183.60	971.30	0.05	0.02
		17,209.52		2,823.86		14,385.65	+91.94	-64.26

Para actualizar los fondos a una tasa de interés y plazo determinado, se multiplica el valor que se desea actualizar por la tasa de descuento.

$$\text{Tasa de Descuento/año} = \frac{1}{(1 + i)^n} \quad \text{Tasa Descuento/varios años} = \frac{i}{1 - \frac{1}{(1 + i)^n}}$$

Donde: i = Interés a la Tasa Establecida
 n = Número de Años

9.4.4 Análisis de Sensibilidad

Se refiere básicamente al riesgo del capital invertido en la realización del proyecto, al efectuar las evaluaciones se operan incrementos del 10 o/o sobre los costos totales y un decremento del 10 o/o en los beneficios obtenidos por hectárea. Los resultados indican que es factible la realización del proyecto como se muestra en el cuadro No. 15 y No. 16.

CUADRO No. 15

ANALISIS DE SENSIBILIDAD PARA RIEGO COMPLEMENTARIO

(En Quetzales)

INDICADOR	VALORES OBTENIDOS	10 o/o INCREMENTO EN COSTOS TOTALES	10 o/o DECREMENTO EN BENEFICIOS BRUTOS
VPN	14,385.65	13,289.54	12,664.72
V/C	6.09	5.54	5.48
TIR	105.47 o/o	96.95 o/o	94.74 o/o

CUADRO No. 16

ANALISIS DE SENSIBILIDAD PARA RIEGO CRITICO

INDICADOR	VALORES OBTENIDOS	10 o/o INCREMENTO EN COSTOS TOTALES	10 o/o DECREMENTO EN BENEFICIOS BRUTOS
VPN	8,738.03	7,890.88	6,018.44
B/C	2.03	1.85	1.83
TIR	34.82 o/o	30.76	30.45

10. CONCLUSIONES

En base a estudio realizado se concluye lo siguiente:

- 10.1 Técnicamente es factible la introducción de agua para fines de riego en la aldea Los Tecomates, aprovechando al máximo la carga hidráulica disponible.
- 10.2 De acuerdo a las investigaciones realizadas en cuanto a disponibilidad de agua existe limitante en época de estiaje (3 lts./seg. = 48 GPM); en lo que se refiere a calidad de agua, el río El Molino posee buenas características para usos de riego en el proyecto.
- 10.3 La fuente de agua disponible permite regar un máximo de 3.5 Ha. (5.0 Mz.) en época de estiaje, y de 10.5 Ha. (15.0 Mz.) en época cuando el riego se usa como complemento de lluvia.
- 10.4 No existe ninguna limitante en cuanto a la producción de cultivos adaptables al área bajo riego, en base a estudios físico-químicos del suelo.
- 10.5 Se determinó como cultivo base para el diseño del proyecto el Chile Pimiento (*Capsicum frutescens*, L.) por ser mayor demandante en cuanto a cantidad de agua; bajo estas condiciones es necesario aplicar una lámina neta de 4.83 cms. intervalo de riego crítico de 14 días en la época crítica (Enero-Abril).
- 10.6 La operación y manejo del sistema de riego deberá efectuarse según las especificaciones establecidas en el numeral 7.2.
- 10.7 Según el análisis económico-financiero realizado, el costo inicial del sistema es de Q 30,800.00 y el costo por hectárea es de Q 2,933.33 quetzales.
- 10.8 En base a la evaluación financiera del proyecto, es considerado rentable, pues la relación beneficio-costos es de 6.09, de donde se interpreta: que por cada quetzal invertido se obtienen 5.09 quetzales de ganancia.

11. RECOMENDACIONES

De acuerdo al estudio realizado y las conclusiones obtenidas, se recomienda lo siguiente:

- 11.1 Promover la construcción del sistema de riego, pues basándonos en la evaluación económica, se determinan las proyecciones de ingresos y egresos como resultado de las actividades agrícolas durante la vida útil del proyecto y bajo condiciones de explotación considerables, así como proveer márgenes de utilidad aceptables, se recomienda además agilizar los trámites necesarios para lograr el financiamiento a corto plazo.
- 11.2. Promover la organización dentro de los usuarios del riego a fin de incrementar el buen funcionamiento del proyecto.
- 11.3. Incrementar las actividades relacionadas en cuanto a asistencia técnica, crediticia y social a fin de constituirse una alternativa para el desarrollo de la comunidad.
- 11.4. Incrementar las investigaciones agrícolas en el área de riego, relacionadas a la irrigación, implementadas a las técnicas de cultivos.
- 11.5 Mejorar los canales de comercialización con el objeto de lograr mejores perspectivas económicas al agricultor.

