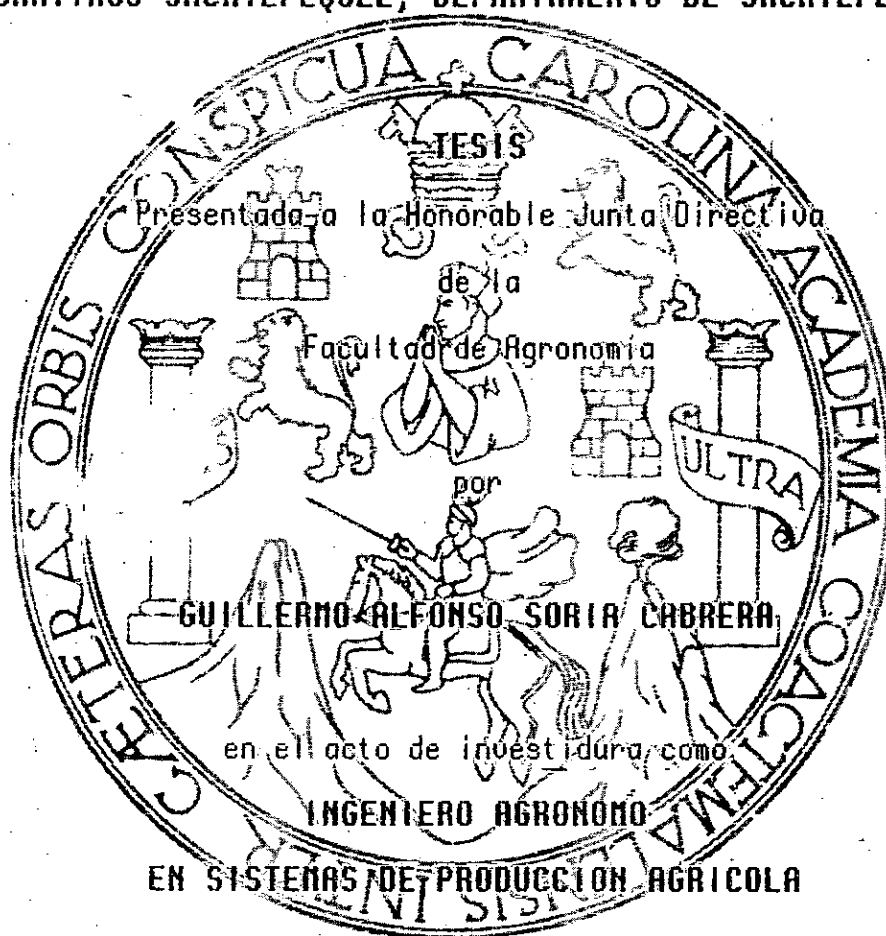


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

EVALUACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION
"12 DE ABRIL" SANTA MARIA CAUQUE,
SANTIAGO SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ



en el Grado Académico de
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, octubre de 1992

DL
01
T(1395)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DR. LUIS ALFONSO FUENTES SORIA

RECTOR

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Efraín Medina Guerra.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Nynor Estrada R.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Carlos R. Motta de Paz
VOCAL CUARTO:	Br. Elías Raymundo Raymundo.
VOCAL QUINTO:	P. Agr. Francisco R. Ibarra Cifuentes.
SECRETARIO:	Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy.

Guatemala,
Octubre de 1992

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR
FACULTAD DE AGRONOMIA

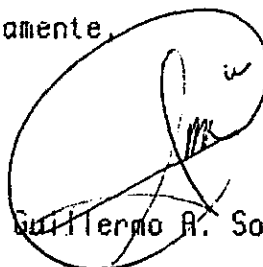
Señores Miembros:

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

EVALUACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION
"12 DE ABRIL" SANTA MARIA CAUQUE, SANTIAGO SACATEPEQUEZ
DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ

Al presentarlo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



Guillermo A. Soria C.

ACTO QUE DEDICO

- A Dios: Supremo Creador
- A mis Padres: Guillermo Horacio Soria Flores
Luz del Carmen Cabrera de Soria
como una pequeña recompensa a sus
múltiples sacrificios.
- A mis Hermanas: Renatte Eugenia
Norma Yádira
Selene Michelle
Leslie Priscila
con amor fraternal por todo su
apoyo.
- A mis Sobrinos: Carlos Alfonso
Michelle Eugenia
con mucho cariño.
- A mis Abuelas: Teodora Cruz Valencia
Eloisa Flores Vda. de Soria (Q.E.P.D.)
por sus sabios consejos.
- A mis Tíos y Primos: En especial a:
Dr. Abraham Soria Flores (Q.E.P.D.)
- A las Familias: Cardoza Cabrera
Cabrera Cruz
Soria Gamboa
- A mis Amigos: Julio Rafael, Marco Vinicio, Raúl
Estuardo, Pablo Abiche, Marvin,
Juan Carlos, Manuel Eduardo y
Jesús Enrique.

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi Patria Guatemala

A:

San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz

Al:

Instituto Técnico de Agricultura

A:

La Facultad de Agronomía

A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala

A:

Los Agricultores de la aldea Santa María Cauque,
Santiago Sacatepéquez.

A:

Docentes y Técnicos Agrícolas

A:

La Promoción 80-92 I.T.A.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a mis asesores, M.Sc. Victor Manuel Cabrera Cruz y M.Sc. David Juarez Quín, por su valiosa orientación, revisión e interés en el presente trabajo de tesis.

Al Comité de Riego "12 de abril", Santa María Cauqué, por su invalorable apoyo y colaboración para llevar a cabo este trabajo.

A María Eugenia de Lange, por su eficiente y desinteresada colaboración en el trabajo mecanográfico.

A Felipe Herrarte, Ernesto Yac y compañeros de la Finca Nuevo Paraíso, por su cooperación y apoyo en las diferentes fases de este trabajo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para la realización de este trabajo.

CONTENIDO

		Página
	RESUMEN.....	1
1.	INTRODUCCION.....	3
	Justificación.....	6
2.	MARCO TEORICO.....	7
	2.1 Desarrollo Histórico del Riego en Guatemala.....	7
	2.2 Importancia y Concepto de Riego.....	11
	2.3 El riego por Aspersión.....	12
	2.4 Partes que integran un equipo de riego por aspersión.....	13
	2.4.1 Fuente de Agua.....	14
	2.4.2 Equipo Motobomba.....	14
	2.4.3 Tuberías.....	15
	2.4.4 Aspersores.....	15
	2.4.5 Accesorios.....	16
	2.5 Ventajas y Desventajas del riego por aspersión.....	17
	2.5.1 Ventajas.....	17
	2.5.2 Desventajas.....	18
	2.6 Evaluación de un sistema de riego.....	18
	2.7 Coeficiente de Uniformidad.....	19
	2.8 Eficiencia de Aplicación.....	20
	2.9 Eficiencia de Almacenamiento.....	21
	2.10 Requisitos generales para ejecutar una evaluación.....	22
	2.10.1 Grado de Aplicación.....	22
	2.10.2 Lámina aplicada.....	23
	2.10.3 Capacidad del sistema.....	23
	2.10.4 Uniformidad de aplicación.....	23
	2.10.5 Pérdidas de Agua.....	24
	2.10.6 Tamaño Económico de la tubería.....	24
	2.11 Eficiencia Potencial de Aplicación.....	24
3.	OBJETIVOS.....	26
	3.1 Objetivo General.....	26
	3.2 Objetivos Específicos.....	26
4.	METODOLOGIA.....	27
	4.1 Generalidades del área de influencia de estudio.....	27
	4.1.1 Relieve.....	27
	4.1.2 Suelos.....	27
	4.1.3 Climatología.....	28
	4.2 Materiales.....	28
	4.3 Aspectos generales del sistema de riego.....	29
	4.3.1 Antecedentes.....	29
	4.3.2 Características agronómicas y de diseño.....	30
	4.3.3 Componentes del sistema de riego.....	32
	4.3.4 Costo de construcción e instalación.....	33

4.4	Evaluación del Sistema.....	34
4.4.1	Velocidad de Infiltración.....	34
4.4.2	Requerimiento de Riego.....	35
4.4.3	Determinación Física del Suelo y constantes de humedad.....	37
4.4.4	Velocidad de infiltración.....	37
4.4.5	Área de Prueba (En la parcela en el sistema).....	40
4.4.6	Cálculo de la lámina neta de reposición.....	40
4.5	Caudal y presión de operación del aspersor.....	43
4.6	Medición de la lámina de cada recipiente por área de prueba.....	44
4.7	Cálculo del Coeficiente de Uniformidad.....	45
4.8	Determinación de la Eficiencia de aplicación en el área de prueba 46	
4.9	Eficiencia de Aplicación.....	47
4.10	Determinación de la distribución de Uniformidad.....	47
4.11	Determinación de la lámina bruta de riego.....	48
4.12	Aspectos Agroeconómicos del usuario del sistema de riego.....	49
4.12.1	Obtención de la información.....	49
4.12.2	Elaboración de la boleta.....	49
4.12.3	Análisis de la información.....	50
5.	RESULTADOS.....	51
5.1	Disponibilidad de agua.....	52
5.2	Cálculo de la lámina de aplicación descargada por los aspersores.....	52
5.3	Coeficiente de Uniformidad.....	54
5.4	Eficiencia de aplicación en el área de prueba.....	54
5.5	Eficiencia de aplicación.....	56
5.6	Uniformidad de distribución.....	57
5.7	Eficiencia total del sistema.....	58
5.8	Principales problemas en la operación del sistema.....	59
5.9	Organización de los usuarios del sistema de riego.....	60
5.10	Funcionamiento y operación actual.....	60
5.11	Aspecto socioeconómico.....	62
5.11.1	Datos generales del usuario.....	62
5.11.2	Tenencia de la tierra.....	64
5.11.3	Fuerza del trabajo.....	65
5.11.4	Ingresos.....	66
5.11.5	Tecnología empleada.....	67
5.11.6	Comercialización.....	70
5.11.7	Diversificación de cultivos.....	70
5.11.8	Análisis de Costos de Producción.....	71
5.11.9	Destino de la Producción.....	75
5.12	Discusión de Resultados.....	78
6.	CONCLUSIONES.....	83
7.	RECOMENDACIONES.....	86
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	88
9.	APÉNDICE.....	93

INDICE DE CUADROS

Número	...	Página
1	Determinación de la Evapotranspiración real para arveja china	35
2	Requerimiento de Riego	36
3	Características físicas y constantes de humedad "12 de Abril" Santa María Cauqué	38
4	Velocidad de infiltración e infiltración básica	39
5	Datos sobre el Porcentaje de Humedad antes del Riego y lámina neta requerida para llevar a capacidad de campo (LR)	43
6	Caudal y Presiones de Trabajo de los Aspersores	53
7	Coefficiente de Uniformidad	54
8	Láminas mínimas recolectadas	55
9	Eficiencia de Aplicación en el área de prueba (%)	55
10	Eficiencia de aplicación	57
11	Uniformidad de aplicación	58
12	Eficiencias expresadas en porcentaje para cada parcela de prueba y eficiencia total del sistema de riego por aspersión	58
13	Datos generales del Usuario	63
14	Distribución del área bajo riego en porcentaje que poseen en el sistema	65
15	Extensión en Hectáreas de Cultivos de Exportación Proyecto "12 de Abril" Santa María Cauqué	71
16	Costos directos de Producción por hectárea. Cultivo ejote francés 1990	72
17	Costos directos de Producción por hectárea. Cultivo arveja china 1990	73
18	Costos directos de producción para una hectárea. Cultivo Suchini 1990	73
19	Costos directos de producción para una hectárea. Cultivo de maíz 1990	74
20	Volumen colectado en centímetros cúbicos durante la prueba de evaluación. "12 de Abril" Santa María Cauqué	94
21	Láminas recolectadas en la parcela (cms.). "12 de Abril" Santa María Cauqué	95
22	Coefficiente de Cultivo (Kc)	98
23	Cálculo de Evapotranspiración por la fórmula de Hargreaves modificada en 1986	100
24	Datos Climatológicos	101
25	Descripción del perfil representativo	102

INDICE DE FIGURAS

Número		Página
1	Distribución de los recipientes dentro del área de prueba	42
2	Canales de Comercialización de los cultivos: arveja china, ejote .. francés, suchini 1990. "12 de Abril" Santa María Cauqué	76
3	Canales de Comercialización cuando existe rechazo del producto en la Cooperativa	77
4	Parcela tipo	99
5	Ubicación de las parcelas de prueba	103
6	Características litológicas pozo Santa María Cauqué 1	104
7	Plano General del Area de Riego "12 de Abril" Santa María Cauqué	105

INDICE DE TABLAS

Número		Página
1	Escala de Beaufort para la velocidad del viento, medida a una altura de 10 m. y sus efectos erosivos	96
2	Extra Terrestrial Radiation (Ra) expressed in equivalent evaporation in mm/día	97

**THE EVALUATION OF THE IRRIGATION SYSTEM BY SPRINKLER
"APRIL 12th" SANTA MARIA CAUQUE, SANTIAGO SACATEPEQUEZ
DEPARTMENT OF SACATEPEQUEZ**

**EVALUACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION
"12 DE ABRIL" SANTA MARIA CAUQUE, SANTIAGO SACATEPEQUEZ
DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ**

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Aldea Santa María Cauqué, Santiago Sacatepéquez, en donde se localiza el sistema de riego por aspersión "12 de Abril". El objetivo del estudio fue determinar la eficiencia del sistema de riego, considerando las condiciones actuales de diseño, agronómicas y operación, así como, las características socioeconómicas prevalecientes del usuario.

En Guatemala no se ha desarrollado ningún documento técnico-científico que permita conocer la situación en que operan los sistemas de riego y a la vez una metodología de evaluación que genere información básica, para proporcionar recomendaciones adecuadas a fin de mejorar el uso del recurso agua dentro de los sistemas de riego.

La metodología de trabajo consistió en realizar observaciones de campo, entrevistas a los usuarios del riego, medición de las condiciones hidráulicas actuales, determinación y comparación de las características agronómicas, la determinación de la eficiencia de aplicación, coeficiente de uniformidad, eficiencia de aplicación en el área de prueba y uniformidad de distribución.

Se efectuó un censo a los 70 usuarios del riego, determinando las características socioeconómicas y las prácticas agrícolas desarrolladas en cultivos bajo riego. En las entrevistas realizadas

manifiestan que no tienen reglamento interno, están organizados por un comité, los productos hortícolas son comercializados por medio de la Cooperativa Cuatro Pinos de Santiago Sacatepéquez; el 50% de los usuarios utiliza mano de obra familiar, existe migración de los hijos jóvenes hacia la industria textil que se encuentra cercana a la aldea, los ingresos económicos provienen de los cultivos de exportación y en algunos casos, el 50%, obtiene ingresos de la venta de hortalizas al mercado local adquiriendo Q.100.00 o Q.200.00 mensuales. Se determinó que la lámina de aplicación en toda el área es de 5.16 centímetros, una lámina neta de 4.1277 cms. y una lámina bruta de 5.6228 cms. El turno de riego es de 6 horas, con un intervalo de 5 días, se cuenta con un pozo, en donde el caudal de operación es de 260 g.p.m. cubriendo 12 hectáreas bajo riego.

En conclusión la eficiencia total del sistema es de 81.0% y los componentes evaluados en las 4 parcelas fueron: eficiencia de aplicación en el área de prueba 82.0%, eficiencia de aplicación total 79.5%, coeficiente de uniformidad de 84.52% y uniformidad de distribución de 78.01%; por lo tanto se determinó que las características de diseño y operación del sistema son adecuadas. También cumple satisfactoriamente en la capacidad de caudal, desde el pozo hasta la aplicación del agua. Existe falta de asistencia técnica y apoyo técnico administrativo. Se recomienda principalmente darle una orientación y capacitación al usuario con respecto al uso del agua y los aspectos de operación del sistema de riego por aspersión. Realizar estudios posteriores sobre las frecuencias de riego en los cultivos como arveja china y brócoli, además realizar el reglamento interno que regule el uso del agua.

1. INTRODUCCION

Actualmente el desarrollo del país se perfila en el uso eficiente de los recursos naturales y financieros, de tal manera que sean utilizados en forma racional para que los renglones de producción tengan un carácter competitivo acorde a las exigencias del mercado. En Guatemala, se encuentran distribuidos 307 proyectos de riego por aspersion que cubren 2,500 hectáreas, y se benefician a 7,459 familias. Esto contribuye a dar mejores ingresos económicos a los pequeños y grandes agricultores a través de la producción de hortalizas para su exportación.

El sistema de riego por aspersion "12 de Abril", se encuentra ubicado en la Aldea Santa María Cauqué, municipio de Santiago Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, con coordenadas geográficas de 14° 38' 26" latitud norte y 90° 41' 34" longitud oeste, a una distancia de 35 kilómetros de la Ciudad Capital y a 3 kilómetros de terracería a la cabecera municipal, altura sobre el nivel del mar de 1,955 metros.

El sistema de riego en estudio, presenta características adecuadas para su utilización, siendo éstas: la fuente de agua es un pozo mecánico donde se aprovecha el agua subterránea, a una profundidad de 700 pies, con un caudal de 278 galones por minuto, se riegan 12 hectáreas, con topografía plana y ondulada, el sistema es de aspersion fija, 70 familias que son usuarias y los cultivos

que se encuentran bajo riego en el sistema son arveja china (*Pisum sativum*), brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), ejote francés (*Phaseolus* sp.), radichio rosso (*Cichorium intybus* L.), remolacha (*Beta vulgaris*).

La evaluación del sistema de riego, se hizo con el objetivo de conocer las condiciones actuales de diseño, operación, características agronómicas y socioeconómicas prevalecientes en el sistema, determinado con esto, la eficiencia de aplicación, distribución de uniformidad, coeficiente de uniformidad y eficiencia de aplicación el área de prueba.

La metodología consistió en conocer las condiciones generales del área bajo riego, tomando en cuenta datos agronómicos, hidráulicos del sistema y características social-económicas de los usuarios. En lo que respecta a la operación, el sistema trabaja 10 turnos de riego, de 6 horas cada uno, aplicando una lámina de 5.16 cms., los aspersores son de 5 galones por minuto y se tiene una bomba tipo sumergible de 60 Hp., 52 aspersores por turno.

Los resultados de las eficiencias fueron: 79.5% de eficiencia de aplicación, 82.0% de eficiencia de aplicación en el área, 84.52% de coeficiente de uniformidad y 78.01% de uniformidad de distribución, lo que determinó que son adecuadas para la operación y manejo del sistema. Según el censo realizado, los agricultores del sistema presentan características adecuadas en relación al

nivel de vida en que se encuentran, donde el 100% poseen aparatos eléctricos, terreno propio, dueños de la casa que habitan, prevendas de alimentación y vestuario adecuado. El 11% de los usuarios posee vehículo, como medio de transporte para sus productos, y el resto lo hace rentado o por medio de animales. La implantación y aceptación de tecnología que emplean se da en un 100% para los usuarios, un 50% obtienen mano de obra familiar y el otro 50% contrata. En el aspecto de tenencia de la tierra se determinó que hay una denominación minifundista, con extensión promedio de una cuerda de 40 x 40 varas cuadradas (0.62 Mz.) área que tienen bajo riego. Los ingresos económicos provienen únicamente de la producción agrícola, aunque en algunos casos, como socios de la Cooperativa, pueden agenciarse de fondos en formas de préstamo para ampliar su área bajo riego o adquirir más insumos agrícolas.

La Dirección General de Servicios Agrícolas y la Cooperativa Integral Cuatro Pinos, han propiciado el desarrollo de la agricultura bajo riego en los lugares donde radica la gran mayoría de socios de dicha Cooperativa y que sea factible realizar un proyecto de riego. Es así, como en este estudio se plantean las recomendaciones que permitan evitar desorganización e interferencias en la operación del sistema de riego.

JUSTIFICACION

En el presente trabajo se evaluó el sistema de riego por aspersión "12 de Abril" Santa María Cauqué, a un año de funcionamiento, conociendo los efectos a nivel parcelario y comunitario de dicho sistema.

Anteriormente este sistema de riego presentó problemas en su construcción y después se dieron en la operación, lógicamente se debió al desconocimiento de las condiciones de operación y manejo del sistema, los efectos socioeconómicos de los usuarios del sistema en la utilización de riego. La asistencia técnica bajo estas condiciones es escasa, y ésta, no ha permitido conceptualizar la optimización del recurso agua por parte de los usuarios.

En la actualidad no existe ningún estudio que permita conocer la situación del sistema y por consiguiente, la evaluación consiste en conocer la eficiencia actual del sistema, descubrir la problemática del usuario dentro del manejo de agua a las parcelas, la comercialización y el manejo de los cultivos bajo riego, con esto permitirá visualizar los efectos sociales, agronómicos y económicos que se dan dentro del mismo, proporcionando elementos básicos, que en estudios técnicos-científicos posteriores se mejoren.

2. MARCO TEORICO

2.1 Desarrollo Histórico del Riego en Guatemala.

Durante la época pre-colonial los pobladores de lo que hoy es la región nororiental de Guatemala, Rabinal y Cubulco, municipios de Baja Verapaz, constituyeron pequeños sistemas de riego. En la época colonial, se incorporaron alrededor de 1,651 hectáreas, a la agricultura bajo riego, destinándose en su mayoría al cultivo de la caña de azúcar para la producción de panela, vid, hortalizas y frutas, localizándose principalmente en la zona oriental y nororiental del país.(17)

Del año 1890 a las primeras décadas de 1900, se incrementó significativamente el área bajo riego en el país, debido a concesiones dadas a compañías transnacionales para la siembra de banano, incorporándose cerca de 16,590 hectáreas, en la Costa del Pacífico (Escuintla, Quetzaltenango y San Marcos), por parte de la Standard Fruit Company y la Compañía Agrícola de Guatemala. Además en la Costa Atlántica, en Morales, Izabal, la Standard Fruit Company incorporó aproximadamente 5,000 hectáreas para banano.(17)

Aproximadamente el área regada en Guatemala por medio de sistemas de riego privados, en 1984, era de 110,465 hectáreas, y los sistemas de riego estatales cubrían en el año de 1985 un área aproximadamente de 17,700 hectáreas, a esta área hay que agregar la extensión que se riega actualmente por los sistemas de mini-riego.

que son 4,897 hectáreas.(17). Si sumamos la extensión cubierta por estos tres factores, el total del área regada en 1992 en Guatemala es de aproximadamente 133,062 hectáreas.

De acuerdo al estudio de prefactibilidad para un Plan Maestro de los Recursos Naturales Renovables de Guatemala, realizando por la Secretaría General del Consejo Nacional de Planificación Económica y la Empresa Bovay Engineers (Noviembre 1975), el país posee 1.2 millones de hectáreas de tierra potencialmente irrigable (cálculos más conservadores estiman que el área potencial es de 300 a 500 mil hectáreas, o sea que se está regando el 10.8% del área total con potencialidad para ser irrigada; lo cual significa que Guatemala aún puede incrementar su producción agrícola mediante la utilización de nuevas y la habilitación eficiente de las unidades de riego actualmente en operación.(28)

A continuación se hace una breve reseña de la manera que las instituciones encargadas del riego estatal han estado organizadas. En el año de 1957, se inicia la participación estatal en el desarrollo de riego en Guatemala al crearse la Sección de Irrigación e Ingeniería de Obras de Riego, del Ministerio de Agricultura y adscritas al Departamento de Conservación de Suelos.

En 1958 por reorganización, se formó el Departamento de Recursos Hidráulicos cuya función era evaluar, conservar y aprovechar el recurso agua con fines de riego. En 1964 se elevó a

categoría de División de Recursos Hidráulicos y pasó a formar parte de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables, complementándose el control del recurso agua, con los del suelo, forestal, fauna, climatología y meteorología, y control de reservas de la nación en una sola unidad administrativa; vale la pena hacer notar que bajo este sistema organizativo es como la institución ha funcionado más eficientemente. En 1970 se le relega a la Dirección de Recursos Naturales Renovables, como dependencia de DIGESA. (10)

Existe una gran diferencia en la manera que los proyectos estatales se desarrollaron en el pasado y la manera que se conciben actualmente. En el pasado el costo de los estudios de preinversión, construcción y operación de las unidades de riego era cubierto por el Estado, representando en la mayoría de los casos una carga que el pueblo de Guatemala debió cubrir aunque no resultara beneficiado directamente con los proyectos. Debido a que el agricultor prácticamente no le costaba nada el sistema de riego a su disposición, ni tampoco el derecho del uso del agua en las parcelas, entonces se acostumbraron a desperdiciarla con los consiguientes efectos negativos que este desperdicio ocasiona. Hasta hace pocos años se establecieron cuotas para los usuarios del agua, en las unidades de riego de Guatemala (La Fragua, El Júcaro, etc.), lo que representa Q.36.00/Mz/año, no cubren ni el costo de inversión ni el de operación del sistema; sin embargo, aunque estas cuotas son bajas, se ha tenido bastante incumplimiento en el pago

por parte de los usuarios. Dentro de los proyectos de mini-riego no se siguió con este sistema, ya que está comprobado que los sistemas desarrollados así no solo representan una carga para el Estado sino que además, se manejan ineficientemente.(28)

El programa de mini-riego se desarrolla con el autofinanciamiento para el riego de pequeñas propiedades de agricultores, con la característica de que un grupo de estos agricultores, se organiza, planifica y trabaja conjuntamente para abastecer de agua de riego sus propias tierras mediante:

- La obtención de financiamiento y la construcción del sistema usando su propia mano de obra, herramientas y materiales locales.
- La posesión y manejo de su propio sistema de riego.
- La utilización del riego para incrementar la producción de su tierra por medio de su propio esfuerzo, aprendizaje de nuevas técnicas y organización.

Es de esta manera que la Dirección General de Servicios Agrícolas solamente asiste al agricultor en organizar, planificar, diseñar, conseguir financiamiento, construir y operar su sistema de riego, pero es el mismo agricultor el responsable del proyecto. Este sistema de trabajo ha dado buenos resultados porque se elimina el paternalismo y el agricultor se ve obligado a usar el sistema de

riego eficientemente. En el altiplano con el sistema de mini-riego se logran varias cosechas al año, diversificación de cultivos, menos dependencia de lluvias, mejores precios en el mercado al elegir sus fechas de siembra y se ha generado mayor empleo.

2.2 Importancia y concepto de riego.

El desarrollo económico y social de un país depende en gran medida de sus posibilidades para lograr una producción del sector agrícola acorde a sus necesidades de alimentos, y además, tener un excedente para exportar a otros países y servir de base a un desarrollo industrial. Los programas nacionales de desarrollo en la actualidad, deben considerar la incorporación dentro el sector agrícola, nuevas áreas de cultivo e intensificar el uso de aquellas tierras que han dependido del régimen de lluvias. La utilización adecuada del recurso agua con fines de riego tiene impacto significativo en la economía de un país.

El riego agrícola, se ha desarrollado más intensamente en las regiones áridas del mundo, en las cuales la precipitación pluvial es tan escasa que ningún cultivo puede producirse si no se tiene riego. Cuando el riego ha sido implementado en estas regiones, la agricultura que se desarrolla, es altamente productiva, puesto que el agua puede aplicarse al cultivo en el momento y cantidad que éste lo requiere, y no como sucede en la agricultura temporal, en la cual la lluvia puede ser excesiva en unos casos o escasa en

otros. La agricultura bajo riego también permite hacer un mejor uso de otras técnicas; como fertirrigación, mayores densidades de plantas, uso de variedades productiva; rendimientos más altos y además; la inversión hecha en un cultivo más asegurada que con la agricultura supeditada a la lluvia.(10)

2.3 El riego por aspersión.

Mediante el riego por aspersión, el agua se aplica 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. Se trata de un sistema de riego mecanizado, que asegura un preciso control de la lámina de agua aplicada, y ajuste a las condiciones edafoclimáticas y de cultivos, y además permite una adecuada tecnificación de la práctica de riego.(3)

En la actualidad el riego por aspersión ocupa un lugar destacado en algunas zonas de riego del mundo. En los Estados Unidos el incremento de sistemas de aspersión es mayor, que en los sistemas de superficie, en Europa e Israel, representa prácticamente dos métodos bajo riego: riego por aspersión y riego por goteo. En los países latinoamericanos su difusión ha sido limitada con respecto al agua regada por superficie. Para Guatemala, la infraestructura de riego, especialmente en área de minifundio y zonas de desarrollo agrario, ha sido para modernizar la agricultura y potencialiar el uso de la tierra, y mantener una

diversificación de cultivos de alto valor; como hortalizas y frutas que tienden a generar divisas al país a través de sus exportaciones e industrializaciones.(28)

Según Israelsen y Hansen, el riego por aspersión es una simulación artificial de la lluvia llevada a cabo forzando el agua bajo presión a través de diversos tipos de aspersores. Los aspersores o rociadores se clasifican de acuerdo con su tamaño y forma. Los sistemas de aspersión pueden ser estacionarios, parcialmente móviles y totalmente móviles, de acuerdo a estos sistemas pueden cultivarse varias siembras empleando desde dispositivos diminutos de aspersión, dispuestos bajo los árboles de los huertos hasta unidades gigantes de pivotes por el centro. Todo sistema de riego por aspersión debe tener una fuente de agua a presión, tubería principal, lateral de distribución y aspersores.(19)

Según Grassi, J. el agua es 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. Se trata de un sistema de riego mecanizado que asegura un preciso control de la lámina de agua aplicada y ajustes a las condiciones edafológicas y de cultivo.(11)

2.4 Partes que integran un equipo de riego por aspersión.

Según la Sprinkler Irrigation Association (8), un sistema de

riego por aspersión es una red de tuberías con aspersores unidos al mismo y cuyo objetivo es aplicar agua pulverizada sobre el terreno. Según Grassi, J., un sistema de riego por aspersión puede abarcar todo un proyecto con tuberías fijas de alta presión que conducen y distribuyen agua a cada predio o secciones del proyecto, de donde deriva agua a equipos individuales o colectivos. Un equipo de riego por aspersión está integrado por: equipo motobomba, tuberías, aspersores, fuente de agua y los accesorios.(11)

2.4.1 Fuente de Agua:

Las fuentes de agua pueden ser: un almacenamiento, un pozo, un canal de riego, un río, lago, etc. El agua puede conducirse desde la fuente por gravedad, pero algunas veces es necesario utilizar bombeo.(12)

2.4.2 Equipo Motobomba:

El equipo motobomba tiene por fin aspirar el agua desde la fuente de provisión e impulsará a través del sistema. Dado que para el funcionamiento de los aspersores requiere carga, la bomba crea la presión necesaria para ello, así como también para recompensar las pérdidas de energía en las tuberías. Se emplean para riego por aspersión, bombas centrífugas de eje horizontal y bombas turbinas. El motor puede ser eléctrico y a combustión interna; conjuntamente con la bomba el motor integra el equipo motobomba que puede ser fijo o móvil.(12)

2.4.3 Tuberías:

Las tuberías de un sistema de riego por aspersión, la integran conductos circulares que conducen el agua desde la bomba a los aspersores. Dichas tuberías pueden ser todas fijas, en cuyo caso, el equipo es fijo y van enterradas; pueden ser semifijas, equipo emifijo, equipo móvil con toda la tubería transportable. Las tuberías fijas son comúnmente metálicas, de asbesto cemento o de concreto reforzado con una junta especial. Se caracterizan por su reducido peso a fin de que se puedan trasladar con facilidad y con el mínimo esfuerzo; y se integran por tramos de 6, 9 y 12 metros de largo y con diámetros variables entre 2" y 8".(28)

2.4.4 Aspersores:

Los aspersores son de tipo estacionario y tipo rotativo. La mayor parte de los aspersores existentes en la actualidad en el comercio para uso de la agricultura son giratorios. El giro puede ser total o puede ser regulable para cubrir un sector circular y los aspersores, pueden así mismo tener una o dos boquillas.

El manual de Ames clasifica los aspersores en los tipo siguientes:

- a) aspersores de baja presión, entre 1 y 2 atmósferas, especialmente para colocarlos en árboles frutales.
- b) aspersores de presión intermedia, entre 2 y 4 atmósferas, se adaptan a todo tipo de suelo y cultivo.

- c) aspersores de alta presión, entre 4 y 7 atmósferas, adaptados a cultivos de elevado tamaño.

La velocidad de rotación del aspersor, debe ser uniforme para una mejor distribución del agua. La velocidad de rotación también dependerá del mecanismo de construcción, diámetro de boquilla y la presión. Los espaciamientos entre laterales y aspersores se fijan de acuerdo al tipo del aspersor, sus boquillas, condiciones de viento, nivel de presión y ángulo del chorro. Es preferible llegar a una máxima distancia entre laterales para reducir costos de materiales y mano de obra; por lo tanto se requiere un mínimo de 84% de uniformidad de distribución, para una velocidad del viento de 4.5 a 5 km/h. El espaciamiento entre laterales será superpuesto a 60% del diámetro del alcance, bajo condiciones de viento a velocidad mayor de 5 Kms.; el espaciamiento será del 40%.(2, 4)

2.4.5 Accesorios:

Un equipo de riego por aspersión, está así mismo integrado por una gran cantidad de elementos adicionales que constituyen los accesorios. Ya sea accesorios de aspiración de agua, tales como la tubería con acoplamiento rápido que toma el agua de la fuente por efecto de la motobomba. Accesorios de impulsión de agua, tales como llaves de paso; de conducción del agua instalados en el lateral, tales como: curvas, unión "T", reducción, control y reguladores de presión, etc.(2)

2.5 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: ISRAELSEEN y GRASSI.(11)

2.5.1 Ventajas:

- Es el método con mejor adaptabilidad a terrenos que presentan condiciones irregulares.
- Reduce los costos de nivelación de tierras, así como su preparación para la siembra del cultivo.
- Se logra establecer un buen control del agua, con una aplicación casi uniforme.
- Puede regarse en suelo de textura gruesa a ligera, también aquellos que tienen muy baja capacidad de retención de agua.
- Se reduce la mano de obra.
- Prevención de escorrentía y consecuentemente la erosión.
- La eficiencia que se logra regando por aspersión es alta en relación a los sistemas de riego por superficie, lo cual constituye un sistema clásico en los casos de escasez de agua, alto costo del recurso.
- Permite aplicar lámina de riego determinada, sin elevar el nivel freático.
- Se evita la formación de costras y grietas al secarse el suelo, cuando éste es de textura arcillosa.

2.5.2 Desventajas:

- El sistema debe ser debidamente diseñado para una aplicación uniforme de lámina de agua.
- El costo inicial es elevado.
- Es difícil que se adapte a regiones donde predominan vientos fuertes que puedan 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 pueden significar problemas para el usuario y para los accesorios.
- Se desarrolla un microclima dentro del cultivo, favoreciendo el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas.

2.6 Evaluación de un sistema de riego.

Colaco, (4), menciona que, un sistema de riego puede ser sujeto a evaluación a través de la eficiencia de conducción y de aplicación. Hurd, (18), dice la eficiencia de conducción puede ser un índice para calificar un sistema y hasta cierto punto permite conocer la bondad de operación, porque al comparar las eficiencias obtenidas en cada ciclo agrícola se puede saber si se ha mejorado o no. La eficiencia de aplicación por otro lado indica cómo maneja el agricultor el agua, también por comparación entre las eficiencias obtenidas en varios ciclos agrícolas se puede saber si han mejorado

o no los métodos de riego y si han aplicado las láminas adecuadas.

Merriam y Keller (21), establecen que el manejo correcto del agua en las granjas, puede conservar agua, trabajo y suelo, y libertad también para incrementar el rendimiento de los cultivos. La evaluación de un sistema debe medir y mostrar la efectividad de las prácticas de irrigación existentes.

2.7 Coeficiente de Uniformidad.

Christiansen citado por Grassi, (11), propuso parámetros de evaluación de riego, y en este caso, el coeficiente de uniformidad (CU), con el intento de hacer comparaciones de patrones de aspersión, para determinar cómo diferentes espaciamentos afectan la distribución del agua.

El coeficiente de uniformidad, puede ser conceptualizado como un término de eficiencia, representando una media volumétrica de la distribución. Fue definido por Christiansen en la siguiente ecuación:

$$CU = 1 - \frac{\sum |x - \bar{x}|}{n \times M}$$

Donde: CU = Coeficiente de Uniformidad

$\sum |x - \bar{x}|$ = Suma de los valores absolutos de la desviación de las observaciones individuales con respecto al promedio de profundidad de mojado M en (cms., o mm).

n = Número de observaciones

M = Promedio de profundidad de mojado (cms. o mm)

Sandoval, I., indica que un coeficiente de uniformidad debe ser mayor de 0.8 para considerarlo adecuado en riego por aspersión. En este método de riego el grado de uniformidad en la aplicación del agua durante el riego, dependen esencialmente del espaciamiento entre aspersores y laterales, y la presión de los aspersores, siendo afectados grandemente por el viento.

2.8 Eficiencia de aplicación.

La eficiencia de aplicación, ERP, es la relación que existe entre el agua almacenada en la zona de raíces (R_a) y el agua recibida en la toma granja (R_{tg}).

$$ERP = \frac{R_a}{R_{tg}} \times 100$$

Donde: ERP = Eficiencia de aplicación (%)

R_a = Agua almacenada en la zona radicular (mm. o cms.)