12. APENDICE

Tabla No. 1

Coeficiente de cultivo (kc)

CULTIVO	Fases de desarrollo del cultivo					Periodo vegetativo total
	Inicial	Desarrollo del cultivo	Mediados del periodo	Finales del periodo	Recolección	
Banana tropical	0,4-0,5	0,7-0,85	1,0 -1,1	0,9 -1,0	0,75-0,85	0,7 -0,8
subtropical	0,5-0,65	0,8-0,9	1,0 -1,2	1,0 -1,15	1,0 -1,15	0,85-0,95
Frijol verde	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9 -0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
seco	0,3-0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7 -0,8
Col	0,4-0,5	0,7 -0,8	0,95-1,1	0,9 -1,0	0,8 -0,95	0,7 -0,8
Algodón	0,4-0,5	0,7 -0,8	1,05-1,25	0,8 -0,9	0,65-0,7	0,8 -0,9
Vid	0,35-0,55	0,6 -0,8	0,7 -0,9	0,6 -0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Cacahuete	0,4 -0,5	0,7 -0,8	0,95-1,1	0,75-0,85	0,55-0,6	0,75-0,8
Maíz dulce	0,3 -0,5	0,7 -0,9	1,05-1,2	1,0 -1,15	0,95-1,1	0,8 -0,95
grano	0,3 -0,5	0,7 -0,85	1,05-1,2	0,8 -0,95	0,55-0,6	0,75-0,9
Cebolla seca	0,4 -0,6	0,7 -0,8	0,95-1,1	0,85-0,9	0,75-0,85	0,8 -0,9
verde	0,4 -0,6	0,6 -0,75	0,95-1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,8
Guisante, fresco	0,4 -0,5	0,7 -0,85	1,05-1,2	1,0 -1,15	0,95-1,1	0,8 -0,95
Pimentón, fresco	0,3 -0,4	0,6 -0,75	0,95-1,1	0,85-1,0	0,8 -0,9	0,7 -0,8
Patata	0,4 -0,5	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,75-0,75	0,75-0,9
Arroz	1,1 -1,15	1,1 -1,5	1,1 -1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Cártamo	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,2 -0,25	0,65-0,7
Sorgo	0,3 -0,4	0,7 -0,75	1,0 -1,15	0,75-0,8	0,5 -0,55	0,75-0,85
Soja	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,0 -1,15	0,7 -0,8	0,4 -0,5	0,75-0,9
Remolacha azuc.	0,4 -0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9 -1,0	0,6 -0,7	0,8 -0,9
Cana de azúcar	0,4 -0,5	0,7 -1,0	1,0 -1,3	0,75-0,8	0,5 -0,6	0,85-1,05
Girasol	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,7 -0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabaco	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,0 -1,2	0,9 -1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4 -0,5	0,7 -0,8	1,05-1,25	0,8 -0,95	0,6 -0,65	0,75-0,9
Sandía	0,4 -0,5	0,7 -0,8	0,95-1,05	0,8 -0,9	0,65-0,75	0,75-0,85
Trigo	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2 -0,25	0,8 -0,9
Alfalfa	0,3 -0,4				1,05-1,2	0,85-1,05
Cítricos						
desyerbe total						0,65-0,75
sin control de malezas						0,85-0,9
Olivo						0,4 -0,6

Primera figura: Con humedad elevada ($EH_{min} > 70\%$) y poco viento ($U < 5$ m/seg).Segunda figura: Con humedad reducida ($EH_{min} < 20\%$) y fuerte viento (> 5 m/seg).

20ADJ

These brass full circle impact sprinklers are designed to be installed on risers for irrigating small to medium areas of ground cover, shrubs or flower beds. Ideal for slope applications. Operate in a wide variety of landscape irrigation applications. Constructed of bronze, brass and stainless steel and built to resist corrosion, while providing reliable operation even in sandy conditions.