R_{tg} = Agua recibida en la toma granja (mm o cms)

La eficiencia de aplicación puede ser calculada para un surco o bordo individual, una parcela, una finca, o un proyecto de riego. La conceptualización más usada de la eficiencia de aplicación, es que ésta representa la habilidad del agricultor para regar su

tierra de manera precisa y sin desperdicios.

Existen otros factores que influyen en la eficiencia de aplicación:

1. Pérdida por evaporación por el aire cuando el aspersor está rociando.
2. Pérdidas por percolación profunda abajo de la zona radical.
3. Evaporación de la superficie del suelo durante el riego.

La eficiencia de aplicación tiene relación con la frecuencia, lámina de riego y el tiempo de riego; cuando se riega con mucha frecuencia la planta no ha consumido mucho el agua del suelo (no se ha consumido el déficit de manejo permitido); entonces la lámina de riego a reponer para llegar a capacidad de campo es muy pequeña, y si el agricultor riega durante mucho tiempo se tendrá mucha pérdida por percolación, disminuyendo la eficiencia de aplicación. Cuando el sistema está correctamente diseñado para las condiciones del área el agricultor debe tener cuidado en el control y manejo del agua al momento de regar, se puede tener una eficiencia de aplicación para diseño de un 65% a 75%. (29)

2.9 Eficiencia de almacenamiento.

La eficiencia de almacenamiento, EAL, se define como la relación entre el agua almacenada en la zona principal de raíces como efecto del riego y el agua necesaria para llevar esa zona

hasta la capacidad de campo, se representa en la fórmula de la siguiente manera:

$$ERL = \frac{Ra}{Rn} \times 100$$

Donde: ERL = Eficiencia de almacenamiento(%)

Ra = Agua almacenada en la zona principal de raíces (mm o cms.)

Rn = Agua necesaria para llevar la zona principal de raíces a capacidad de campo (mm o cms).

En Rn cuando se expresa en centímetros es igual que la lámina de riego neta para llevar la humedad de la zona principal de raíces desde donde se encuentra (Psa) hasta capacidad de campo (cc), es decir, lo que es la lámina neta para llevar a capacidad de campo la zona principal de raíces, LR, lámina neta de reposición. (29)

2.10 Requisitos generales para ejecutar la evaluación.

En cualquier sistema de aspersion, con aspersores giratorios, deben inspeccionarse seis factores principales para determinar hasta qué punto son adecuados el diseño y la operación y qué ajustes se requieren en la disposición establecida. Entre éstos están:

2.10.1 Grado de Aplicación:

El grado de aplicación del agua debe ser con mayor velocidad que

aquella con la que el suelo puede absorberla, pero a la vez, esta aplicación deberá ser lo bastante rápida para prevenir pérdidas excesivas por evaporación.

2.10.2 Lámina Aplicada:

La cantidad de agua aplicada durante un riego no debe ser más grande que la lámina más ligera necesaria para llevar la zona radicular a su capacidad de campo. Solamente cuando se requiera efectuar lavados para lixiviar sales nocivas a los cultivos, será necesario aplicar láminas más grandes que la capacidad de retención del suelo.

2.10.3 Capacidad del Sistema:

El equipo deberá ser capaz de surtir de humedad al suelo en una cantidad por lo menos igual al consumo máximo del cultivo.

2.10.4 Uniformidad de aplicación:

El agua debe aplicarse tan uniformemente como sea posible, y la práctica lo permita, el punto de acción comúnmente por lo menos el 80% de la aplicación promedio en el campo. La uniformidad de aplicación se ve afectada por diferencias en la descarga de los aspersores individuales a lo largo del lateral y sobre laterales diferentes. También se ve influenciada por la uniformidad de la distribución de la aspersión dentro del área efectiva de cada aspersor individual.

2.10.5 Pérdidas de Agua:

La pérdida más grande en un diseño correcto y una óptima operación del sistema de aspersión, se debe a las fluctuaciones en la dirección e intensidad del viento, entre la boquilla del aspersor y la superficie del suelo. También influyen en dichas pérdidas el tamaño de las gotas y el grado de la aplicación. Se considera que, para obtener un uso eficiente del agua, tales pérdidas, no deben ser mayores de 10 a 15% del gasto por fricción a través de las tuberías.

2.10.6 Tamaño Económico de la Tubería:

Los diversos tamaños de tubería usada, deben ser de tal magnitud que exista un balance económico entre los costos de ello y el costo de la energía usada para impulsar el agua. (12)

2.11 Eficiencia Potencial de Aplicación.

Diskin y Benami, (6) mencionan que, la eficiencia potencial en el cuarto inferior podrá ser determinada en orden a evaluar cómo efectivamente el sistema puede utilizar el suministro de agua y qué total de pérdida puede ser. Luego el total de cantidad de agua requerida para el riego del campo completo puede ser estimado. La eficiencia potencial en el cuarto inferior siempre es un poco menor que el UD, UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCION, del sistema de aspersión, porque la cantidad de agua aplicada es más grande que la cantidad

de agua captada, que es el denominador en el cálculo de la uniformidad de distribución (UD). El numerador para ambos; potencial en el cuarto inferior y distribución de uniformidad, es la cantidad de agua menor captada en profundidad y la diferencia entre la cantidad de agua aplicada recibida, es una aproximación de pérdidas debido a la evaporación y drenajes. Más la pérdida de agua debido a algunas áreas existentes y evaporaciones surgidas de esas mismas áreas. El calcular la eficiencia potencial en el cuarto inferior nos indica qué tan buena es la prueba, que es capaz de operar, si está recorriendo en forma correcta la lámina neta durante el tiempo de riego. (6)

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Determinar la eficiencia del sistema de riego por aspersión "12 de Abril" Santa María Cauqué, considerando las condiciones actuales de diseño y operación, así como, las características agronómicas y socioeconómicas prevaletes en el sistema.

3.2 Objetivos Específicos

Dar a conocer las condiciones actuales de operación del sistema de riego para detectar posibles deficiencias del mismo.

Evaluar el coeficiente de uniformidad, eficiencia de aplicación y distribución de uniformidad.

Evaluar el desarrollo socioeconómico de los usuarios del sistema de riego, así como sus avances en aplicar riego a sus cultivos.

IV. METODOLOGIA

4.1 Generalidades del área de influencia de estudio.

El sistema de riego por aspersión "12 de Abril" se encuentra ubicado en la Aldea Santa María Cauqué, municipio de Santiago Sacatepéquez, con coordenadas geográficas 14°38'26" latitud norte y 90°41'34" longitud oeste a una altura sobre el nivel del mar de 1,955 metros. Colinda con Santo Domingo Xenacoj al norte; Santiago Sacatepéquez al oeste, San Lucas Sacatepéquez al sur y al oeste con Sumpango. Dista a 35 kilómetros de la Ciudad Capital y a 3 kilómetros de terracería para la cabecera municipal. Según censo realizado en 1988, la Aldea cuenta con una población de 2,708 habitantes, de los cuales el 98% son indígenas y el 2% son ladinos.

4.1.1 Relieve:

Pertenece a la región fisiográfica denominada tierras volcánicas de Occidente, donde su uso agrícola abarca áreas de vocación forestal y de protección, lo cual ha provocado una deforestación mayor. Presenta un relieve ondulado, en algunas partes altas pendientes pronunciadas mayores del 30%, existiendo cultivos hortícolas. (31)

4.1.2 Suelos:

Según Simmons et. al., los suelos de Santa María Cauqué pertenecen a la serie de suelos Cauqué, siendo las principales características las siguientes: son suelos de la altiplanicie central, profundos,

bien drenados, desarrollados sobre cenizas volcánicas de color claro. El horizonte A tiene una profundidad alrededor de 35 cms. con una textura franco a franco arcilloso, color café muy oscuro y con pH 6.0, ligeramente ácido y de fertilidad natural alta. El subsuelo se encuentra a una profundidad cerca de los 75 cms., con una textura franco arcillosa y un pH de 6.0 (31)

4.1.3 Climatología:

El proyecto de riego por aspersión "12 de Abril" está al oeste de la Aldea Santa María Cauqué, y se encuentra en las condiciones climáticas siguientes: temperatura media anual de 12.23° C., temperatura mínima de -5.1°C., y máxima de 25°C., los meses más fríos son Diciembre, Enero y Febrero; los meses calurosos son Marzo y Abril. La precipitación pluvial promedio anual es de 914.45 milímetros, la evaporación media anual de 7.25 cms. Los datos que se obtuvieron fueron de la estación meteorológica No.16.11.1 Suiza Contenta, localizada en San Lucas Sacatepéquez, con una elevación de 2,105 metros sobre el nivel del mar. (14)

4.2 Materiales.

Los materiales empleados en la ejecución de la evaluación de campo fueron los siguientes:

- Medidor de presión de 0 a 45 kg²/centímetros cuadrados, con tubo de pitot.
- Cronómetro y reloj.
- Barreno y pala.

- Recipientes calibrados para medir la descarga de los aspersores individuales (capacidad 5 galones).
- Una cinta métrica de 30 metros.
- 2 mangueras de jardín de 25 pies de largo.
- 36 recipientes de plástico con capacidad de 3 litros.
- Caja de metal para obtener muestras de suelo.
- Un infiltrómetro de doble cilindro.
- Bolsas plásticas, para la toma de muestras del suelo.
- Carreta de mano.
- Boleta socioeconómica

4.3 Aspectos Generales del sistema de riego.

4.3.1 Antecedentes:

El proyecto "12 de Abril" Santa María Cauqué, se inició por promoción que hizo la Dirección General de Servicios Agrícolas, Región V, por medio del Programa de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas y Mini Riego; conjuntamente participó la cooperativa agrícola Cuatro Pinos de Santiago Sacatepéquez. El objetivo de llevar a cabo la incorporación de un sistema de riego en la Aldea Santa María Cauqué, se debe a que en ese lugar es factible aprovechar el recurso agua por medio de pozos mecánicos y el establecimiento de cultivos de exportación. Luego se realizaron estudios previos y reuniones con los interesados para formar un comité de riego, el cual sería el responsable de organizar y construir el sistema de riego. El total de familias beneficiadas fueron 70, perteneciendo cada jefe de hogar a la cooperativa Cuatro Pinos.

Se iniciaron los trabajos del sistema con la perforación del pozo el 20 de Marzo de 1988 y terminaron con las pruebas de aforo el 14 de Abril del mismo año. El diseño del sistema se basó para un riego por aspersión, debido a que el área reúne las características adecuadas y con ésto darle facilidades en el manejo del sistema al agricultor. En el mes de Enero de 1989 se inició el funcionamiento del sistema, y al principio los cultivos que se desarrollaban eran arveja china, suchini, ejote francés, brócoli, radicchio. Además se observó que existen asociados de cultivos, tales como remolacha, rábano, zanahoria, repollo, frijol y papa. Estos cultivos forman parte del ingreso familiar. Las instituciones que intervinieron en la formulación y ejecución económica técnica del Proyecto "12 de Abril" fueron: la Dirección General de Servicios Agrícolas, Región V, aportando asesoría técnica, diseño hidráulico y construcción del sistema de riego por aspersión; Banco Nacional de Desarrollo Agrícola, aportando el crédito para la adquisición de la tubería y accesorios y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, con el aporte del financiamiento para la perforación del pozo, equipo de bombeo y acometida eléctrica. Los gastos realizados se observan en el inciso 4.3.4, donde la tasa de cambio era de Q.2.90 por dólar, en el año 1989.

4.3.2 Características Agronómicas y de Diseño:

Los datos agronómicos y de diseño del sistema de riego por

aspersión "12 de Abril" fueron recopilados del estudio realizado por la Dirección General de Servicios Agrícolas Región V y observaciones directas.

DATOS AGRONOMICOS

CULTIVO	HORTALIZAS
Profundidad de raíces:	0.50 metros
Textura del suelo:	franco arenoso
Textura del subsuelo:	franco arcilloso
Profundidad efectiva:	0.30 metros
Uso consuntivo diario:	4 mm
Eficiencia de riego:	60%
Lámina neta de riego:	20 mm.
Lámina bruta de riego:	33.3 mm
Período de riego:	4 días
Intervalo de riego:	5 días
Déficit permitido de manejo:	50%
Frecuencia de riego:	5 días
Área total de riego:	9.50 Has.
Área potencial de riego:	23.0 Has.
Tiempo de riego/día:	24 horas
Tiempo de riego/turno:	6 horas
Área de riego/día:	3.8 Has.
Área de riego/turno:	0.95 Has.
No. de Posiciones/día:	4
No. de aspersores/turno:	52
Aspersor	
Totál de aspersores:	800
Caudal del aspersor:	5 g.p.m.
Espaciamento entre aspersores:	11 metros
Espaciamento entre laterales:	11 metros

Intensidad de aplicación:	9.37 mm/hora
Tamaño de boquilla:	11/64"
Tamaño de base del aspersor:	1/2"
Diámetro de mojado:	16 metros
Presión media de trabajo:	45 PSI

Pozo

Caudal máximo:	278 g.p.m.
Profundidad total del pozo:	213.40 mts (700 pies)
Nivel dinámico:	140.55 mts. (461 pies)
Nivel estático:	100.61 mts. (330 pies)
Producción del pozo:	278 g.p.m.
Carga dinámica total:	223 mts.
Caudal a utilizar:	260 g.p.m.
Profundidad de la bomba:	184.45 mts. (605 pies)
Diámetro de tubería:	8 pulgadas

4.3.3 Componentes del sistema de Riego:

Los componentes que se detallan a continuación fueron propuestos e instalados por la Dirección General de Servicios Agrícolas y la Compañía de Productos Agrícolas e Industriales de Centro América.

Pozo mecánico de 0.2032 metros (8") de diámetro y una profundidad total de 213.41 metros (700 pies), produciendo 63.13 metros cúbicos por hora (278 gpm). Una bomba tipo sumergible de 60 Hp, con su motor colocada a 184.45 mts. de profundidad con su válvula de cheque vertical, y válvulas de compuerta, manómetro y guardaniveles. Una línea de aire de poliducto, para chequeo de niveles. Una línea de conducción trifásica de 440-480 voltios y un equipo de 3 transformadores de 25 Kvs cada uno. Una caseta para los

tableros de control de arranque y apagado de la bomba con sus respectivos accesorios. Ramal principal en diámetros de 6"-4"-3"-2"-1/2" en tubería de PUC. Ramales secundarios en diámetros de 3"-2"-2/1"-2"-1" en tubería de PUC. Distribución del agua en las parcelas en tubería de PUC en diámetros de 3"-2"1/2"-2"-1"-1/2"-1"-1/4" y 1". Elevadores de hierro galvanizado de 4' de alto. Aspersores de bronce y plástico de 5 galones por minuto. Válvulas de compuerta para sección de ramales. Válvulas de compuerta y llaves de paso a nivel parcelaria. Válvulas de aire.

4.3.4 Costo de Construcción e instalación:

Las cantidades que se presentan estuvieron sujetas a una tasa de cambio de Q.2.90/dollar. Se señala que en estos costos se incluyó la mano de obra, como parte directa de los involucrados en el proceso de construcción e instalación general y parcelaria.

ACTIVIDAD	COSTO
Perforación del pozo	Q. 60,776.00
Equipo de bombeo	Q. 47,799.36
Introducción de energía eléctrica	Q. 23,905.35
Tubería, accesorios de PUC y aspersores POLYMER, S.A.	Q. 115,724.54
Accesorios de ferretería, niplería y valvulería de la Empresa Tecún, S.A.	Q. 14,087.48
Bases, anclajes y fletes	Q. 1,200.00
Mano de obra (agricultores del Comité de Riego)	<u>Q. 23,850.00</u>
TOTAL:	<u>Q. 287,342.73</u>

4.4 Evaluación del Sistema.

El procedimiento de evaluación general que se llevó a cabo en el sistema de riego por aspersión "12 de Abril" Santa María Cauqué, Santiago Sacatepéquez, fue el siguiente:

4.4.1 Determinación de la Evapotranspiración:

Para determinar la evapotranspiración en el área, se calculó por medio del método de Hargreaves, modificada en 1986, en donde se requirieron datos tales como: temperatura máxima y mínima promedio mensual expresada en grados centígrados; radiación extraterrestre en equivalente de evaporación expresado en milímetros por día. El cálculo de evapotranspiración se expresó por milímetros por mes, como se observa en el cuadro 23 del apéndice. Para calcular la evapotranspiración se utilizó la siguiente ecuación:

$$ETP = 0.0023 Ra (T_{max} - T_{min})^{0.5} \times (T_{max} - T_{min}) + 17.1$$

..... Ecuación 1

- Donde:
- ETP = Evapotranspiración potencial
 - Ra = Radiación extraterrestre expresada en equivalente de evaporación (mm/día) de acuerdo a la latitud del lugar y mes (ver Tabla 2A del apéndice).
 - T_{max} = Temperatura máxima promedio mensual. (ver cuadro 23 del apéndice).
 - T_{min} = Temperatura mínima promedio mensual.

4.4.2 Requerimiento de Riego:

Para estimar el requerimiento de riego en el cultivo de arveja china, como el cultivo principal en el área de estudio, se utilizó los datos de la evapotranspiración potencial, y el coeficiente del cultivo (K_c) donde se multiplicaron los datos correspondientes para obtener la evapotranspiración real. En el cuadro 2 se observan los resultados para dos épocas de siembra de arveja china, iniciando en el mes de enero y la otra en el mes de febrero.

CUADRO 1

DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL PARA ARVEJA CHINA

MES	Etp (cms)	K_c	Etr (cms)	Etr acum. (cms)
* Enero	4.13	0.40	1.652	1.652
Febrero	4.18	0.70	2.926	4.578
Marzo	4.81	1.10	5.291	9.869
Abril	4.78	0.94	4.493	14.362

* Febrero	4.18	0.40	1.672	1.672
Marzo	4.81	0.70	3.367	5.039
Abril	4.78	1.10	5.258	10.297
Mayo	4.41	0.94	4.1454	14.442

Etp = Evapotranspiración potencial

K_c = Coeficiente del cultivo

Etr = Evapotranspiración real

Período vegetativo: 120 días

Cultivo: Arveja China

* = Inicio del cultivo.

Una vez determinada la evapotranspiración real del cultivo para la época de siembra, se procedió a determinar el requerimiento de riego en base a la siguiente expresión:

$$Rr = EtR - Pe \quad \dots \text{Ecuación 2}$$

Donde: Rr = Requerimiento de riego (cms)
 EtR = Evapotranspiración real calculada (cms)
 Pe = Precipitación efectiva (cms)

CUADRO 2

REQUERIMIENTO DE RIEGO

MES	EtR (cms)	Pe (cms)	Rr (cms)	Rr acum.
* Enero	1.652	0.01	1.642	1.642
Febrero	2.926	0.05	2.826	3.518
Marzo	5.291	0.05	5.241	8.759
Abril	4.493	0.10	4.393	13.152

* Febrero	1.672	0.01	1.662	1.662
Marzo	3.367	0.05	3.317	4.979
Abril	5.258	0.10	5.158	10.137
Mayo	4.145	0.08	4.065	14.202

* = Inicio de siembra del cultivo.

4.4.3 Determinación Física del Suelo y constantes de humedad:

Se realizaron muestras de suelo en las 4 parcelas de prueba para conocer las características físicas y los contenidos de humedad del suelo antes del riego. En cada parcela se tomaron 4 submuestras y luego obtener una muestra homogénea; la profundidad de muestreo se hizo a 60 centímetros, dividiendo ésta en 2 estratos. Las muestras se tomaron antes de iniciado el riego y luego fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA). Los datos que se obtuvieron fueron: densidad aparente, textura, capacidad de campo y punto de marchitez permanente, tal como se observa en el cuadro 3.

4.4.4 Velocidad de infiltración:

Se efectuaron 4 pruebas de campo para el cálculo de la velocidad de infiltración, utilizando el método del infiltrómetro de doble cilindro. Este consiste de un cilindro de metal de aproximadamente 40 cms. de diámetro a una altura de 35 cms. y va enterrada a 1/3 de su altura. Se aplica agua alrededor de la colocación del cilindro para que exista una mejor distribución vertical del agua infiltrada. Se determinó la velocidad de infiltración para conocer el comportamiento del agua en el suelo, comparando si es mayor o menor que la intensidad de aplicación del aspersor.

CUADRO 3

CARACTERISTICAS FISICAS Y CONSTANTES DE HUMEDAD
"12 DE ABRIL" SANTA MARIA CAUQUE

No. Parcela	Profundidad del Estrato	Textura del Suelo	HUMEDAD EQUIVALENTE		Densidad Aparente gr/cc
			1/3 atm.	15 atm.	
	0.30 cms.	F.Ar.	20.2214	15.0811	1.3968
	30-60 cms.	F.Ar.	21.0271	15.9540	1.3584
2	0.30 cms.	F.Ar.	21.8670	16.1288	1.3138
	30-60 cms.	F.Ar.	19.4380	14.5687	1.3334
3	0.30 cms.	F.Arc.Ar.	20.1416	16.0935	1.3819
	30-60 cms.	F.Arc.Ar.	18.1961	14.7478	1.3458
4	0.30 cms.	F.Ar.	20.9062	15.2967	1.4318
	30-60 cms.	F.Ar.	19.9936	13.9496	1.3951

Fuente: Laboratorio de Suelos de la DIRVA. 1990.

F.Ar.: Franco Arenoso.

F.Arc.Ar.: Franco Arcilloso Arenoso.

Para los efectos del cálculo se utilizó el modelo de Kostiakow - Lewis siendo representado por la ecuación de infiltración: (29)

$$I = K t^n \quad \dots \text{ecuación 3}$$

- De Donde:
- I: Velocidad de infiltración (cms/hora)
 - K: Parámetro que representa la cantidad de infiltración durante el intervalo inicial.
 - t: Tiempo acumulado de infiltración (minutos)
 - n: Parámetro que indica la forma con que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo.

En base a las pruebas de campo y los datos aportados por

éstos, se pudo establecer la velocidad de infiltración y la infiltración básica. La infiltración básica se determinó partiendo de la siguiente ecuación:

$$I_b = K (-600 n)^n \quad \dots \text{ecuación 4}$$

De Donde: I_b = Infiltración básica (cm/hora)

K y n = Parámetros obtenidos de la ecuación de Kostiakov Lewis. (ecuación 3).

Aplicando los parámetros de Kostiakov, se obtuvo que la infiltración básica fue en promedio de 1.13885 centímetros por hora, donde las condiciones de relación del riego con el suelo en el sistema, éste es mayor que la intensidad de riego, 0.934 centímetros por hora, con esto se determinó que en las parcelas del sistema no se producen encharcamientos, ni escurrimientos durante el tiempo de riego que son 6 horas.

CUADRO 4

VELOCIDAD DE INFILTRACION E INFILTRACION BASICA

Prueba No.	n	K	$I = K t^n$	Infiltración básica
1	-0.55744	28.925	28.925 t	1.1326 cm/hr.
2	-0.59557	38.984	38.984 t	1.1758 cm/hr.
3	-0.60858	40.710	40.710 t	1.1226 cm/hr.
4	0.62353	45.167	45.167 t	1.1232 cm/hr.

4.4.5 Area de Prueba:

Según las características del sistema de riego por aspersión en estudio, y las condiciones topográficas del mismo, se tomaron 4 parcelas de prueba, según se observa en la figura 1 del apéndice, de las cuales 2 parcelas se seleccionaron bajo condiciones topográficas planas y las otras 2 en condiciones de topografía quebrada, donde la pendiente es del 10%. Dentro de la parcela tipo (ver figura 5 apéndice) se determinó un espacio que cubriera 4 aspersores, de tal manera obtener el traslape adecuado de los círculos de mojado. El área utilizada fue de 121 metros cuadrados, donde el distanciamiento entre aspersores y laterales es de 11 x 11 metros respectivamente. Según las características del sistema y por las condiciones topográficas del mismo se tomó como criterio que fueran 4 pruebas, de las cuales 2 se tomaron bajo condiciones topográficas planas y las otras 2 en condiciones de ladera, es decir, donde existía una pendiente del 10%.

4.4.6 Cálculo de la lámina neta de reposición:

El método utilizado para determinar el contenido de humedad del suelo antes del riego fue el gravimétrico, el cual consistió en tomar una muestra de suelo de aproximadamente 125 gramos a una profundidad de 60 cms., se guardó en cajas de metal para evitar

pérdidas de humedad. La muestra ya pesada se colocó en un horno a una temperatura de 110°C. durante 24 horas. Luego se pesó la muestra para obtener el peso seco, y llevar este dato a la ecuación siguiente:

$$LR = \frac{(CC - P_{sa}) \times D_a \times Z_r}{100} \dots\dots \text{Ecuación 5}$$

Donde: LR = Lámina neta de riego para llevar a capacidad de campo la zona principal de raíces.

CC = Capacidad de campo (%)

P_{sa} = Porcentaje de humedad antes de regar (%)

D_a = Densidad aparente (grs/cc)

Z_r = Zona radicular en centímetros

DISTRIBUCION DE LOS RECIPIENTES DENTRO DEL AREA DE PRUEBA

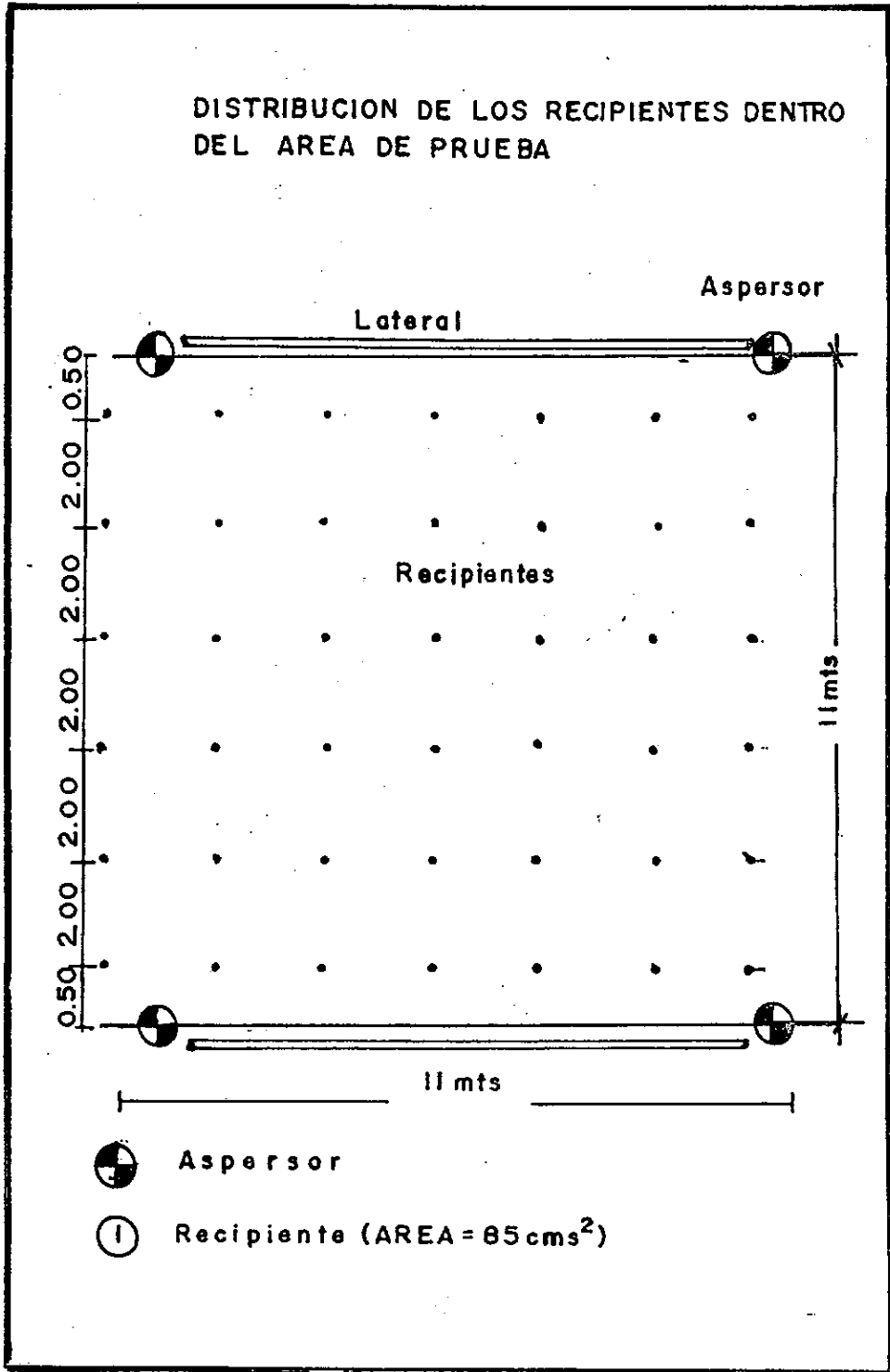


FIGURA 1

En el cuadro 5 se presentan los resultados de las determinaciones del contenido de humedad en el suelo antes del riego y la lámina neta requerida para llevar a capacidad de campo la zona principal de raíces. Se observa en las cuatro parcelas de prueba que no hubo mayor variación, por lo que podemos inferir que es adecuado.

CUADRO 5

DATOS SOBRE EL PORCENTAJE DE HUMEDAD ANTES DEL RIEGO Y LAMINA NETA REQUERIDA PARA LLEVAR A CAPACIDAD DE CAMPO (LR)

PARCELA No.	PROFUNDIDAD ESTRATO	Psa. %	LAMINA NETA	(LR) cms.
1	0 - 30	13.2576	2.9181	
	30 - 60	18.0871	1.1981	4.1162
2	0 - 30	16.0571	2.3268	
	30 - 60	14.8181	1.8480	4.1748
3	0 - 30	13.9791	2.5548	
	30 - 60	14.4135	1.5272	4.0820
4	0 - 30	15.1594	2.4685	
	30 - 60	16.0051	1.6693	4.1378

4.5 Caudal y Presión de Operación del Aspensor.

Se procedió a poner en funcionamiento normal el sistema y luego que la presión y volumen del agua dentro de la tubería se estabilizó, se determinó el caudal de descarga de los aspensores,

utilizando para ello el método volumétrico, el cual se desarrolló como sigue:

Se insertó una manguera a la boquilla de salida del aspersor, de tal manera que el volumen fue descargado dentro de un recipiente de 5 galones de capacidad, se determinó el tiempo y se obtuvo el caudal de descarga del aspersor en metros cúbicos por segundo. Determinando de esta forma la cantidad de agua que se aplica insitu durante la operación del sistema. Se midió la presión del primero y último aspersor en los laterales para cada parcela de trabajo, utilizando un manómetro con tubo de pitot incorporado, a una distancia de 5 milímetros del chorro. A partir del dato de caudal del aspersor, se calculó la lámina de agua descargada sobre el área de mojado y para esto se utilizó la fórmula básica de riego (L).

$$L = \frac{Q \times T}{A} \quad \dots\dots\text{Ecuación 6}$$

Donde: L = Lámina de agua aplicada en centímetros.
 Q = Caudal del aspersor (mts. cúbicos/seg)
 T = Tiempo de riego (segundos)
 A = Área de mojado por los aspersores (mts. cuadrados)

4.6 Medición de la lámina de cada recipiente por área de prueba.

Se colocaron recipientes de 4 litros de capacidad, distribuidos en forma de cuadrícula de 2 x 2 metros dentro del área

de prueba, debidamente nivelados con la finalidad de que éstos no se voltearan al captar el agua. El total de recipientes por parcela fue de 36 y el tiempo de captación de la lámina de agua fue de 1 hora. Previo a iniciar la prueba se comprobó que las tuberías lateral y principal se encontraran con los caudales normales, así también que los aspersores operaban apropiadamente.

Con los datos obtenidos, se procedió a determinar el área de cada recipiente colector (397.61 cm²); y con los volúmenes obtenidos en cada recipiente, expresado en centímetros cúbicos, se aplicó la ecuación para calcular la lámina de descarga del aspersor en una hora de riego. En los cuadros 20 y 21 del apéndice, se expresan los volúmenes colectados y las láminas determinadas durante la prueba de una hora de riego.

Los datos de estos cuadros, se calcularon por medio de la fórmula siguiente:

$$l = \frac{V}{a} \quad \dots\dots \text{Ecuación 7}$$

Donde: l = Lámina de descarga del aspersor
 V = Volumen recolecta en el recipiente cm³
 a = área del recipiente cm².

4.7 Cálculo del coeficiente de uniformidad.

Con los datos de la lámina de descarga del aspersor (ver cuadro 21 del apéndice) en las 4 parcelas de estudio, se obtuvo la

media de estos datos y la sumatoria de los valores absolutos de la desviación de las observaciones, luego se sustituyeron en la ecuación 8 para determinar el coeficiente de uniformidad, expresado en %.

$$CU = 1 - \frac{\sum |x - \bar{x}|}{x \cdot n} \times 100 \quad \dots\dots \text{Ecuación 8}$$

Donde: CU = Coeficiente de Uniformidad %
 \bar{x} = Promedio de láminas
 n = Número de observaciones
 x = Valor de observación individual

En la figura 1 se observa la forma en que fueron colocados los recipientes en cada una de las parcelas de prueba.

4.8 Determinación de la eficiencia de aplicación en el área de prueba.

Para el cálculo de la eficiencia de aplicación en el área de prueba, se tomaron en cuenta los valores de las láminas mínimas recibidas en los botes, que son en total 9, es decir, el 25% del total de las láminas con que se hizo la prueba. Con estos datos se obtuvo el promedio de las láminas y la relación entre la lámina de aplicación del aspersor, para determinar la Eficiencia de aplicación en el área.

$$\text{Ef área} = \frac{L_{mp}}{L} \times 100 \quad \dots\dots \text{Ecuación 9}$$

Donde: Ef área = Eficiencia de aplicación en el área de prueba (%)
 Lmp = Lámina mínima recibida de los botes (cms)
 L = Lámina de aplicación del aspersor en 1 hora.

4.9 Eficiencia de Aplicación.

Para evaluar la eficiencia de aplicación se midió la cantidad de agua aplicada por los aspersores durante el turno de riego, que son 6 horas, y la lámina neta de reposición para llevar a capacidad de campo la zona principal de raíces. (LR)

$$Eap = \frac{LR}{La} \times 100 \quad \dots\dots\text{Ecuación 10}$$

De Donde: Eap = Eficiencia de aplicación en %
 LR = Lámina neta de reposición (cms)
 La = Lámina de aplicación del aspersor (cms)

4.10 Determinación de la Distribución de Uniformidad.

Para determinar la Uniformidad de distribución del agua en el sistema, se tomó el promedio de la lámina mínima recolectada y el promedio de las láminas recolectadas. Este concepto nos permitió evaluar la habilidad que existe en el sistema en aplicar el agua uniformemente en las parcelas, se definió en base a la ecuación siguiente:

$$UD = \frac{Lmp}{LMp} \times 100 \quad \dots\dots\text{Ecuación 11}$$

De Donde: UD = Uniformidad de distribución

Lmp = Lámina mínima promedio captada (cms)
 LMp = Lámina promedio captada (cms)

4.11 Determinación de la lámina bruta de riego.

La lámina de riego bruta, es la lámina que debe aplicarse, después de considerar el % de eficiencia de aplicación de la lámina de riego neta. A su vez la lámina de riego neta se define, como aquella que es necesario aplicar al cultivo de cada riego para mantener la humedad del suelo en tensiones adecuadas para ser fácilmente aprovechable por el mismo.

$$L_b = \frac{L_n}{E_a} \quad \dots\dots \text{Ecuación 12}$$

De Donde: Lb = Lámina bruta (cms)
 Ln = Lámina neta (cms)
 Ea = Eficiencia de aplicación (%)

La lámina neta de riego que se usa para cuando el sistema de riego ya está en operación es la LR, la lámina neta de reposición, la cual fue calculada con la ecuación 4. Al determinar la lámina de riego bruta cuando el sistema de riego ya está en operación, se utilizó la lámina neta de reposición (LR) que es de 4.1277 cms. entre la eficiencia de aplicación que resultó de 79.5%, teniéndose como resultado final 5.192 cms. para la lámina bruta. Esto nos indica que el sistema aplica adecuadamente las láminas requeridas al suelo y según las exigencias del cultivo bajo riego.

4.12 Aspecto agro-económico del usuario de sistema de riego.

4.12.1 Obtención de la información:

Para la obtención de la información socioeconómica se hicieron recorridos generales en las parcelas de riego y en la casa de habitación del total de usuarios. Esto se hizo con el objeto de conocer las características más importantes que se llevan dentro del manejo del sistema. Luego se realizaron entrevistas informales sobre aspectos amplios en los cuales se expusieron grandes rasgos de sus problemas y sus actividades durante el tiempo que se dedican a trabajar dentro del sistema de riego.

4.12.2 Elaboración de la boleta:

Con los elementos anteriores se tuvo en disponibilidad una serie de aspectos que permitieron elaborar la boleta. Luego se obtuvo un listado general de todos los usuarios con el fin de conocer la magnitud de la población para realizar el censo.

Las variables que se estudiaron para determinar las características socioeconómicas de los usuarios dentro del sistema de riego fueron: el nivel educativo del usuario que tiene actualmente, la tenencia de la tierra, identificación y comercialización de los productos principales, fuerza de trabajo, elementos tecnológicos aplicados por el usuario, costos del uso del agua, transferencia de

tecnología y otras características generales.