Operating Range

*Precipitation Rate:

.12 to .38 ins./hr.

Spacing: 36 to 50 ft

Pressure: 20 to 70 psi:

(Performance depends on operating pressure, spacing and nozzle selected.)

Features

- Proven impact drive
- Straight-through flow
- Distance control diffuser pin
- Wide choice of nozzles

Specifications

- ½" Male thread
- For standard nozzle at normal operating pressure the highest point of stream is 7' above nozzle.

20ADJ

PSI	Radius	GPM	Nozzle	*Precip. ■	*Precip. ▲
20	36	2.0	1/8"	.15	.12
	37	2.5	9/64"	.18	.14
	37	3.0	5/32"	‡ .21	.17
	37	3.7	11/64"	.26	.21
	37	4.3	3/16"	.30	.24
30	38	2.4	1/8"	.16	.13
	39	3.1	9/64"	.20	.16
	39	3.8	5/32"	‡ .24	.19
	40	4.6	11/64"	.28	.22
	40	5.4	3/16"	.33	.26
40	39	2.9	1/8"	.18	.15
	40	3.6	9/64"	.22	.17
	40	4.4	5/32"	‡ .26	.21
	41	5.3	11/64"	.30	.24
	41	6.3	3/16"	.36	.29
50	40	3.2	1/8"	.19	.16
	41	4.0	9/64"	.23	.19
	41	5.0	5/32"	‡ .29	.23
	42	6.0	11/64"	.33	.26
	42	7.0	3/16"	.38	.31
60	40	3.6	1/8"	.22	.17
	41	4.4	9/64"	.25	.20
	41	5.5	5/32"	‡ .32	.25
	42	6.5	11/64"	.35	.28
70	40	3.9	1/8"	.23	.19
	41	4.8	9/64"	.27	.22
	41	5.9	5/32"	‡ .34	.27

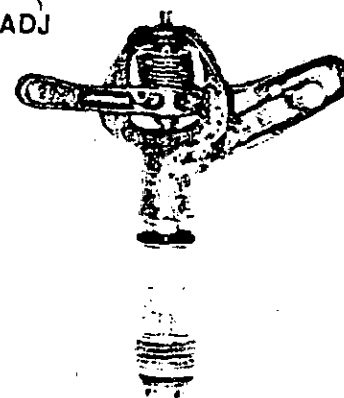
*Precipitation Rate — inches per hour. Rates based on full circle operation.

■ Square spacing based on 50% of diameter of throw

▲ Triangular spacing based on 60% of diameter of throw

Non-shaded areas in performance charts are recommended for optimum distribution

‡ Standard Nozzle Size recommended

20ADJ

25PJ

These brass **part circle impact sprinklers** are designed to be installed on risers for irrigating small to medium areas of ground cover, shrubs or flower beds. Ideal for slope applications. They operate in a wide variety of landscape irrigation applications and are equipped with the special Precision Jet feature, which conserves water and energy by discharging water only in the area to be irrigated. Constructed of bronze, brass and stainless steel. Built to resist corrosion, while providing reliable operation even in sandy conditions.

Operating Range

*Precipitation Rate.

.32 to .77 ins./hr

Spacing: 36 to 50 ft.

Pressure: 25 to 50 psi

(Performance depends on operating pressure, spacing and nozzle selected)

Features

- Impact drive
- Straight-through flow
- Adjustable arc — 20° to 340°
- Precision Jet Tube (PJ™)
- Distance control diffuser pin
- Wide choice of nozzles

Specifications

- ½" Male thread
- For standard nozzle at normal operating pressure the highest point of stream is 7' above nozzle.

25PJDA

Same as Model 25PJ, except has FP trip for full or part circle operation and DA distance control flap which permits easy radius reduction and stream break-up.

25PJ-TNT

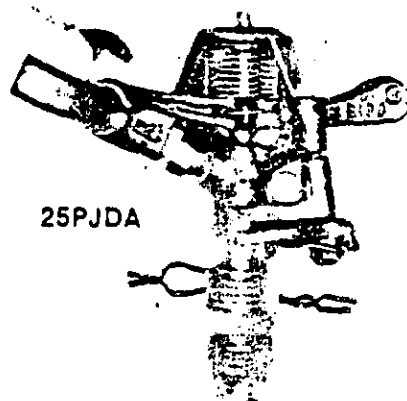
Same as Model 25PJ, except has TNT bearing that seals out sand and debris to enhance sprinkler life.

25PJ Special

Same as Model 25PJ, except has tamper-resistant friction collars that prevent unauthorized changes in arc setting.

25PJDA-TNT

Same as Model 25PJ except has FP trip for full or part circle operation, DA distance control flap which permits easy radius reduction and stream breakup, and TNT bearing that seals out sand and debris to enhance sprinkler life.

**25PJDA****25PJ, 25PJDA, 25PJ-TNT,
25PJ Special, 25 PJDA-TNT**

PSI	Radius	GPM	Nozzle	*Precip. ■	*Precip. ▲
25	37	2.8	9/64"	.39	.32
	38	3.4	5/32"	‡ 45	.36
	38	4.2	11/64"	.56	.45
	38	4.9	3/16"	.65	.52
30	38	3.1	9/64"	.41	.33
	39	3.8	5/32"	‡ 48	.39
	39	4.6	11/64"	.58	.47
	39	5.4	3/16"	.68	.55
35	36	2.8	1/8"	.42	.33
	38	3.4	9/64"	.45	.36
	39	4.1	5/32"	‡ 52	.42
	39	5.0	11/64"	.63	.51
40	40	5.8	3/16"	.70	.56
	37	3.0	1/8"	.42	.34
	39	3.6	9/64"	.46	.37
	40	4.4	5/32"	‡ 52	.42
45	40	5.3	11/64"	.64	.51
	41	6.3	3/16"	.72	.58
	38	3.2	1/8"	.43	.34
	39	3.8	9/64"	.48	.39
50	40	4.7	5/32"	‡ 57	.45
	40	5.7	11/64"	.69	.55
	41	6.7	3/16"	.77	.62
	39	3.4	1/8"	.43	.35
50	40	4.0	9/64"	.48	.39
	41	5.0	5/32"	‡ 57	.45
	41	6.0	11/64"	.69	.55
	42	7.0	3/16"	.76	.61

*Precipitation Rate — inches per hour. Rates based on half circle operation.

■ Square spacing based on 50% of diameter of throw.

▲ Triangular spacing based on 60% of diameter of throw.

Non-shaded areas in performance charts are recommended for optimum distribution.

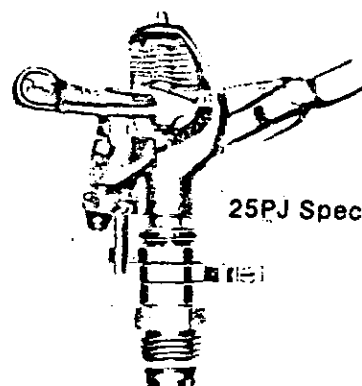
**25PJ Special**

Tabla No. 3

FLOW GPM	* 1½	* 2	* 2½	3	4	6
16	.53					
18	.65					
20	.79	.26				
25	1.19	.40				
30	1.67	.56	.22			
35	2.24	.74	.30			
40	2.87	.95	.38			
45	3.55	1.21	.47			
50	4.32	1.47	.58			
55	5.15	1.76	.69			
60	6.06	2.01	.81			
65	7.02	2.32	.94			
70	8.06	2.69	1.07	.42		
75		3.01	1.22	.47		
80		3.41	1.38	.53		
85		3.78	1.55	.59		
90		4.24	1.72	.66		
95		4.68	1.90	.73		
100		5.22	2.08	.81		
110		6.09	2.42	.95	.28	
120		7.23	2.88	1.12	.33	
130		8.47	3.37	1.32	.39	
140		9.61	3.82	1.49	.44	
150		10.95	4.36	1.70	.51	
160		12.40	4.93	1.93	.57	
170		13.74	5.47	2.14	.63	
180		15.29	6.08	2.38	.70	
190		16.84	6.70	2.62	.78	
200		18.59	7.40	2.89	.86	
220			9.00	3.52	1.04	
240			10.36	4.05	1.20	
260			11.84	4.63	1.37	.21
280			13.97	5.46	1.62	.25
300			15.45	6.04	1.79	.27
320				7.02	2.08	.31
340				7.71	2.28	.34
360				8.51	2.52	.38
380				9.48	2.81	.42
400				10.60	3.14	.47
450				13.33	3.95	.63
500				16.06	4.76	.76
550						.91
600						1.07
650						1.24
700						1.41

* Sizes under 3" do not conform to Class Standards. Sizes 3" and over are within tolerances for SDR 32.5

Flows below heavy lines may develop surge pressures which could cause damage. Use with caution.