4.12.3 Análisis de la Información:

Para ordenar y obtener mejores resultados del censo realizado, se utilizó el método de medias aritméticas, considerando posteriormente los respectivos porcentajes de cada una de las variables respuestas planteadas. El número de personas censadas fue de 10, los cuales son socios de la cooperativa Cuatro Pinos y son jefes de hogar.

5. RESULTADOS

El tipo de sistema de riego evaluado en la zona de estudio fue por aspersión. En este lugar las condiciones topográficas son irregulares en algunos sectores que cubre el sistema y en la otra parte el área se presenta plana. El sistema tiene aspersión fija debido al potencial agrícola de la zona, y de esta manera se pretende que el agricultor pueda llevar a cabo una mejor operación del sistema de riego. El sistema de riego "12 de Abril" Santa María Cauqué, cuenta con una extensión de 12 hectáreas bajo riego actual y en total son 23 hectáreas para el sistema, últimamente han sido cubiertas dos hectáreas para ampliar más el área bajo riego. El número de usuarios que trabajan en el sistema son 70, quienes son jefes de hogar y la propiedad que poseen bajo riego es propia, presentándose un minifundismo dentro del sistema, representado en un 35% sobre el área total.

El cultivo de mayor importancia y que se siembra en dos épocas al año es arveja china (*Pisum sativum*), existen otros cultivos hortícolas que también son destinados a la exportación tales como: ejote francés, radicchio, suchini, brócoli, etc. Estos son sembrados en menor escala y su comercialización la realizan al exterior a través de la Cooperativa Agrícola Cuatro Pinos de Santiago Sacatepéquez. El sistema cuenta con un mismo tipo de aspersores con caudal de 5 galones por minuto. Se observó que dentro de las parcelas no existen chorros que puedan ser utilizados

para otras actividades. Los agricultores que pertenecen al sistema de riego por aspersion, se encuentran asociados a la Cooperativa desde hace 12 años y ésta se ha encargado de llevar el desarrollo agrícola de la Hieda de Santa María Cauqué, apoyando la introducción de productos no tradicionales y los proyectos de riego.

5.1 Disponibilidad de agua.

El sistema de riego está constituido de un pozo, como fuente de agua, el cual tiene una profundidad de 200 pies (213.4 mts.), la calidad del agua que se utiliza para riego está clasificada como C1 S1. El entubado comprende una distancia de 100 pies y con un diámetro de 8 pulgadas. El nivel estático del agua está a 330 pies (100.61 metros) y a un nivel dinámico de 461 pies (140.55 metros); cuenta con un sello sanitario de cemento de 15 pulgadas y una longitud ranurada a los 220 pies de profundidad. Las características litológicas del pozo se presentan en la figura 12 (ver apéndice). Cuenta con una bomba sumergible marca PEABODY FLOWAY de 15 etapas, con capacidad de 250 galones por minuto, girando a 3,450 revoluciones por minuto, eficiencia de 78.5% y una potencia de 54.28 horse power (HP). Se encuentra acoplada a un motor marca FRANKLIN con una fuerza de 60 horse power (HP).

5.2 Cálculo de la lámina de aplicación descargada por los aspersores

Para calcular la lámina de aplicación descargada por los

aspersores se utilizó la ecuación 6, determinando la condición media de trabajo de los aspersores en cada parcela de prueba y en todo el sistema. Se observó que el caudal con que trabajan los aspersores y la presión, son las que se determinaron en el diseño, por lo que se consideran correctas. También se midió el diámetro de mojado, que fue de 16 metros, con un 40% de traslape. El grado máximo de aplicación de los aspersores fue de 0.86 cms. para una hora y 5.16 cms. para 6 horas, se observa que en las cuatro parcelas de prueba no hubo mayor variación. Durante las pruebas se constató que no se presentan encharcamientos en el suelo, significa que el área de mojado suele mostrar que el suelo retuvo la lámina de agua aplicada en forma satisfactoria y no hubo movimientos superficiales.

CUADRO 6

CAUDAL Y PRESIONES DE TRABAJO DE LOS ASPERSORES

Parcela No.	CAUDAL		PRESION psi	LAMINA APLICADA (cms)	
	m ³ /seg.	gpm		(L) 1 hora	(La) 6 hrs.
1	3.15 x 10 ⁻⁴	5.0	45	0.86	5.16
2	3.15 x 10 ⁻⁴	5.0	45	0.86	5.16
3	3.15 x 10 ⁻⁴	5.0	45	0.86	5.16
4	3.15 x 10 ⁻⁴	5.0	45	0.86	5.16

5.3 Coeficiente de Uniformidad.

Para determinar el coeficiente de uniformidad se tomaron en cuenta los valores de las láminas recibidas en los botes, la media de estos valores y la desviación con respecto a la media.

CUADRO 7

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

No. Parcela	Suma Total de observaciones	Desviación	Media de Valores	CU (%)
1	31.885	6.293	0.885	80.25%
2	33.143	4.222	0.921	87.30%
3	33.026	5.050	0.917	84.70%
4	32.720	4.635	0.909	85.83%

Se observa en el cuadro 7, que los valores del coeficiente de uniformidad determinado en las cuatro parcelas no presentan mayor variación dentro del rango establecido, que debe ser mayor del 80%. La distribución del agua en las parcelas del sistema es adecuada y su mojado en toda el área es correcta, sólo en los casos donde la velocidad del viento interfiere en la distribución, no se mojan bien las esquinas de las parcelas. La velocidad del viento en esta área se reporta desde 6 a 12 kilómetros por hora. El promedio del CU fue de 84.52% para el sistema en estudio.

5.4 Eficiencia de aplicación en el área de prueba.

Para la obtención de la eficiencia en el área, ésta se calculó

utilizando la ecuación 9 y los resultados para cada prueba en las parcelas fueron los siguientes:

CUADRO 8

LAMINAS MINIMAS RECOLECTADAS

PARCELA 1 (cms)	PARCELA 2 (cms)	PARCELA 3 (cms)	PARCELA 4 (cms)
0.621	0.790	0.774	0.729
0.755	0.767	0.774	0.797
0.431	0.830	0.775	0.792
0.512	0.805	0.787	0.578
0.456	0.830	0.691	0.805
0.235	0.755	0.578	0.591
0.755	0.792	0.578	0.729
0.765	0.755	0.817	0.704
0.755	0.755	0.805	0.812

CUADRO 9

EFICIENCIA DE APLICACION EN EL AREA DE PRUEBA

No. Parcela	L.m.T. (cms.)	L.m.P. (cms.)	L.a. (cms.)	Ef. área (%)
1	5.375	0.597	0.86	69.0%
2	7.079	0.786	0.86	91.0%
3	6.577	0.731	0.86	85.0%
4	6.537	0.726	0.86	84.0%

L.m.T. = lámina mínima total

L.m.P. = lámina mínima promedio

L.a. = lámina de aplicación del aspersor

El cuadro 9 nos muestra la relación que existe entre la lámina mínima promedio y la lámina aplicada del aspersor en una hora. Podemos inferir que los resultados para determinar dicha eficiencia son correctos, ya que nos indican que el agricultor está manejando bien sus aplicaciones de lámina neta que es requerida por la planta, no observándose problemas en rendimiento del cultivo dentro de la parcela. El promedio para todo el sistema es de 82.0% considerado dentro del rango óptimo de eficiencia.

5.5 Eficiencia de aplicación.

Tomando en cuenta que es la relación que existe entre la lámina neta de reposición (LR) y la lámina media de aplicación de los aspersores, que se obtiene de la cantidad aplicada en un turno de riego, donde para el sistema de riego en estudio son 6 horas. Por lo tanto se considera que el 79.5% de eficiencia para el sistema es adecuado y correcto dentro del rango establecido. En el cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos de las cuatro parcelas, y en base a esto se determinó que el agricultor en su manejo y habilidad para regar su parcela se considera óptimo y que aquellos desperdicios de agua que existan durante el tiempo de riego se consideró que; primero por percolación profunda abajo de la zona radicular y también por evaporación por el aire cuando el aspersor está rociando.

5.6 Uniformidad de Distribución.

Para calcular la uniformidad de distribución se relacionó la lámina mínima promedio de los recipientes (L.m.P.) y la lámina media colectada en el área de prueba. En el cuadro 11, se observa que los porcentajes obtenidos durante las pruebas son aceptables para las parcelas 2, 3 y 4, mientras que para la 1 se presenta un valor bajo; ésto nos indica que hay problemas en la distribución del agua y que existen pérdidas por percolación profunda. Según las observaciones de campo se determinó que durante la prueba para dicha parcela las condiciones de topografía y viento fueron factor negativo, no permitiendo que la recolección de la lámina de agua fuese uniforme. El promedio fue de 78.01%, lo cual indica que la distribución del agua en las parcelas es aceptable para todo el sistema de riego.

CUADRO 10

EFICIENCIA DE APLICACION

PRUEBA	LR (cms)	LR (cms)	EfA %
Parcela 1	4.1162	5.16	79.77
Parcela 2	4.1748	5.16	81.00
Parcela 3	4.0320	5.16	78.13
Parcela 4	4.1378	5.16	80.18

Parcelas de prueba - 1990

Sistema de Riego por Aspersión "12 de Abril"

Santa María Cauqué

CUADRO 11

UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCION

No. Parcela	L.m.P	L.m.c.	UD %
1	0.597	0.885	67.46
2	0.786	0.921	85.34
3	0.731	0.917	79.02
4	0.726	0.909	79.87

Parcelas de prueba - 1990

Sistema de Riego por Aspersión "12 de Abril"

Santa María Cauqué

5.7 Eficiencia total del sistema.

El cuadro 12 nos presenta un resumen de las eficiencias alcanzadas para cada parcela de prueba y el promedio de cada una de ellas, indicando la eficiencia total del sistema de riego por aspersión "12 de Abril", Santa María Cauqué.

CUADRO 12

EFICIENCIAS EXPRESADAS EN PORCENTAJE PARA CADA PARCELA DE PRUEBA Y EFICIENCIA TOTAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION

No.Parcela	Ef a	Ef área	CU	UD	Eft (%)
1	79.77	69	80.25	67.46	74.12
2	81.00	91	87.30	85.34	86.16
3	78.13	85	84.70	79.72	81.88
4	80.18	84	85.83	79.87	82.47

5.8 Principales problemas en la operación del sistema.

En base a las observaciones y entrevistas realizadas a los usuarios del riego durante la operación y manejo del sistema de riego por aspersión, se presentan los principales problemas que han ocurrido desde que iniciaron con el uso del mismo. Entre éstos se detallan:

- Se observó que el agricultor desperdicia el recurso agua en los momentos iniciales del riego, debido a que no tienen cultivo bajo riego y no han preparado el terreno, pero deben regar para no perder el turno de riego.
- La hora de recibir su dotación de agua no siempre es la más adecuada para el usuario, ya que ellos trabajan 2 días y medio de corrido.
- Carecen de un reglamento interno para un mejor desarrollo del sistema en su operación y distribución del agua.
- No tienen asistencia técnica para sus cultivos bajo riego.
- Algunos usuarios que han hecho ampliaciones cerca de su parcela, o en la misma, tiene que regar 3 horas una parte y otras 3 horas, cambiando aspersores o cerrando por momentos la llave de paso.

- No hay confort de cambio de aspersores que los usuarios han introducido al sistema, debido a que han comprado éstos en lugares donde la calidad de los mismos es deficiente.
- Hay falta de datos climáticos representativos del área, como una estación meteorológica.

5.9 Organización de los usuarios del sistema de riego.

El comité del sistema de riego por aspersion "12 de Abril" Santa María Cauqué, está precedido por una Junta Directiva, que se compone de un Presidente, Vicepresidente, Secretario, Tesorero y tres vocales. Dicha Directiva se encarga de la administración del riego, la cual de acuerdo a la encuesta realizada, para el 48% de los miembros del comité está realizando bien sus actividades y el 52% manifiestan que lo hacen en forma regular, debido a la falta de organización, orden, experiencia y participación de todos los usuarios.

5.10 Funcionamiento y Operación Actual.

Dentro de las actividades de operación del sistema de riego por aspersion "12 de Abril" Santa María Cauqué, primero indicamos que los usuarios se encuentran organizados por un Comité de Riego y son socios de la Cooperativa Unión Integral Cuatro Pinos. Este se encuentra formado por un Presidente, Vice-Presidente, Tesorero,

Secretario, Vocales y Jefes de Grupo; estos últimos juegan un papel importante, ya que son los encargados de coordinar los turnos de riego durante los días de trabajo y también presentan la información de las actividades durante ese período al Comité de Riego. El sistema funciona con 52 aspersores por turno con un caudal de 260 galones por minuto, trabajan 3 días siendo un total de 10 turnos, con 6 horas de trabajo cada uno, aplicando una lámina de 5.162 centímetros.

Durante el tiempo de riego, el agricultor se presenta a la hora indicada para abrir y cerrar la entrada del caudal de agua a su parcela, llevando a cabo sus labores agrícolas que requiere el cultivo. En otros casos, el 65% de ellos permanece durante el ciclo del cultivo con el objetivo de estar pendiente de algún imprevisto que se dé dentro de la parcela. La operación de uso dentro de la parcela se observó que el usuario realiza movimientos de sus aspersores en forma manual conduciendo la dirección del agua hacia las esquinas de su parcela, donde no se encuentra mojado y que en algunas parcelas el viento afecta, como se observó que algunos utilizan manguera en casos donde no se cubre bien el área debido a que en ese momento la velocidad del viento afecta la distribución del agua. La tubería lateral se fija dentro de la parcela así como lo son los elevadores de los aspersores.

El cultivo de mayor importancia es arveja china, pero dentro

de las parcelas se encontró que existe un asocio con otros cultivos, tales como: zanahoria, remolacha, rábano, lechuga y ejote francés. Esto representa en cierto momento del ciclo del cultivo de arveja china, la competencia de nutrientes y dificultad en las labores agrícolas.

5.11 Aspecto Socioeconómico.

5.11.1 Datos Generales del Usuario:

Actualmente el índice de hacinamiento va de 5 a 10 personas por hogar, de éstas, sólo una persona trabaja diariamente en su parcela, lo que representa en todo el sistema un 50% de los usuarios, el 25% de las familias reportó que 2 miembros del hogar trabajan y el otro 25% dicen que trabajan 4 miembros de su parcela. Según los datos obtenidos de las entrevistas a cada jefe de hogar se reportan los mismos en el cuadro 13.

El total de los usuarios que saben leer y escribir solamente llegaron a cursar hasta cuarto de primaria. A la fecha los padres de familia realizan un esfuerzo para que sus hijos asistan a la escuela para recibir mayor educación; pero según observaciones y

CUADRO 13

DATOS GENERALES DEL USUARIO

Aspecto general	SI	NO
a) Jefe del hogar	100 %	---
b) Propietario de su parcela	100 %	---
c) Propietario de su hogar	100 %	---
d) Visita al médico regularmente	100 %	---
e) Sabe leer y escribir	100 %	---
f) Solamente sus ingresos son de su trabajo agrícola	50 %	50 %
g) Ha recibido cursos agrícolas	100 %	---
h) Su vivienda está hecha de block techo de lámina	90 %	10 %
i) Posee letrina	90 %	10 %
j) Posee vehículo propio	11 %	89 %
k) Cuenta con aparatos eléctricos	100 %	---
l) Compra accesorios de riego sin consultar al comité	10 %	90 %

Fuente: Censo realizado a los usuarios. 1990.

reportes de la entrevista, manifiestan que los jóvenes han emigrado de su trabajo agrícola para dedicarse a un trabajo industrial o en otros casos a empresas avícolas que se encuentran cercanas a la aldea y reportan que sus hijos reciben un ingreso mensual, a diferencia como se espera en una producción hortícola, donde se corren riesgos.

Se hace notar en el cuadro anterior que los usuarios en su mayoría han respondido SI a las interrogantes, tomando en cuenta que han mejorado su estructura familiar y que a la vez, cuentan con prevendas que han llenado sus necesidades primarias y culturales. En el aspecto alimenticio, en cada hogar, la dieta alimenticia consiste en el consumo de maíz, frijol, verduras, hierbas y 1 a 2 veces por semana carne de pollo o de res.

5.11.2 Tenencia de la Tierra:

En las áreas de explotación agrícola existe dominación de minifundio y en propiedad, ésta es una característica especial del área del altiplano de Guatemala. Algunos usuarios del proyecto de riego por aspersion, ceden sus tierras en forma de arrendamiento o medianía, pero en aquellos lugares cercanos a las aldeas no hay acceso al riego, éste es en un lugar llamado Manzanales, que se encuentra fuera de la aldea, aquí cultivan maíz y frijol para el auto consumo. Se reporta para el 100% de los usuarios. El área que poseen en dicho lugar se encuentra en un rango de 2 a 4 cuerdas de

40 por 40 varas cuadradas (0.33 mz a 0.66 mz), por usuario del sistema de riego. Según el cuadro 14 se observa la distribución del área en porcentaje, que poseen los agricultores dentro del sistema de riego.

CUADRO 14

DISTRIBUCION DEL AREA BAJO RIEGO EN % QUE POSEEN EN EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION

Area bajo riego en cuerdas de 40 x 40 vrs ²	No. usuarios	%
1 cuerda (0.161 mz)	25	35.71
1.5 cuerda (0.242 mz)	18	25.71
2 cuerdas (0.323 mz)	15	21.42
2.5 cuerdas (0.403 mz)	12	17.14

Fuente: Censo realizado a los usuarios. 1990.

5.11.3 Fuerza de Trabajo:

La fuerza de trabajo se hace necesaria y fundamental en la producción, sin ella sería imposible la producción de bienes y servicios necesarios para vivir. Los usuarios del proyecto de riego por aspersión "12 de Abril", se encuentran comprometidos de la fuerza de trabajo personal dentro del sistema, ya que cuentan con aceptables alternativas de trabajo, una de ellas es tener la parcela bajo riego, incidiendo en que sea un grupo minoritario que

cuentan con características aceptables. Según la encuesta llevada a cada jefe de familia, se puede inferir que cuando se termina la época de riego, el 100% de los usuarios trabajan afuera para dedicarse a los cultivos de autoconsumo, como son maíz y frijol.

El 50% contrata trabajadores, pagando el jornal a Q.8.00, ésto se presenta fuera del sistema de riego, y el otro 50% es mano de obra familiar (más de 5 personas), ya que buscan obtener un ingreso mayor en sus costos, sin la utilización de la compra y venta de fuerza de trabajo. Esta característica se presenta en la época de invierno, donde el riego no es necesario dentro de su parcela.

5.11.4 Ingresos:

En cuanto al ingreso monetario de cada uno de los usuarios se reporta que un 50% no tienen ingresos mensuales, sino se encuentran condicionados a lo que obtengan de su cosecha y venta de arveja china, destinada a la exportación por medio de la Cooperativa Cuatro Pinos; pero también tienen problemas cuando los precios del mercado internacional fluctúan en precio y la empresa o agente que les compra, en este caso la cooperativa, trata de mantener precios a sus productos hortícolas, ya que existen convenios en el extranjero de llevar la cantidad requerida y les permiten a los agricultores obtener ganancia, asegurando su producto.

El 50% restante, obtienen sus ingresos entre Q.100.00 a Q.200.00 mensuales. Se observó que dichos usuarios en el sistema poseen más

área de tierra bajo riego, y que han realizado socios con cultivos: remolacha, suchini, zanahoria, repollo, ejote francés, asociado cada uno con arveja china, llevando el producto al mercado nacional o local. Realizan préstamos por parte de la Cooperativa, agenciándose de fondos que les permita llevar en mejores condiciones el producto agrícola y a la vez compran sus insumos en los días que lo quieren sus cultivos. Durante el tiempo que tienen los usuarios de manejar y operar el sistema de riego por aspersión, reportan en la entrevista que han recibido poca asistencia técnica del uso del agua y su manejo dentro de la parcela, y por tal razón, al inicio de sus operaciones tuvieron problemas en dos ocasiones. Estas consistieron en rompimiento de tubería principal de diámetro de 6 y 5 pulgadas y el pago de la tubería significó un costo de Q.4,500.00 que fue cancelado por todos los usuarios del riego.

5.11.5 Tecnología Empleada:

Es evidente que en la Aldea Santa María Cauqué, la horticultura de exportación está introduciendo cambios en lo que se refiere a la infraestructura básica, en el patrón de reproducción tradicional, en la organización del trabajo y la transferencia de tecnología ligada a los nuevos cultivos que sin duda alguna tendrá repercusiones de carácter social y cultural de la población en general. En cuanto a la tecnología empleada se refiere se observó que existen cambios como son: el uso de pesticidas y su incremento, semillas mejoradas, cultivos nuevos como radichio, suchini, ejote

francés; el riego por aspersion y algo muy importante, la variación en el tiempo de descanso de las tierras.

El elemento importante en la tecnología lo constituye el riego como proyecto para el proceso de desarrollo de las hortalizas de exportación, donde es el punto de partida para su producción y con ello la intensificación del uso de la tierra para obtener 3 cosechas anuales.

Actualmente se riegan 1.20 hectáreas por posición, siendo un total de 12 hectáreas. También se tiene conocimiento que se han hecho ampliaciones y éstas han sido aprobadas por el Comité y por el técnico que diseñó el sistema, realizando los cálculos hidráulicos y costos de dicha ampliación. Los usuarios amplían alrededor de 1/2 a 1 cuerda de 40 x 40 varas cuadradas (0.08 - 0.17 Mz) siendo su costo de Q.500.00 en tubería y accesorios. El área ampliada hasta la fecha es de 2.5 ha. Una de las operaciones que más atención merece, es que, el usuario cuando tiene una ampliación de 1 cuerda, riega ésta durante 3 horas y la otra parte 3 horas, para poder aprovechar al máximo el turno de riego, lo cual ha significado que en los meses de marzo y abril el cultivo tiene un déficit de agua y no se llega al rendimiento adecuado. Todos los usuarios tienen conocimiento que en cada turno de riego se deben utilizar de 52 a 55 aspersores por turno, por lo que el jefe de grupo de cada turno debe ser cuidadoso en el cierre y apertura de las llaves de paso y realizar medición de presiones en cada parcela. Dentro de la

parcela bajo riego la tecnología empleada por los usuarios incluye la utilización de semilla mejorada a un costo de Q.6.00 libra de arveja, aplicando fertilizantes con niveles altos, programas rígidos de control de plaguicidas, buen control de malezas en forma mecánica. En las entrevistas realizadas se detectó que un 65% de los usuarios realizan asociados con arveja china, también se observa dentro de este porcentaje que algunos usuarios tienen 2 cultivos en la misma parcela pero no asociados, observándose combinaciones de 1/2 parte de arveja y zuchini, arveja y ejote francés, arveja y repollo, ya que la comercialización de estos productos permite obtener ganancias efectivas y que pueden ser manejados dentro de su parcela, pero en algunos casos se encuentran con limitantes para llevar a cabo labores culturales. El otro 35% no realiza asociados, solamene dedica su trabajo al cultivo de arveja china, debido a que cuentan con poca extensión bajo riego y el capital de inversión es mínimo. El 75% de los usuarios han hecho ampliaciones en su parcela bajo riego, siendo desde 1/2 a 1 cuerda de 40 x 40 varas cuadradas, el costo oscila entre Q.300.00 a Q.500.00 por cuerda.

En lo que se refiere al cumplimiento de un reglamento interno, éste no existe dentro el Comité de Riego, lo que significa que no hay pago por el uso del agua, es decir, un canon de agua, no pueden sancionar a aquellos usuarios que estén usando mal el recurso agua y por ende el mantenimiento del sistema. Solo se tiene conocimiento de que hay un pago anual al Banco Nacional de Desarrollo Agrícola

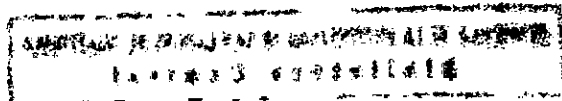
de Q.1,505.00 por cuerda o el pago a 15 años plazo y pago de energía durante los meses de trabajo de Q.45.00 cada mes. Es necesario que se regule el uso del agua, reservas monetarias para contingencias, operación y mantenimiento del mismo, por consiguiente ésto debe ser discutido por el Comité de Riego, para llegar a reglamentar todo el sistema y se tenga la seguridad de llevar a cabo una buena operación del mismo.

5.11.6 Comercialización:

Los usuarios cuentan con un centro de acopio de la Cooperativa Cuatro Pinos, ubicada en Santiago Sacatepéquez, donde todos son socios y les exigen requisitos de calidad del producto. Este sistema de comercialización permite al usuario garantizar su producción, sabiendo que la Cooperativa mantiene políticas de demanda y oferta de la exportación, llegando hasta valer Q.0.80 la fibra de arveja china. El producto es llevado en canastas con requisitos como: vaina de 6 a 8 centímetros de largo, forma recta y plana, color verde oscuro, libre de manchas, causadas por enfermedades y libre de daños físicos. La Cooperativa como centro de acopio no solamente recibe producto de arveja china, sino otras hortalizas de exportación como: suchini y ejote francés.

5.11.7 Diversificación de Cultivos:

En el sistema de riego por aspersión "12 de Abril", la presencia de un solo cultivo no se podría tomar como parámetro para determinar



cual es la situación actual de su desarrollo económico. En el cuadro 15 podemos observar la presencia de varios cultivos de exportación, lo cual por sí solo, no podría hacer pensar en una gran diversificación, aunado esto con las áreas bajo riego que para todo el área es poco significativo, aunque nos puede servir de indicador de la presencia de nuevos cultivos que deben ser evaluados posteriormente en base al impacto en un futuro próximo.

CUADRO 15

EXTENSION EN HECTAREAS DE CULTIVOS DE EXPORTACION PROYECTO "12 DE ABRIL" SANTA MARIA CAUQUE

CULTIVO	%	AREA EN HECTAREAS
Arveja China	39.17	4.7
Ejote Francés	25.00	3.0
Suchini	15.00	1.8
Brócoli	8.33	1.0
Radichio y otros	12.50	1.5
TOTAL	100.00	12.0

Fuente: Censo realizado en 1990.

5.11.8 Análisis de Costos de Producción:

En base a los datos del Censo realizado en el Sistema de Riego, es importante conocer y evidenciar los costos de producción de las hortalizas de exportación que se manejan dentro del sistema. Para el estudio en el sistema "12 de Abril" Santa María Cauqué, se comenzaron a vislumbrar cambios en la utilización de insumos

(pesticidas, fertilizantes, semillas), que en su mayoría son importados y de alto costo. Esto fue interesante conocerlo, porque en la región del altiplano el agricultor ha evolucionado en el paquete tecnológico que viene operando desde hace mucho tiempo, con el objeto de mantener los productos hortícolas en buena calidad en base a las exportaciones y normas del mercado internacional.

El análisis de cada costo de producción para los cultivos de dicho sistema de riego fue desglosado en sus aspectos más importantes, para la variable de aspecto técnico y sus distintos indicadores, presentándose los costos directos. Los datos de los Cuadros 16, 17, 18 y 19 se expresan por cultivo y por hectárea el costo absoluto en quetzales por renglón de gasto y su porcentaje.

CUADRO 16

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION POR Ha. CULTIVO DE EJOTE FRANCES. 1990

EJOTE FRANCES	QUETZALES (x cosecha)	(Anual)	% TOTAL
Jornales	Q.1,142.00	Q.3,426.00	38.54
Fertilizantes	360.00	1,080.00	12.15
Pesticidas	476.00	1,428.00	16.06
Semilla	625.00	1,875.00	21.09
Riego	360.00	1,080.00	12.15
Total	Q.2,963.00	Q.7,014.00	100.00

Fuente: Censo realizado a los Usuarios. 1990.

CUADRO 17

**COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION POR Ha.
CULTIVO ARVEJA CHINA. 1990**

ARVEJA CHINA	QUETZALES (x cosecha)	(Anual)	% TOTAL
Jornales	Q.2,683.00	Q.8,049.00	41.93
Fertilizantes	516.00	1,548.00	8.06
Pesticidas	1,903.00	5,709.00	29.74
Semilla	937.50	2,812.00	14.65
Riego	360.00	1,080.00	5.63
Total	Q.6,399.50	Q.19,198.00	100.00

Fuente: Censo realizado a los Usuarios. 1990.

CUADRO 18

**COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION PARA UNA Ha.
CULTIVO SUCHINI. 1990**

SUCHINI	QUETZALES (x cosecha)	(Anual)	% TOTAL
Jornales	Q.1,751.00	Q.5,253.00	51.18
Fertilizantes	570.00	1,710.00	16.06
Materia Orgánica	140.00	420.00	4.09
Pesticidas	380.00	1,140.00	11.10
Semilla	220.00	660.00	6.43
Riego	360.00	1,080.00	10.52
Total	Q.3,421.00	Q.10,263.00	100.00

Fuente: Censo realizado a los Usuarios. 1990.

CUADRO 19

**COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION PARA UNA Ha.
CULTIVO MAIZ. 1990**

MAIZ	QUETZALES	(Anual)	% TOTAL
Jornales	Q.500.00	Anual	65.36
Fertilizantes	230.00	Anual	30.06
Pesticidas	30.00	Anual	3.92
Semilla	5.00	Anual	0.65
Total	Q.765.00	Anual	100.00

Fuente: Censo realizado a los agricultores. 1990.

El análisis de los costos de producción de los cultivos, permite hacer comparaciones. En lo que respecta a la mano de obra, ocupa individualmente el costo más fuerte de gasto. Sin embargo, los pesticidas, fertilizantes y semillas ocupan el primer lugar comparado con el riego. Esto se debe a que la mayoría de los insumos son importados y porque las exigencias del mercado son estrictas para los cultivos de exportación. Es evidente que el consumo de pesticidas está por encima de las necesidades que a veces requiere la planta, aplicando cada 4-5 días fungicidas y cada 7 días insecticidas al igual que los fertilizantes. Los

agricultores presentan características en un 100% de NO aplicación de herbicidas. Una de las características de los cultivos para la exportación es la utilización de mano de obra, por tal razón se observa en los cuadros anteriores que este rubro es el más alto y a la vez se vuelve intensivo, siendo la arveja china que más mano de obra utiliza comparado con los otros cultivos.

5.11.9 Destino de la Producción:

En el sistema de riego "12 de Abril" los agricultores llevan su producto a los siguientes canales de comercialización, aunque el destino final es el mercado extranjero (EE.UU y Europa). El 100% de los agricultores manifiestan que sus productos son vendidos directamente a la Cooperativa 4 Pinos, salvo en aquellos casos que sufran rechazos, los cuales del comercio para el producto toma otra variante. Esto se observa en las siguientes gráficas.

La figura 3 nos muestra el destino de la producción cuando a los agricultores se les han rechazado sus productos, por lo cual se ven en la obligación de canalizarlos a través de otros mercados.

CANALES DE COMERCIALIZACION DE LOS CULTIVOS:
ARUEJA CHINA, EJOTE FRANCES, SUCHINI. 1990
"12 de Abril" Santa María Cauqué

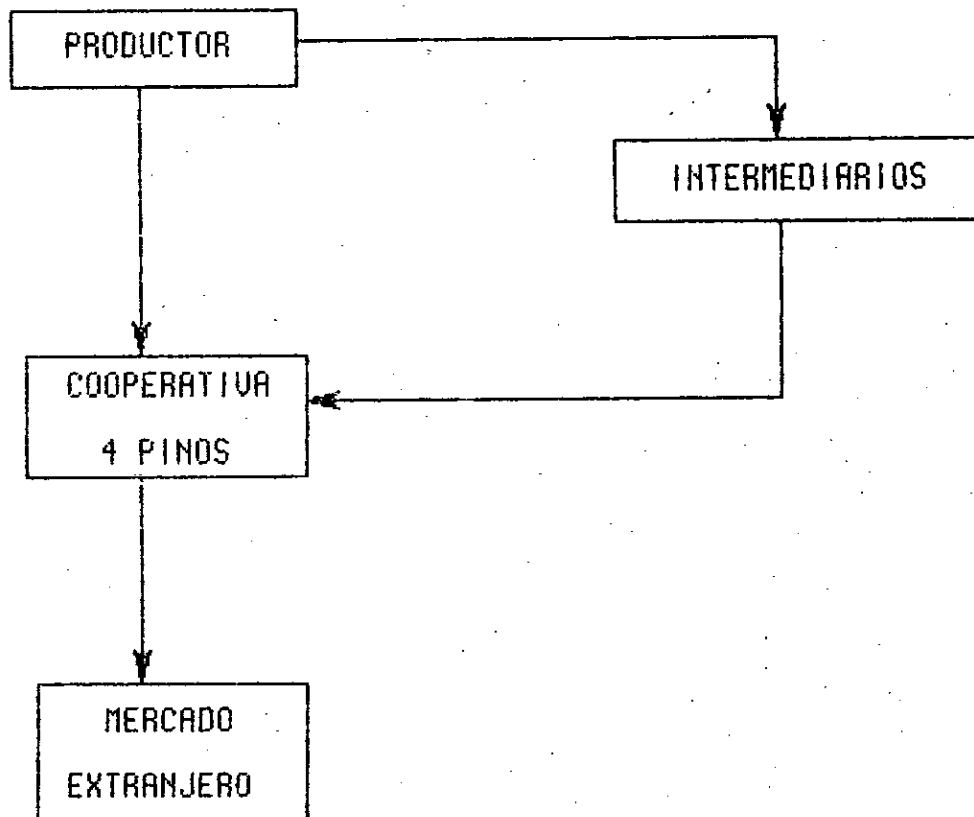


FIGURA No. 2

**CANALES DE COMERCIALIZACION CUANDO EXISTE RECHAZO
DEL PRODUCTO, EN LA COOPERATIVA**

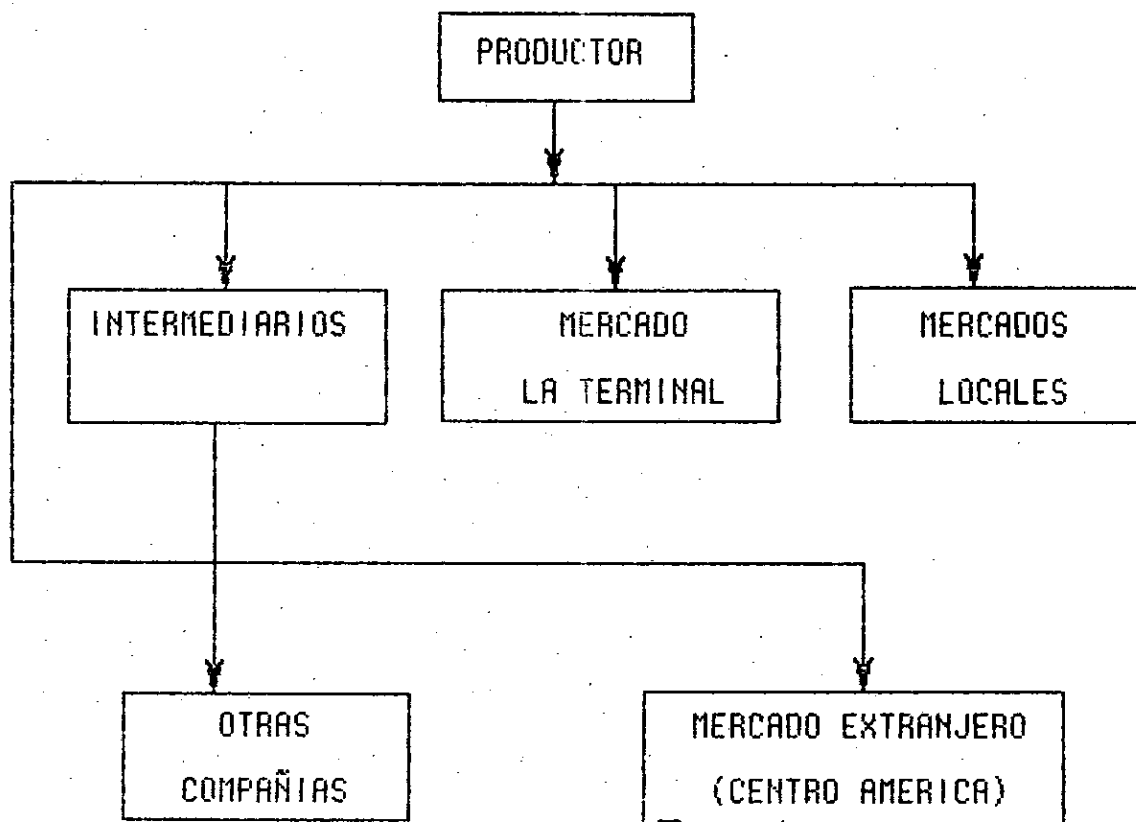


FIGURA No.3

5.12 Discusión de Resultados.

Uno de los elementos importantes para llevar a cabo una evaluación del sistema de riego por aspersión, "12 de Abril" Santa María Cauqué, fue evaluar las características agronómicas y económicas dentro del sistema que se tiene actualmente. En base a los resultados obtenidos podemos inferir, en primer lugar la metodología planteada cumple satisfactoriamente para las condiciones del sistema y a la vez, los procedimientos planteados son aceptables para llevar una evaluación. Para una mejor representatividad de la evaluación, para medir las diferentes eficiencias se tomaron 4 parcelas de prueba en todo el sistema, cubriendo un área de 121 metros cuadrados cada una.