TABLA No. 4

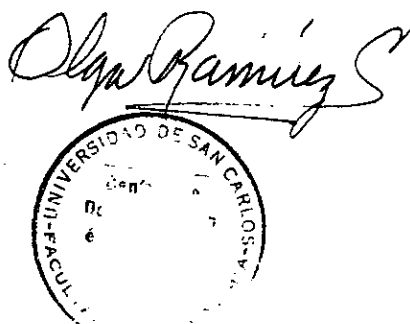
VALORES DE F

Número de salidas	m = 1,85	m = 1,90	m = 2,00
1	1.0	1.0	1.0
2	0.639	0.634	0.625
3	0.535	0.528	0.518
4	0.486	0.480	0.469
5	0.457	0.451	0.440
6	0.435	0.433	0.421
7	0.425	0.419	0.408
8	0.415	0.410	0.398
9	0.409	0.402	0.391
10	0.402	0.396	0.385
11	0.397	0.392	0.380
12	0.394	0.388	0.376
13	0.391	0.384	0.373
14	0.387	0.381	0.370
15	0.384	0.379	0.367
16	0.382	0.377	0.365
17	0.380	0.375	0.363
18	0.379	0.373	0.361
19	0.377	0.372	0.360
20	0.376	0.370	0.359
22	0.374	0.368	0.357
24	0.372	0.366	0.355
26	0.370	0.364	0.353
28	0.369	0.363	0.351
30	0.368	0.362	0.350
35	0.365	0.359	0.347
40	0.364	0.357	0.345
50	0.361	0.355	0.343
100	0.356	0.350	0.338
Más de 100	0.351	0.345	0.333

12. BIBLIOGRAFIA

1. CORONADO DE LEON, A. Consideraciones para el diseño de abastecimiento de agua potable con tuberías PVC. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1977. 53 p.
2. DOORENBOS, J. y Kassam, A. H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO, 1979. 212 p.
3. GARDNER, W. H. et al. Física de suelos. México D. F., Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana, 1973. 529 p.
4. GRASSI, C. J. Estimación de los usos consuntivos y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, 1975. 88 p.
5. ————. Métodos de riego. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, 1978. 265 p.
6. GUATEMALA DIRECCION GENERAL DE CARTOGRAFIA. Diccionario geográfico. Guatemala, 1962. 450 p.
7. ————. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Registros climáticos. Guatemala, 1979. 296 p.
8. HEDGES, T. R. Administración de empresas agrícolas. México D. F., Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, 1967. 586 p.

9. ISRAELSEN, D. y HANSEN, V. Principio y aplicaciones de riego. 2a. ed. Madrid, Reverté, 1975. 396 p.
10. JEAN, S. F. El riego por aspersión. 3a. ed. Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1975. 247 p.
11. PECK, T. R. Field sampling for soil testing. Wis., Soil Science Society of America, 1973. 48 p.
12. ROJAS, R. et al Manual de riego por aspersión. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, 1980. 352 p.
13. SIMMONS, C., TARAMO, J. M. y PINTO, J. H. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Edit. José de Pineda Ibarra, 1959. 1000 p.
14. TURF IRRIGATION equipment and specifications manual. USA, Rain-Bird, 1982. 128 p.
15. WITHERS, B. y VIPOND, S. El riego. México D. F., DIANA, 1978. 343 p.
16. ————. Riego por aspersión; como, cuando y donde regar. México D. F., Ames Tinsa, 1979. 8 p.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

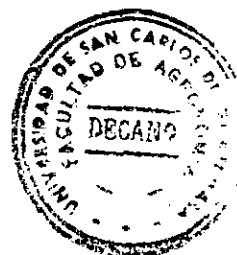
Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia	
Asunto	
	

"IMPRIMASE"

[Handwritten signature]



ING. CESAR CASTAÑEDA S.

PROFESOR DE ECONOMIA AGRICOLA