Los valores de velocidad de infiltración e infiltración básica, indican que no existen encharcamientos dentro de las parcelas y la infiltración básica que fue de 1.1396 cms/hora es mayor que la intensidad de riego que fue de 0.934 cms/hora. La lámina neta de reposición que se obtuvo del promedio de las cuatro parcelas fue de 4.1277 centímetros, ésta es menor que la lámina bruta de riego calculada, durante la operación actual del sistema, siendo este resultado de 5.192 centímetros. Podemos inferir que el suelo está en capacidad de retener la cantidad de agua que es aplicada durante el tiempo de riego, que para el sistema son 6 horas.

La lámina de aplicación por los aspersores es de 5.160 cms.

donde se presenta uniforme para todo el sistema de riego, también los aspersores trabajaron a 45 PSI con un caudal de 5 galones por minuto, esto indica que las características del diseño son adecuadas para la operación del sistema y no hay variaciones. En lo que respecta al diseño del sistema, los datos que se tomaron de la Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA), se determinó que éstos son tomados de tablas específicas y para diseñar trabajaron con márgenes de seguridad en un rango medio para obtener las eficiencias posibles, por lo tanto se considera que sí existe correspondencia en cuanto al diseño.

Los valores de coeficiente de Uniformidad, evaluados en las cuatro parcelas, se estableció que sí se encuentran dentro del rango que debe ser mayor del 80%, el resultado final en promedio fue de 84.52%. Significa que los patrones de espaciamiento actuales entre los aspersores y laterales son correctos para el sistema. Existe el problema en las parcelas que el agua no llega uniforme a las esquinas de las mismas, esto se debe a factores ambientales, viento, donde los círculos de mojado no llegan a estas partes. La eficiencia de aplicación en un sistema de riego por aspersión se encuentra entre un 65% y 75% para un correcto diseño y en este estudio se reporta que la eficiencia de aplicación fue de 79.50%, por lo tanto se considera adecuado conceptualizando que el agricultor tiene habilidad para regar su parcela en forma precisa. Con estos datos también se tiene que el agricultor o usuario

desconoce que dentro del sistema se está regando las horas adecuadas y que las pérdidas por percolación son mínimas, ya que si disminuyera la eficiencia de aplicación se tendrían mayores pérdidas por percolación. En base a los resultados obtenidos de las láminas mínimas promedio y láminas medidas promedio recolectadas se presenta que la uniformidad de distribución para el sistema fue de 78.01% mayor que la eficiencia de aplicación en el área que fue de 82.00%, quiere decir, que dentro del sistema por aspersión indica que si está trabajando en forma correcta la lámina neta durante el tiempo de riego.

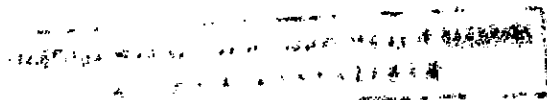
En cuanto al aspecto agroeconómico relacionado con la operación y manejo del sistema se hace resaltar que los agricultores han desarrollado nuevas tecnologías con la incorporación de los cultivos de exportación bajo riego y según el Censo realizado manifiestan que carecen de asistencia técnica a los cultivos, esperando con ésto obtener mejor rendimiento. También se observó que el Comité de Riego no ha alcanzado los niveles adecuados de organización en cuanto a reglamentar el uso y manejo del recurso agua, además no existen calendarios de riego para los diferentes cultivos con los cuales trabajan. Esto ha causado gastos del recurso agua y energía por no llevar una uniformidad en sus siembras, es decir, los factores de siembra y adquisición de insumos no se dan en el tiempo indicado cuando el sistema empieza a operar, según observaciones hechas dentro de las parcelas, existen

agricultores que realizan sus actividades de siembra después de 1 a 2 semanas de iniciado el riego y con esto hay un desperdicio de agua en todo el sistema, por lo tanto se determinó que existe falta de coordinación para el buen aprovechamiento del recurso agua y evitando así gastos innecesarios de energía.

La estructura familiar ha llenado sus prevendas básicas y de esta manera se espera que el crecimiento económico y social siga desarrollándose en un futuro. Es un hecho que esta localidad donde se encuentra el sistema, la Cooperativa Cuatro Pinos ha jugado un papel importante en el desenvolvimiento del desarrollo agrícola, aportando todo el apoyo necesario para que sus socios sean beneficiados con contar de riego y modificación de la estructura de cultivos tradicionales, a través de los cultivos de exportación. Es evidente que el agricultor ha mejorado en su tecnología e ingresos económicos, donde se observó que han obtenido materiales e insumos sin ningún problema, desarrollando su actividad agrícola.

En cuanto a los costos de producción presentados, se observó que el cultivo de arveja china es el que incurre en mayores gastos, Q.6,399.50 por hectárea, donde se vislumbra que los gastos mayores se dan en la adquisición de insumos. Los otros cultivos dentro del sistema presentan las mismas características en cuanto a la cantidad de área bajo riego y que es mínima la producción para la exportación al extranjero.

Los gastos de operación y mantenimiento del sistema son pagados por todos los usuarios del riego; no existe cobro del uso de agua, pero sí hay un pago del costo de energía y el pago lo realizan a la Empresa Eléctrica de Guatemala de la siguiente manera: Tasa municipal Q.50.00, costo de kilovatio-hora Q.0.461224 que en total son Q.4,954.65, más el 7% del impuesto del valor agregado. Este pago es en total Q.5,351.47 por mes. Para cada usuario que posea una cuerda de 40 x 40 varas cuadradas (1,166.66 metros cuadrados) deberá cubrir por gasto de energía Q.55.74 (Q.446.00/Ha). El mantenimiento del equipo de bombeo no ha sido cubierto, debido a que éste se debe dar a los 2 años y medio de funcionamiento.



6. CONCLUSIONES

1. La eficiencia total del sistema de riego "12 de Abril" Santa María Cauqué, es de 81.00% y se considera aceptable para las condiciones actuales de diseño y operación.
2. Los componentes evaluados en las cuatro parcelas de prueba, es decir, las eficiencias, fueron en promedio: Eficiencia de aplicación en el área de prueba 82.2%, Uniformidad de distribución 78.01%, coeficiente de Uniformidad 84.52% y eficiencia de aplicación del sistema 79.5%; por lo tanto se determinó que el agricultor maneja bien su parcela bajo riego.
3. En la operación actual se trabajan dos días y medio para regar toda el área, son 10 turnos de 6 horas cada uno, se aplica una lámina de 5.16 centímetros, y la lámina requerida o lámina neta de reposición es de 4.1277 centímetros. Esto indica que en el sistema se aplican las láminas adecuadamente según los requerimientos del suelo y los cultivos bajo riego.
4. La producción de hortalizas en las parcelas bajo riego, se ven beneficiados por la diversificación de cultivos, mercado y comercialización hacia el extranjero, donde se observó que la arveja china ocupa la mayor importancia en cuanto al área que ocupa y el incremento en gastos que incurren los insumos que se utilizan.

5. Los usuarios del sistema de riego por aspersión han desarrollado su tecnología agrícola, generando así ingresos económicos a su hogar que permiten satisfacer sus necesidades y también como característica social, es importante para ellos como grupo dentro del sistema, pertenecer a la Cooperativa Unión Cuatro Pinos Santiago Sacatepéquez, quien fue la pionera del desarrollo en esta comunidad.
6. Hay una falta de asistencia técnica en un 90% hacia los agricultores que tienen cultivos bajo riego y a la vez, no existe ninguna orientación de apoyo técnico administrativo que les permita contabilizar y ordenar los gastos de operación y crédito.
7. En base al censo realizado a los usuarios del riego, se llegó a determinar que el 100% presentan ingresos monetarios aceptables luego concluida la producción, mejoría en la aceptación de transferencia de tecnología. Se enmarca que el 50% de los usuarios utilicen mano de obra familiar y el resto contrata, debido a que existen agricultores en un 17.14% que poseen más de una cuerda de 40 x 40 vrs.², y como característica importante es que son propietarios de su parcela bajo riego con una denominación minifundista, representado en un 35% (1 cuerda de 40 x 40 vrs.² = 1166.6 metros cuadrados).

8. Los usuarios actualmente hacen un pago por utilización de energía eléctrica de Q.5,341.57 al mes, pagando cada agricultor una cantidad de Q.55.74 por cuerda. Deben también amortizar el crédito dado por BANDESA, Q.1,500.00 al año.

7. RECOMENDACIONES

1. Es importante guiar y educar al usuario del riego por aspersión, en aspectos de operación y mantenimiento del equipo y riego, ajustándose a las condiciones locales y culturales y de la misma manera mantener la asesoría de técnicos especializados en materia de riego.
2. El sistema de riego por aspersión "12 de Abril" debe contar con un reglamento interno, que regule el uso del agua, establecer derechos y obligaciones tanto para los integrantes del comité como a los usuarios, con esto se logrará mantener la organización dentro del comité.
3. Realizar estudios sobre frecuencias de riego en los diferentes cultivos que se encuentran bajo riego y llevar a cabo registros agronómicos del suelo y rendimientos, por ser éstos de importancia para la exportación.
4. Efectuar aforos constantes en la fuente de agua para determinar la cantidad de agua disponible, su calidad y mantenimiento para el equipo de bombeo antes de iniciar la época de riego.

5. Realizar una evaluación completa del aspecto económico, para llegar a establecer parámetros que permitan definir y valorizar con más criterios la utilización de los recursos con que cuenta el agricultor.

6. Prestar atención sobre los impactos sociales creados en la comunidad en un futuro próximo y los efectos ambientalistas que la tecnología actual lo demanda.

8. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA, M.; MARTINEZ, R. 1980. Relaciones de agua, suelo, planta atmósfera. 2 ed. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo. 321 p.
2. CABRERA CRUZ, R.O. 1984. Estudio y diseño para la implementación de riego por aspersión en la aldea Los Tecomates, Palencia, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 72 p.
3. CISNEROS, C. 1966. Principios de riego; cuánto regar. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. v.1, 32 p.
4. COLACO, C.J. 1979. Evaluación del método de riego por aspersión basado en patrones de aplicación. Tesis de Mag. Sc. en riego. México D.F., Universidad Autónoma de México. 104 p.
5. DIAZ DEL VALLE, M.T. 1983. Evaluaciones de las unidades de mini riego por aspersión en Pueblo Viejo y Quiajolá, San Sebastián, Huehuetenango, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 84 p.
6. DISKIN, M. H.; BENAMI, A. 1965. Design sprinkler irrigation technion. Logan Utah, Utah State University, Department of Agricultural and Irrigation Engineering. 615 p.

7. DOOREMBS, J.; PRUITT, W. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma, FAO. Estudio FAO: Riego y Drenaje no.24 193 p.
8. GARCIA, J. 1975. Instructivo para la determinación de la infiltración básica y la capacidad de infiltración del suelo. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura. 44 p.
9. GOLDBERG, S. 1978. Técnicas y métodos para el uso eficiente del agua en la agricultura; principios y sistemas de irrigación a presión. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. 17 p.
10. GONZALEZ, O. 1988. Diagnóstico de la situación del riego, objetivos, estrategias y políticas. Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. v.1 23 p.
11. GRASSI, C.J. 1978. Estimación de los usos consuntivos requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo de Aguas y Tierras. 93 p.
12. ----- 1988. Manual de riego por aspersion. 2 ed. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Aguas y Tierras. 260 p.
13. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. 1989. Diseño de riego por aspersion y análisis económico de los proyectos de riego del altiplano. Guatemala. DIGESA. Memorandum Técnico no.4. 25 p.

14. ----- INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 1989. Registro climático. Guatemala. 15 p.
15. GUVORICH, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José, Costa Rica. IICA. 433 p.
16. HOLDRIDGE, L. 1959. Zonificación ecológica de América Central. Turrialba, Costa Rica. IICA. 120 p.
17. HUERTAS, I. 1978. El buen uso y manejo del agua de riego; segunda parte. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 175 p.
18. HURD, C. 1974. Guía para el riego por aspersion. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional. 90 p.
19. ISRAELSEN, O.; HANSEN, U. 1975. Principios y aplicaciones de riego. 2 ed. Trad. por Alberto García. Barcelona, España, Reverte. 396 p.
20. MILIAN VICENTE, B.A. 1991. Estudio sobre la agroexportación de productos no tradicionales y la transferencia de tecnología. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 85 p.
21. MERRIAN, J. L.; KELLER, J. 1978. Farm irrigation system evaluation a guide for management. California, EE. UU., Department of Agricultural and Irrigation Engineering. 250 p.

22. OVALLE H., J. A. 1986. Diagnóstico sobre la eficiencia de riego en la unidad Catarina, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 55 p.
23. PALACIOS, E. 1976. Cuánto, cuándo y cómo regar. Guatemala, DIRENARE. Memorandum Técnico no.4. 67 p.
24. -----, 1981. Manual de operaciones de distritos de riego. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 333 p.
25. RAZURI, L. 1978. Riego por goteo. Venezuela, Centro Internacional de Aguas y Tierras. 112 p.
26. ROJAS, R. 1976. Drenaje superficial de tierras agrícolas. Venezuela, Centro Internacional de Aguas y Tierras. 96 p.
27. SANCHEZ T., G.A. 1969. Diagnóstico de la eficiencia de riego en la unidad Atescatempa, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 84 p.
28. SANDOVAL I., J.E. 1977. Diseño de dos sistemas de riego (aspersión y goteo) para el campo experimental de la Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 72 p.
29. -----, 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.

30. SIMMONS, Ch.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Traducido por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José Pineda Ibarra. 1000 p.
31. VILLATORO G., R. 1982. Diagnóstico de los sistemas de producción de los campesinos de la aldea Santa María Cauqué, municipio de Santiago Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 86 p.

Rolando Pineda



9. APENDICE

CUADRO 20 A
VOLUMEN COLECTADO EN CENTIMETROS CUBICOS DURANTE LA
PRUEBA DE VALUACION, "12 DE ABRIL" SANTA MARIA CAUQUE

PARCELA 1	PARCELA 2	PARCELA 3	PARCELA 4
310.00	314.00	230.00	235.00
340.00	305.00	325.00	330.00
300.00	330.00	— 230.00	320.00
360.00	430.00	390.00	390.00
350.00	340.00	310.00	325.00
390.00	380.00	330.00	230.00
375.00	320.00	355.00	350.00
335.00	350.00	485.00	480.00
330.00	365.00	378.00	370.00
440.00	380.00	455.00	451.00
390.00	404.40	330.00	330.00
510.00	385.00	329.00	330.00
540.00	330.00	400.00	410.00
355.00	405.00	416.00	420.00
350.00	300.00	355.00	315.00
525.00	315.00	412.00	412.00
440.00	300.00	415.00	345.00
495.00	430.00	440.00	415.00
335.00	335.00	308.00	442.00
247.00	355.00	308.00	290.00
340.00	365.00	400.00	337.00
300.00	365.00	340.00	317.00
300.00	490.00	300.00	425.00
434.00	410.00	555.00	484.00
370.00	361.00	428.00	355.00
171.40	340.00	313.00	410.00
203.60	350.00	325.00	323.00
181.30	465.00	425.00	327.00
129.20	300.00	515.00	425.00
321.00	345.00	365.00	318.00
320.00	390.00	275.00	360.00
465.00	415.00	290.00	280.00
321.00	390.00	370.00	290.00
350.00	385.00	365.00	372.00
304.00	390.00	320.00	370.00
450.00	318.00	350.00	427.00

CUADRO 21 A
 LAMINAS RECOLECTADAS EN LA PARCELA (cms.)
 "12 DE ABRIL" SANTA MARIA CAUQUE

	PARCELA 1	PARCELA 2	PARCELA 3	PARCELA 4
	0.780	0.790	0.578	0.591
	0.855	0.767	0.817	0.830
	0.755	0.830	0.578	0.805
	0.905	1.081	0.981	0.981
	0.880	0.855	0.779	0.817
	0.956	0.956	0.880	0.578
	0.943	0.805	0.892	0.880
	0.843	0.880	1.219	1.207
	0.830	0.918	0.951	0.931
	1.107	0.956	1.144	1.134
	0.981	1.017	0.830	0.830
	1.283	0.968	0.827	0.830
	1.358	0.830	1.006	1.031
	0.893	1.019	1.046	1.056
	0.880	0.755	0.893	0.792
	1.320	0.792	1.036	1.036
	1.107	0.755	1.043	0.868
	1.245	1.081	1.106	1.044
	0.843	0.843	0.774	1.112
	0.621	0.893	0.774	0.729
	0.855	0.913	1.006	0.848
	0.755	0.913	0.855	0.797
	0.755	1.232	0.755	1.069
	1.091	1.031	1.395	1.217
	0.931	0.903	1.076	0.893
	0.431	0.855	0.787	1.031
	0.512	0.880	0.817	0.812
	0.456	1.169	1.068	0.822
	0.325	0.755	1.295	1.069
	0.807	0.868	0.917	0.800
	0.805	0.956	0.691	0.905
	1.169	1.044	0.729	0.704
	0.805	0.981	0.930	0.729
	0.880	0.968	0.918	0.936
	0.765	0.981	0.805	0.931
	1.132	0.809	0.880	1.074
TOTAL	31.885	33.145	33.028	32.720
MEDIA	0.885	0.921	0.917	0.909

Tabla 1A Escala Beaufort para la velocidad del viento, medida a una altura de 10 m., y sus efectos erosivos (Troch et al., 1980)

Escala Beaufort	Descripción	Velocidad (km/h)	Especificaciones para estimar velocidades	Riesgo de erosión eólica
1	Calma	1.5	El humo asciende verticalmente	Ninguno
2	Viento débil	1.5-5	El humo sigue la dirección del viento	
3	Brisa ligera	5-12	El viento se siente en la cara. Las hojas de los árboles se mueven.	
4	Brisa continua	12-20	Hojas y pequeñas ramas de los árboles en movimiento constante.	Comienza aún es mínimo
5	Brisa moderada	20-30	Se eleva el polvo y cualquier hoja de papel suelta.	Leve en suelos minerales
6	Brisa fresca	30-40	Los árboles pequeños comienzan a mecerse.	Considerable
7	Brisa fuerte	40-50	Las ramas grandes de los árboles en movimiento	
8	Viento fuerte	50-62	Los árboles grandes en completo balanceo. Se hace difícil caminar contra el viento.	
9	Viento muy fuerte	62-75	Las ramas de los árboles comienzan a romperse	
10	Ventarrón, viento muy fuerte	75-88	Ocurren daños ligeros en construcciones, Estructuras.	
11	Temporal	88-100	Arboles arrancados del suelo. Ocurrencia de daños considerables en construcciones.	Severo
12	Tormenta, tempestad	100-120	Daños considerables en el área afectada.	
13	Huracán	120	Devastación.	

Tabla 2A

Extra Terrestrial Radiation (Ra) expressed in equivalent evaporation in mm/day

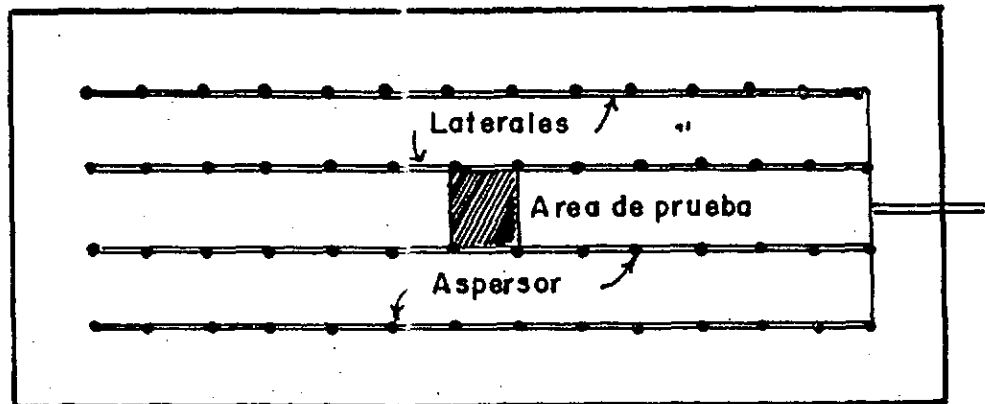
Northern Hemisphere												Lat	Southern Hemisphere											
Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec		Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	50°	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	2.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.6	17.0	16.9	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.9	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.9	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.2	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6	16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10	16.2	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.9	15.7
14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

INSTITUTO DE LA CIENCIA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FÍSICA DE LA ATMÓSFERA Y CLIMA

CUADRO 22 A
COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c)

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
Yid	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	0,7-0,8	1,05-1,2	1,0-1,2	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 seco	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Pimiento fresco	0,3-0,4	0,6-0,75	0,95-1,1	0,95-1,0	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	0,7-0,75	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
Cárcamo	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
Soya	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 azucarera	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
Caña 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	0,6-0,95	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						0,65-0,75
Desyerbe total						0,85-0,9
s/control de malezas						0,4-0,8
Oliivo						

PARCELA TIPO



Sa = 11 Mts. SI = 11 Mts.

Funciona: 45 PSI Caudal: 5.00 G.P:M — Lateral=2"

FIGURA 4

CUADRO 23 A
CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION POR LA FORMULA
DE HARGREAVES MODIFICADA EN 1986

MES	TEMPERATURA EN ° C *			Ra ** (mm/día)	ETP (mm)
	MAXIMA	MINIMA	MEDIA		
Enero	22.16	-2.22	9.46	12.1281	4.13
Febrero	22.77	0.66	10.11	13.3960	4.18
Marzo	23.61	0.32	9.82	14.7320	4.81
Abril	23.94	2.33	12.44	15.6320	4.78
Mayo	23.44	4.05	12.20	15.8640	4.41
Junio	22.38	4.88	10.59	15.7640	4.03
Julio	21.33	4.20	12.25	15.7640	3.95
Agosto	21.55	4.38	12.69	15.7000	3.94
Septiembre	20.68	4.66	12.24	15.0320	3.57
Octubre	20.61	3.05	11.83	13.9640	3.41
Noviembre	21.00	-2.05	11.17	11.7281	4.05
Diciembre	22.16	-6.00	10.26	11.7281	4.56

Total 49.81/12 = 4.15

Fuente: * Datos obtenidos de la estación meteorológica Suiza
 Contenta, San Lucas Sacatepéquez.

 ** Datos obtenidos de la tabla No.1 del apéndice.

CUADRO 24A

ESTACION: 16.11.1 NOMBRE: Suiza Contenta ELEVACION: 2105 mts.
 LATITUD: 90° 39' 30" LONGITUD: 14° 37' 01" AÑOS REGISTRO: 10

MES	TEMPERATURA			PRECIPITACION (mm/día)	EVAPORACION (mm)
	MAXIMA	MIN: MA	MEDIA		
Enero	20.56	-02.0	9.46	3.13	68.27
Febrero	20.50	2.65	10.11	8.70	64.18
Marzo	21.25	0.25	9.82	5.48	82.18
Abril	21.55	2.30	12.44	5.52	75.03
Mayo	21.10	3.65	12.20	95.06	69.59
Junio	20.15	4.40	10.59	148.61	55.52
Julio	19.20	3.78	12.25	116.38	55.72
Agosto	19.40	3.95	12.69	135.44	55.08
Septiembre	18.62	4.20	12.24	178.18	58.28
Octubre	18.55	2.75	11.83	33.70	55.03
Noviembre	18.90	-0.20	11.17	5.17	42.52
Diciembre	19.95	-4.05	10.26	1.00	43.61

Fuente: Registro de datos climatológicos de la Estación
 Meteorológica Suiza Contenta, San Lucas Sacatepéquez.

CUADRO 25 A
DESCRIPCION DEL PERFIL REPRESENTATIVO

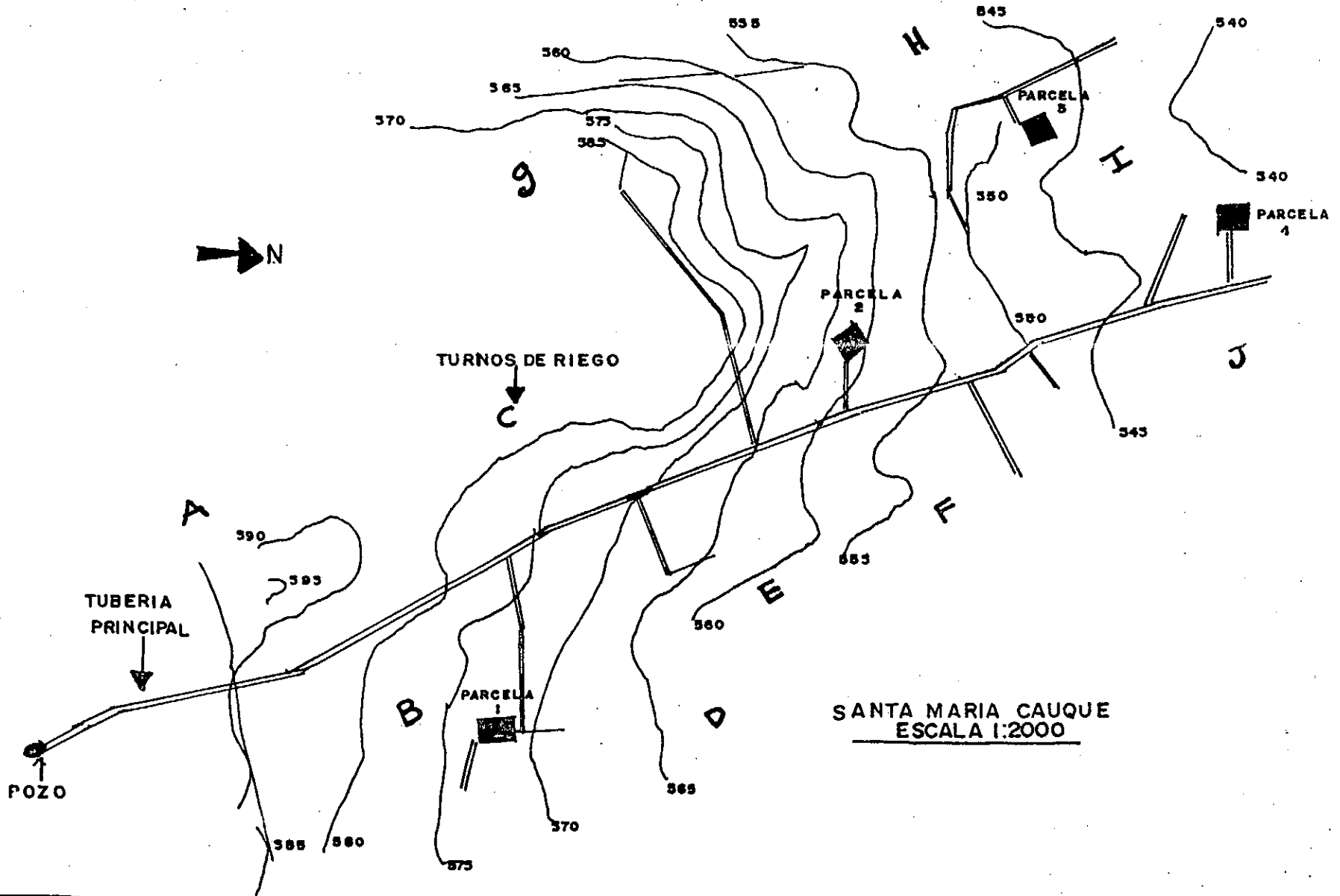
HORIZONTE	PROFUNDIDAD	DESCRIPCION
Ap	0 - 18	Pardo oscuro (10 Y R 3/3) en húmedo: Estructura en bloques subangulares débiles, consistencia suelta suave en seco, friable en húmedo y ligeramente adhesivo en mojado; límite claro y plano, textura franco arenoso.
B 21	18 - 45	Pardo grisáceo muy oscuro (10 Y R 2/3) en húmedo: Húmedo, estructura en bloques subangulares débiles moderados, consistencia suelta suave en seco, friable en húmedo, no adhesivo y no plástico en mojado, límite claro y plano, textura franco arenosa.
B C	+ 45	Pardo amarillento oscuro (10 Y R 4/4) en húmedo: Estructura en bloques subangulares a prismas muy débiles, consistencia suelta suave seco, friable en húmedo, no adhesivo y no plástico en mojado, textura arena franco.

PERFIL REPRESENTATIVO DEL SUELO DEL AREA DE ESTUDIO

Ap	FRANCO ARENOSO	0
B 21	FRANCO ARENOSO	18
B C	ARENA FRANCA	45

UBICACION DE PARCELAS DE PRUEBA

FIGURA NO. 5.



CODIGO DEL POZ 04688
NOMBRE PROPIETARIO: Ministerio Agricultura DIGESA REGION V
UBICACION DEL POZO: Municipio Santa Maria Cauque Depto. Sacatepequez
FECHA DE INICIO: 03/22/88
FECHA DE FINAL: 04/14/88
POZO No.1
PERFORADORA: BUCYRUS - I
METODO PERCUSION
PERFORADOR: Bernabé López y Vitalino Perez
DIAMETRO: 8 Pulgadas
PROFUNDIDAD POZO 700 Pies

Total Ranuración: 220 Pies
Total Pichocho: 220 Pies
Total Regilla: 0 Pies
Nivel Estático: 330 Pies
Nivel de Bombeo: 461 Pies
Producción: 278 Pies
Duración Bombeo: 24 Horas
Profundidad de la Bomba 605 Pies
 de 60 HP de 14 ETA.

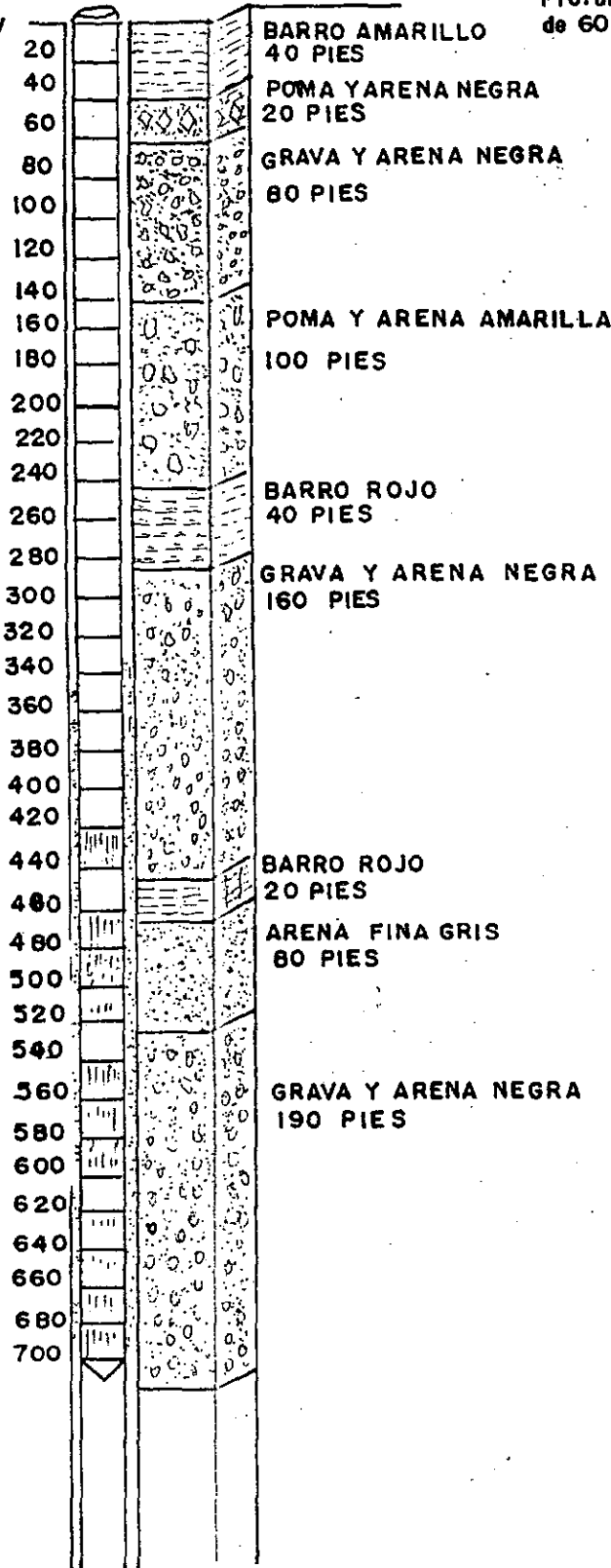
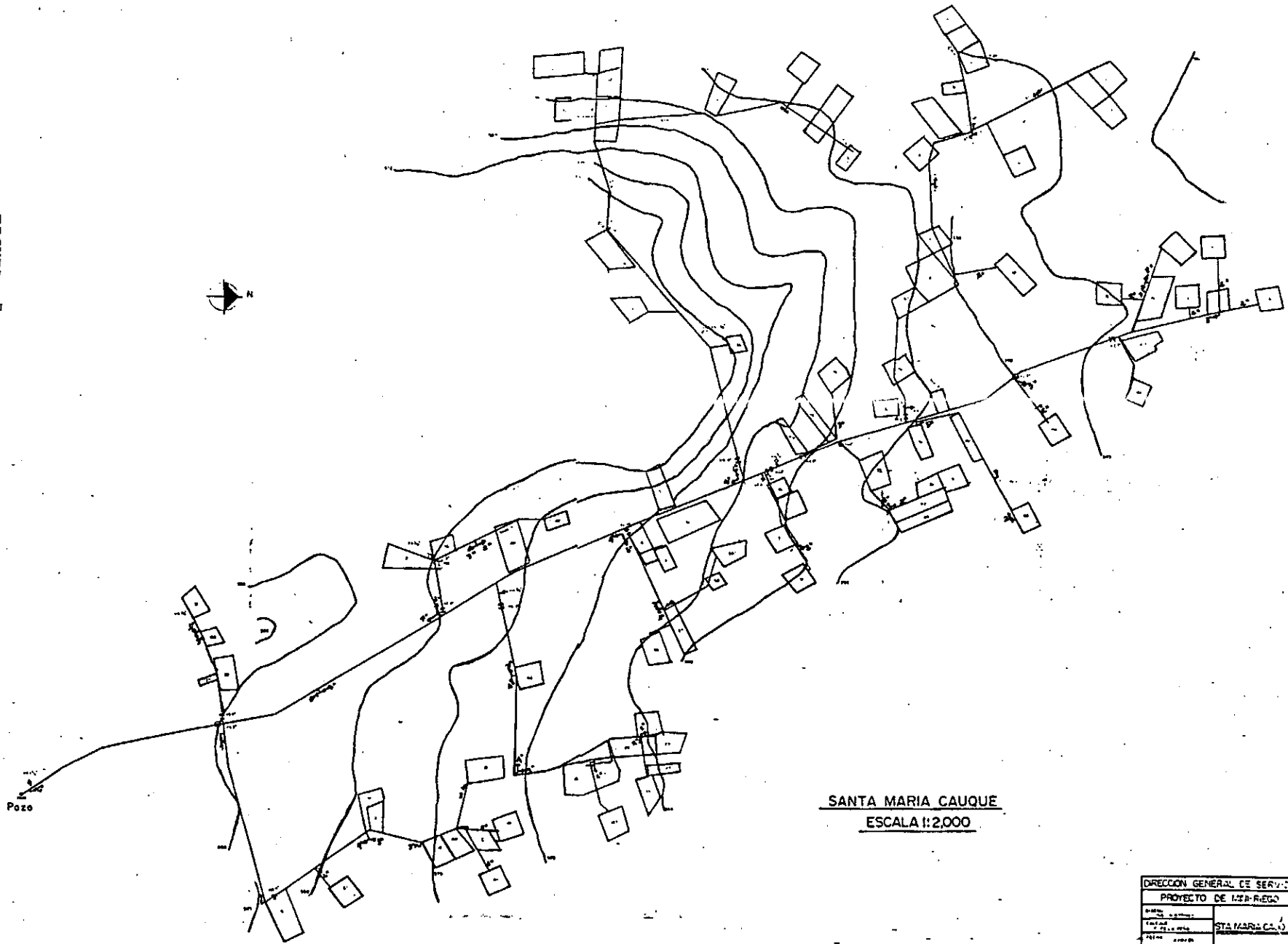


FIGURA 6

FIGURA 7



DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS	
PROYECTO DE IRRIGACION CIGESA R-IV	
FECHA: 1964	HOJA: 105
ESTADO: 12.000	ESCALA: 1:2,000
PROYECTO: SANTA MARIA CAUQUE	FECHA DE ELABORACION: 1964
ELABORADO POR: []	REVISADO POR: []
APROBADO POR: []	FECHA DE APROBACION: []



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

Ref. Sem. 039-40

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION "12 DE ABRIL"
 SANTA MARIA CAUQUE, SANTIAGO SACATEPEQUEZ, DEPARTAMENTO DE
 SACATEPEQUEZ".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: GUILLERMO ALFONSO SORIA CABRERA

CARNET No: 83-14126

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Rolando Lara
 Ing. Agr. Gustavo Méndez

El Asesor 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.

Ing. Agr. Víctor Manuel Cabrera
 ASESOR

Ing. Agr. David Juárez Quim
 ASESOR (ausente)



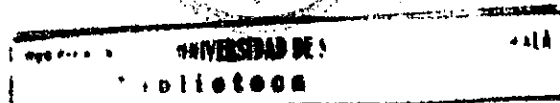
Dr. Luis Mejía de León
 DIRECTOR DEL IIA

IMPRIMASE

Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
 DECANO



c.c. Control Académico
 Archivo.



APARTADO POSTAL 1545 • 01901 GUATEMALA, C. A.
 TELEFONO: 769794 • FAX (5022) 769675